

## ESTUDO DA ESCALA PARA TRABALHOS HIDRO-AGRÍCOLAS OBTIDA A PARTIR DE RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO

Marcelo Carazo Castro<sup>1</sup>, Antônio Passos Portílio<sup>2</sup>, Paulo Ricardo de Sousa Madureira<sup>3</sup>, Paulo Vitor Soares Moreira<sup>4</sup>

1. professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), campus Nilo Peçanha, Pinheiral-RJ.  
(e-mail: marcelo.castro@ifrj.edu.br)
2. professor do IFRJ campus Nilo Peçanha
3. discente do curso de Agropecuária do IFRJ campus Nilo Peçanha.
4. discente do CIEP – Pinheiral/RJ

Data de recebimento: 07/10/2011 - Data de aprovação: 14/11/2011

### RESUMO

As plantas topográficas devem conter detalhes e precisão suficientes aos objetivos a que se destinam. Assim, se a escala empregada for muito pequena, pode prejudicar a apresentação das informações e conseqüentemente o próprio estudo; se for muito grande, pode onerar desnecessariamente a atividade. No presente trabalho, avaliou-se a qualidade do posicionamento de um receptor GPS de navegação, marca Garmin modelo etrex Venture, aplicando-a na determinação da escala máxima possível de representação de plantas topográficas destinadas a trabalhos hidro-agrícolas. Foram obtidos 99.293 registros de coordenadas planimétricas em 139 dias de posicionamento, sob um marco de coordenadas conhecidas no IFRJ em Pinheiral-RJ, entre agosto de 2010 e fevereiro de 2011. Obteve-se um erro máximo de posicionamento de 5,481 m durante 95 % do tempo, o qual, associado a um erro gráfico de 0,5mm, encontrou-se uma escala padrão máxima de 1:12500.

**PALAVRAS-CHAVE:** topografia, levantamento expedito, sistema de posicionamento global.

### STUDY OF SCALE FOR HYDRO-AGRICULTURAL WORKS OBTAINED FROM NAVIGATION GPS RECEIVER

#### ABSTRACT

Topographical plans must contain sufficient detail and accuracy to the intended goals. Thus, if the scale used is too small, can affect the presentation of information and consequently the study itself, if it is too large, it may unnecessarily encumber the activity. In this study, we evaluated the quality of the positioning of a GPS navigation, Garmin eTrex Venture model by applying it to determine the maximum possible level of representation of topographical plans for hydro-agricultural works. 99,293 records were obtained in 139 days planimetric coordinates for positioning under a framework of known coordinates in the IFRJ Pinheiral-RJ, between August 2010 and February 2011. We obtained a maximum error of positioning of 5.481 m for 95% of the time, which associated with a graphical error of 0.5 mm, we found a maximum standard scale 1:12,500.

**KEYWORDS:** topography, preliminary surveying, global positioning system

## INTRODUÇÃO

A popularização do uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS), em especial dos receptores de navegação ou não diferenciais, tem crescido muito devido a redução de seus custos de aquisição, bem como devido ao aumento de sua mobilidade e capacidade, sendo empregado nos mais diversos setores da sociedade, incluindo a agropecuária (CASTRO, 2009).

Algumas destas aplicações consistem na aquisição direta de dados para Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Agricultura de Precisão e monitoramento de áreas ambientais, como mencionado por SEGANTINE (2005); outras aplicações incluem a utilização destes aparelhos em estudos de irrigação e drenagem agrícolas, como auxílio ao projeto e manejo destes sistemas, na estimativa de áreas de pastagens, visando a determinação de sua lotação máxima, e estimativa das áreas de cultivo, objetivando a determinação da quantidade de insumos necessários à produção (CASTRO, 2009). Em muitos destes casos, utilizam-se as coordenadas obtidas com o GPS em cartas existentes ou na elaboração das mesmas, tomando-se o cuidado em se definir uma escala apropriada ao seu uso, a qual depende da qualidade dos resultados observados e do erro gráfico inerente a qualquer carta. Se estes cuidados não forem tomados, os pontos marcados ou as cartas elaboradas poderão ser incoerentes com a realidade representada, acarretando possíveis prejuízos às atividades a elas associadas.

A utilização do GPS pode ser feita com posicionamento absoluto ou relativo. No primeiro caso, utiliza-se um único receptor isolado e obtém-se precisões da ordem de metros; já no segundo caso, empregam-se geralmente dois receptores, sendo um mantido sob um marco de coordenadas conhecidas e o outro efetuando o levantamento propriamente dito da área de interesse, podendo-se obter precisões da ordem de milímetros (CASACA et al, 2007). Geralmente, o emprego dos receptores relativos é limitado por seu maior custo de aquisição e necessidade de maiores conhecimentos técnicos sobre o sistema GPS. Entretanto, a utilização dos receptores relativos possibilita a elaboração de plantas topográficas em qualquer escala que se queira, diferentemente daqueles empregados em modo absoluto.

De acordo com COMASTRI (1992), para a escolha da escala de plantas ou cartas topográficas não existem normas rígidas, mas esta depende da extensão do terreno a representar, do tamanho do papel disponível, da natureza e da quantidade de detalhes a serem inseridos no desenho com clareza e precisão, e da precisão gráfica com que a planta deve ser elaborada. Por precisão gráfica pode-se entender a menor grandeza susceptível de ser representada em um desenho, por meio da escala. Em termos práticos, COMASTRI (1992) menciona que a menor grandeza possível de ser estimada a olho nu é de 0,2 mm. Já CASACA et al. (2007) apresentam o conceito de erro gráfico, ao invés de precisão gráfica, o qual consiste no erro de localização de um ponto na carta devido à imperfeição de sua sinalização com lápis ou caneta, devendo ter um valor máximo de 0,5 mm.

Além destes fatores mencionados, a escala de um mapa é função ainda do nível de estudo, se para projeto executivo ou para estudo preliminar, da área envolvida no mesmo e das declividades e acidentes topográficos relevantes. Genericamente, seu valor aumenta a medida que cresce a necessidade da confiabilidade da representação dos detalhes.

De forma geral, os mapas destinados a projetos hidro-agrícolas de drenagem devem traduzir fielmente uma real representação da configuração superficial do

terreno e incluir todos os acidentes naturais de importância que retardam, impeçam e facilitem o fluxo natural da água pluvial (MILLAR, 1978).

COMASTRI (1992) menciona que as escalas mais usadas no desenho topográfico, e que podem ser consideradas como preferenciais, são: 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000, 1:1.000, 1:500, 1:250 e 1:100. Geralmente as escalas comerciais ou escalas padrões, as quais podem ser manuseadas com o uso de escalímetros comerciais, possuem os seguintes denominadores, ou seus respectivos múltiplos de 10: 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500 e 750.

A escolha da escala de um levantamento topográfico está relacionada à sua finalidade. Assim, para a elaboração de plantas topográficas para a construção de grandes obras, como pontes e edificações importantes em terrenos acidentados, devem ser utilizadas escalas entre 1:500 e 1:200, que permitem o cálculo de volumes de corte e aterro com razoável rigor; para o estudo e projeto de estradas rurais, escalas entre 1:5.000 e 1:200; para levantamentos de redes de distribuição de água e de esgoto, escalas entre 1:2.000 e 1:1.000; para a elaboração dos planos gerais de grandes obras, escala de 1:25.000 ou menor (CASACA et al., 2007).

Para os mapas de solos, SANTANA & SANS (2008) mencionam que a escala varia de acordo com os objetivos dos mesmos, podendo ter valores maiores que 1:10.000 até 1:250.000. Para projetos de irrigação, mencionam que os mapas muito detalhados possuem escala de 1:10.000 ou maior.

BUCKNER (1993) menciona que escalas de 1:125 e 1:250 são de uso comum em pequenas áreas residenciais e comerciais, sendo capazes de apresentar as irregularidades do terreno, e que a escala de 1:1.250 é comum em projetos de irrigação de campos de golfe.

Os equipamentos e métodos utilizados na obtenção das informações topográficas também influenciam a definição da escala da planta a ser desenhada. Neste sentido, CASACA et al. (2007) comentam que em levantamentos com escalas iguais ou inferiores à 1:1.000, os trabalhos são preferencialmente realizados por aerofotogrametria e para escalas grandes e pequenas extensões de superfície, realizado pelos métodos com equipamentos de precisão (teodolito, estação total e receptores GPS diferenciais).

McCULLOCH et al. (1996) mencionam que as fotografias aéreas, bastante empregadas em projetos de irrigação, possuem normalmente escala de 1:7.500; mencionam também que, em alguns projetos onde há necessidade de melhorar a precisão da planta, usa-se a escala de 1:4.000.

MILLAR (1978) menciona que para grandes áreas e estudos preliminares de sistemas de drenagem, é suficiente uma escala de 1:50.000; para áreas menores e estudo de um grau maior de detalhes, escala de 1:25.000; para estudos especiais de drenagem, pode-se requerer escala de 1:5.000.

A qualidade do posicionamento absoluto com receptores GPS depende de diversos fatores, dentre os quais: geometria da constelação dos satélites GPS no momento da observação; falta de sincronização entre o relógio do receptor e o do satélite; refração atmosférica do sinal transmitido devido às variações de temperatura, pressão atmosférica e umidade do ar; reflexão do sinal em superfícies variadas e objetos antes de chegar ao receptor; qualidade do receptor GPS; degradação intencional do sinal GPS pelo Departamento de Defesa dos EUA (CASACA et al., 2007; SEGANTINE, 2005). Desta forma, nota-se que diversos fatores podem influenciar a precisão dos posicionamentos, o que refletirá no valor da maior escala capaz de representá-los adequadamente.

Assim, o objetivo deste trabalho foi definir o maior valor recomendável da escala possível de ser utilizada com um receptor GPS de navegação, capaz de atender satisfatoriamente a 95 % de todas as coordenadas obtidas com o seu posicionamento, de tal forma que os erros inerentes a este equipamento possam ser desprezados, não comprometendo a qualidade da sua utilização em plantas topográficas destinadas a projetos hidro-agrícolas.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado um receptor GPS de navegação da marca Garmin, modelo Etrex Venture, o qual foi posicionado sobre um mesmo marco de coordenadas conhecidas (E = 603.841,757m; N = 7.509.153,402m; altitude = 372,963m) situado no jardim central do IFRJ, campus Nilo Peçanha, em Pinheiral-RJ (Figura 1).



**FIGURA 1** – Receptor GPS Posicionado sobre Marco no IFRJ em Pinheiral-RJ

O receptor foi configurado para efetuar gravações das coordenadas no sistema UTM a cada 10 segundos, sendo empregado um único posicionamento diário com duração entre 30 minutos e 5,5 horas. O Datum estabelecido no receptor, SAD-69, foi o mesmo das coordenadas do marco. Os dados foram coletados entre 05/08/2010 e 28/02/2011. Semanalmente, efetuava-se a transferência dos dados do receptor para um microcomputador empregando-se para isso o software TrackMaker<sup>®</sup>, sendo os mesmos salvos em arquivo no formato texto. Tais arquivos foram, então, importados para o microsoft Excel<sup>®</sup> e determinou-se o erro de posicionamento horizontal para cada observação registrada com o uso da equação 1 e, posteriormente, para cada dia de posicionamento, calculava-se o erro médio (equação 2) e o desvio padrão (equação 3). Com base no valor geral médio do erro ao nível de 95 % de confiabilidade, calculado com o auxílio da Distribuição “t” de Student, conforme apresentado por BANNISTER et al. (2008), determinou-se então, com o uso da equação 4, a maior escala possível de ser empregada com o receptor.

$$ER_i = \sqrt{(N_i - N_{REF})^2 + (E_i - E_{REF})^2} \quad (1)$$

$$EM = \frac{\sum_{i=1}^n ER_i}{n} \quad (2)$$

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ER_i - EM)^2}{n-1}} \quad (3)$$

em que,

$ER_i$  = erro horizontal da observação no instante “i”, m;

$N_i, E_i$  = coordenadas da observação no instante “i”, segundo o sistema de projeção UTM, respectivamente coordenada Norte e coordenada Leste, m;

$N_{REF}, E_{REF}$  = coordenadas conhecidas do marco de referência no sistema de projeção UTM, respectivamente coordenada Norte e coordenada Leste, m.

$EM$  = erro médio, m;

$DP$  = desvio padrão dos erros, m;

$n$  = quantidade de observações efetuadas.

$$D = \frac{EO}{EG} \quad (4)$$

em que,

$D$  = denominador da escala, adimensional;

$EO$  = erro da observação com o equipamento usado, m;

$EG$  = erro gráfico considerado, m.

O erro gráfico adotado foi de 0,5 mm, conforme recomendações de CASACA et al. (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram efetuados um total de 99.293 registros em 139 dias de posicionamento cujos resultados médios são apresentados na Tabela 1. Nesta, observa-se, em termos gerais, o tempo médio por posicionamento de uma hora e 59 minutos, o erro médio diário de 2,729 m, o erro máximo médio de 10,719 m e o desvio padrão médio de 1,634 m. O erro máximo refere-se ao maior valor de erro instantâneo observado em um posicionamento diário, tratando-se assim de uma única observação. Já o erro máximo médio mensal apresentado na Tabela 1 refere-se a média mensal dos erros máximos obtidos em cada posicionamento. Observou-se também que o menor erro médio por posicionamento foi de 1,548 m, ocorrido em 16/11/2010, que o maior erro instantâneo por posicionamento ao longo de todo o trabalho foi de 37,940 m, ocorrido em 16/02/2011, e que o menor erro instantâneo por posicionamento ao longo de todo o trabalho foi de 0,252 m, ocorrido em 21/10/2010.

As observações efetuadas e os seus respectivos erros possuem diversas características dentre as quais se destacam a exatidão e a precisão. Exatidão é a propriedade que caracteriza a proximidade entre as estimativas e o valor correto, podendo ser determinado, no caso de posicionamento, pelas equações 1 e 2. Precisão é a propriedade que caracteriza a dispersão das estimativas em torno do valor médio das observações, podendo ser quantificado pelo desvio padrão, determinado pela equação 3; ela é importante, pois garante a repetibilidade dos

resultados (CASACA et al. 2007). Assim, a precisão média dos posicionamentos foi de 1,634 m enquanto a exatidão média dos mesmos foi de 2,729 m.

**TABELA 1** – Resultados das observações efetuadas: quantidade de posicionamentos mensais (QP), tempo médio por posicionamento (TMP), erro médio do posicionamento (EM), erro máximo médio (EMáx) e desvio padrão médio (DVPad)

Mês	QP	TMP	EM (m)	EMáx. (m)	DVPad. (m)
ago/2010	18	1h 41min	2,427	8,419	1,478
set/2010	22	1h 58min	2,627	9,022	1,548
out/2010	23	1h 31min	2,883	13,008	1,782
nov/2010	25	1h 27min	2,767	8,994	1,577
dez/2010	24	2h 23min	3,165	12,159	1,694
jan/2011	8	5h 19min	2,430	11,385	1,624
fev/2011	19	1h 40min	2,807	12,048	1,735
<b>Média</b>	<b>19,9</b>	<b>1h 59min</b>	<b>2,729</b>	<b>10,719</b>	<b>1,634</b>

Com base no desvio padrão de 1,634 m obtido nas observações, pode-se intuir que durante 95 % do tempo de posicionamento o erro máximo cometido foi de 5,481 m ( $= 2,729 + 1,634 \times 1,9599$ ), ou que em 95 % das determinações efetuadas (19 a cada 20 posicionamentos), tiveram um erro máximo de 5,481 m. Tal resultado é coerente com as especificações do fabricante que atesta ser a exatidão do receptor melhor que 15 m durante 95 % do tempo (GARMIN, 2001). Observa-se que até mesmo o erro máximo médio das observações (10,719 m) ficou dentro deste limite de 15 m.

Ainda com base no erro máximo de 5,481 m em 95 % do tempo, e considerando um erro gráfico de 0,5 mm, a maior escala de uma carta em que deveria ser empregado os resultados é de 1:10.962. Quando se considera o erro máximo médio, a escala a ser adotada é de 1:21.438; para o erro máximo instantâneo observado (37,940 m), a escala é de 1:75.880; e para o erro mínimo instantâneo observado (0,252 m), a escala é de 1:504. Estes valores são bem melhores do que a escala de 1:100.000 normalmente empregada quando se utiliza receptores GPS de navegação para aplicações em SIG, conforme mencionado por SEGANTINE (2005).

## CONCLUSÕES

1. O uso de uma escala maior está geralmente associada à media dos valores de posicionamento obtida com um tempo de posicionamento mais longo;
2. Os posicionamentos obtidos durante 95 % do tempo poderiam ser utilizados apropriadamente em cartas na escala padrão de 1:12.500, melhorando a aplicabilidade deste tipo de receptor no modo absoluto, sendo este então o valor máximo da escala recomendada para o receptor analisado. Tal valor é adequado para atender apenas a estudos preliminares de projetos hidro-agrícolas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANNISTER, A.; RAYMOND, S.; BAKER, R. **Surveying**. 7.ed. New Delhi: Pearson Education, 2008. 512p.

BUCKNER. **Irrigation System Design Manual**. Fresno: Buckner, 1993. 83p.

CASACA, J.M.; MATOS, J.L.; DIAS, J.M.B. **Topografia Geral**. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 208p.

CASTRO, M.C. **Subsídios para a Utilização de Receptores GPS de Navegação na Topografia** – I: planimetria. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009. 6p. (circular técnica, 46)

COMASTRI, J.A. **Topografia** – planimetria. Viçosa: UFV, 1992. 336p.

GARMIN. **eTrex Venture - Navegador Pessoal**: manual do usuário e guia de referência. Olathe: Garmin Corporation, 2001. 67p.

MCCULLOCH, A.W.; SCHRUNK, J.F.; WOODWARD, G.O. **Irrigation**. 5.ed. Fair: The Irrigation Association, 1996. 686p.

MILLAR, A.A. **Drenagem de Terras Agrícolas**: bases agronômicas. São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 276p.

SANTANA, D.P.; SANS, L.M.A. Classes de solo e irrigação. In: ALBUQUERQUE, P.E.P.; DURÃES, F.O.M. (Ed.). **Uso e Manejo de Irrigação**. Brasília,DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 17-69, 2008.

SEGANTINE, P.C.L. **GPS**: Sistema de Posicionamento Global. São Carlos: EESC/USP, 2005. 381p.