

APLICABILIDADE DO GEORREFERENCIAMENTO DE AEROFOTOS DE PEQUENO FORMATO NA FORMAÇÃO DE BANCOS DE DADOS ESPACIAIS - UMA ALTERNATIVA PARA O CADASTRO TÉCNICO RURAL MUNICIPAL¹

SUITABILITY OF GEOREFERENCING OF AERIAL PHOTOGRAPHY OF SMALL FORMAT IN THE FORMATION OF DATA BANK - AN ALTERNATIVE TO RURAL MUNICIPAL TECHNICAL CADASTER

Julio Cesar Farret² Enio Giotto³

RESUMO

A falta de base cartográfica adequada para certas regiões, tem levado a um uso mais intensivo de aerofotos de pequeno formato como fonte de informação espacial ágil e de baixo custo aos usuários de sistemas que tratam imagens georreferenciadas para diversas finalidades. Uma destas finalidades é o Cadastro Técnico Rural Municipal (CTRM), o que exige que seja conhecida a magnitude dos erros inerentes ao processo. Foi desenvolvido um estudo para quantificar a imprecisão originada do uso direto, sem restituição, destas aerofotos, nas duas principais formas de entrada da informação espacial nesses sistemas: a digitalização manual, via mesa digitalizadora, utilizando-se o sistema CR-SIGDER 2.0; e a digitalização eletrônica, via "scanner", com vetorização direta no monitor SVGA, com "mouse", utilizando-se o sistema CR-IMAREA 1.0. Os pontos de apoio para transformação de escalas foram georreferenciados ao sistema UTM através de GPS e topografia. O principal parâmetro analisado foi o erro médio de posicionamento nas coordenadas. Procurou-se, ainda, descobrir qual a melhor distribuição dos pontos de apoio de campo para a transformação de escalas nestes sistemas. A melhor distribuição de pontos apresentou um erro médio de posicionamento nas coordenadas de 6,96 metros para a mesa digitalizadora, e de 7,53 metros para o monitor SVGA.

Levando-se em consideração a pequena escala utilizada, estes resultados mostram o grande potencial das aerofotos de pequeno formato para as finalidades propostas neste trabalho, pois os mesmos se traduzem em erros de distâncias e áreas dentro da tolerância topográfica, desde que os pontos de apoio estejam distribuídos em cada canto da aerofoto.

Palavras-chave: cadastro rural, aerofotos, georreferenciamento.

SUMMARY

The lack of cartographic base for certain regions, has taken to a more intensive use of aerial photographs of small format as a source of agile spatial information and of a low cost to the system users which treat georeferencing images to several purposes, specially to the Rural Municipal Technical Cadaster (RMTC), which demands that the magnitude of the errors inherent in the process be known. A study was developed in order to quantify the inaccuracy, originated from the straight use, with no restitution of these aerial photographs in the two main ways of entrance of the spacial information in these systems: the manual digitizer, through digital table, using the CR-SIGDER 2.0 system, and the electronic digitizer, through scanner, with direct vector.

¹Parte de Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

²Engenheiro Agrônomo, Mestre, Professor do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais (UFSM), Santa Maria, RS, Camobi, 97119-900. E-mail: JCFAR96@CCR.UFSM.BR. Autor para correspondência.

³Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais, (UFSM).

in the screen SVGA, with mouse, using the CR-IMAREA 1.0 system. The supporting points to the transformation of scales were transformed to the UTM system through GPS and topography. The main parameter analysed was the average error of the position in the co-ordinates. There was also the attempt to discover which is the best distribution of the field supporting points to the scale transformation in these systems. The best point distribution presented a 6.96 meters average error of position in the coordinates to the digitizer table, and a 7.53 meters on to the SVGA monitor. Taken into account the small scale used, these results show the big potencial of aerial photographs of small format to the purposes proposed in this work, since they are translated in errors of distances and areas in the topographic tolerance, as long as the supporting points are distributed one in each corner of the aerial photography.

Key words: rural cadaster, aerial photographs, georeferencing.

INTRODUÇÃO

Segundo BALATA (1984), o CTMR quando corretamente utilizado, torna-se barato ou praticamente auto-sustentável, citando como exemplo de retorno de investimentos no cadastro: as facilidades nas cobranças de tributos, as informações para o cadastro bancário na liberação do crédito agrícola, o planejamento regional, as ações discriminatórias, as plantas individuais e a descrição de cada imóvel.

A criação do CR-CDR 1.0 teve como meta munir os pequenos e médios municípios de um sistema capaz de suprir as suas necessidades de informação espacial dentro da realidade orçamentária dos mesmos e com a agilidade necessária. A entrada das feições neste sistema pode ser feita por digitalização manual em mesa digitalizadora, utilizando-se o CR-SIGDER 2.0, ou através de digitalização eletrônica em "scanner", utilizando-se o CR-IMAREA 1.0, com digitalização direta no monitor SVGA com "mouse" sendo que para a transformação de coordenadas de mesa digitalizadora e monitor SVGA para UTM, utilizam-se 4 pontos de apoio de campo de alta precisão.

Segundo MARQUES DE SÁ & KIRCHNER (1994), os dados gráficos são os elementos que definem as feições topográficas. Para que seja determinada a localização sobre a superfície da Terra os dados são georreferenciados, isto é, são definidos através de um sistema de projeção cartográfica, que gera um sistema de coordenadas.

As feições topográficas são obtidas através de levantamentos de campo por topografia ou geodésia, de cartas e mapas existentes, do sensoriamento remoto e da fotogrametria, incluindo o uso mais recente das aerofotos de pequeno formato.

A introdução dos dados gráficos no sistema é através de processos como a digitalização e a rasteri-

zação, logo, os dados gráficos podem ter estrutura vetorial ou raster. A digitalização tem como pré-requisito o uso de documentos confeccionados anteriormente como, por exemplo, mapas, cartas e plantas, que são fontes primárias, onde a precisão e a qualidade originais podem não ser mantidas, motivo pelo qual considera-se a digitalização como um método secundário de entrada de dados.

A digitalização é feita em mesa digitalizadora através de um cursor, em que os dados são transferidos manualmente da fonte cartográfica para o computador, usando "software" tipo CAD ("Computer Aided Design") ou um outro especial, como o CR-SIGDER 2.0.

Na "rasterização" é feita uma varredura eletrônica no documento cartográfico através de um aparelho chamado "scanner", gerando dados de natureza raster, trabalhados em sistemas como o CR-IMAREA 1.0, que posteriormente são classificados e integrados com os dados descritivos. Em ambos, necessita-se de uma base cartográfica confiável, e uma das alternativas mais modernas são as aerofotos de pequeno formato, pelas vantagens de custo e agilidade que oferecem, mas exigindo estudos que informem a precisão da informação espacial gerada a partir delas.

Desta forma, desenvolveu-se no município de São João do Polêsine - RS, um estudo visando estabelecer a melhor geometria, isto é, a melhor forma de distribuição para os pontos de transformação de coordenadas de mesa e/ou monitor SVGA para o sistema UTM, através de pontos de apoio georreferenciados por topografia e GPS, bem como quantificar a precisão dela esperada quando do emprego de aerofotos de pequeno formato para a formação e atualização de um sistema de cadastro rural a partir do CR-SIGDER 2.0 e do CR-IMAREA 1.0, contribuindo com uma alternativa que pode ajudar a solucionar o problema da formação e atualização do mapeamento geral e sistemático da propriedade rural brasileira a nível de município.

MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente fez-se a seleção e marcação, no campo e na aerofoto, de 44 pontos notáveis da área abrangida por uma aerofoto de pequeno formato no município de São João do Polêsine - RS, cuja escala média foi determinada pela comparação de 50 distâncias reais e gráficas, bem como a declividade média, ambas processadas no TP030, um sistema topográfico desenvolvido no Departamento de Engenharia Rural da UFSM. Procedeu-se a determinação das coordena-

das locais dos mesmos através do levantamento topográfico com uma estação total TC-600, marca Wild, e o georreferenciamento dos mesmos através de dois pontos geodésicos determinados com um par de receptores GPS de dupla frequência da marca Trimble e também processados no TP030. Com isso obteve-se um arquivo de 44 pontos cujas coordenadas georreferenciadas ao sistema UTM serviram de base para as comparações com as coordenadas correspondentes, georreferenciadas e oriundas das digitalizações.

Isto feito procedeu-se a digitalização dos 44 pontos diretamente sobre a aerofoto, em mesa digitalizadora Digicon, formato A2, usando-se o sistema CR-SIGDER 2.0 para recepção dos dados. A mesma digitalização desses 44 pontos feita também através de "mouse" diretamente no monitor SVGA, através da visualização da aerofoto captada em "scanner" de mesa, usando-se o sistema CR-IMAREA 1.0, sendo que, para isso, usou-se computadores 686 com um Gb de disco rígido e 16 Mb de memória RAM. Foram feitas digitalizações para cada geometria de pontos de apoio testada, baseando-se os mesmos concentrados no centro e em cada canto da aerofoto, bem como um ponto em cada canto, gerando-se arquivos independentes para cada caso. Cada arquivo foi comparado com o arquivo de coordenadas padrão através de um programa feito em linguagem "basic" especialmente para esta finalidade, mostrando as diferenças entre as coordenadas padrão e as digitalizadas, para cada eixo, bem como o desvio total nos dois eixos, para cada caso estudado e tanto para mesa digitalizadora como para monitor SVGA. Os resultados obtidos foram analisados no SAS, através do estudo do erro médio de posicionamento nas coordenadas, um parâmetro que considera os desvios em conjunto nos eixos X e Y, representado pela média dos desvios totais para todos os pontos em cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados comparativos entre as coordenadas digitalizadas e as coordenadas padrão é mostrada na Tabela 1. Os 3 melhores tratamentos para a mesa digitalizadora são o 8, o 5 e o 9 e para o monitor SVGA são o 8, o 5 e o 3, o que aponta uma superioridade dessas geometrias para o apoio nas transformações de escala. Este tipo de distribuição dos pontos de apoio se baseia

em distribuí-los aproximadamente um em cada canto da aerofoto. A análise do desvio padrão mostra que os melhores tratamentos quanto ao erro médio de posicionamento do desvio total também apresentam a menor variação em relação à média deste parâmetro. Na classificação geral entre mesa digitalizadora e monitor SVGA, os 5 melhores são os tratamentos: 8 na mesa digitalizadora, 5 na mesa digitalizadora, 8 no monitor SVGA, 9 na mesa digitalizadora e o 5 no monitor SVGA, o que aponta para uma superioridade dos trabalhos em mesa digitalizadora em relação ao monitor SVGA, o que é comprovado pela média geral de diferenças na mesa digitalizadora que é de 12,90 metros contra 13,86 metros no monitor SVGA.

A Tabela 2 mostra a média das diferenças nas coordenadas por eixo em cada tratamento usando-se o erro médio absoluto de posicionamento por eixo. Nessa tabela, os tratamentos indicados com "V", são os referentes ao monitor SVGA. A média dos desvios no eixo das longitudes na mesa digitalizadora é de 8,52 metros e no monitor SVGA é de 5,14 metros e estes valores para o eixo das latitudes é de 5,63 metros na mesa digitalizadora e de 4,36 metros no monitor SVGA. Estes valores indicam um desvio maior no eixo das longitudes em relação ao eixo das latitudes, o que é explicado por FONSECA (1993), segundo o qual imagens geradas por imageadores de varredura de linha, como é o caso do "scanner" utilizado no presente trabalho, apresentam variação axial da escala porque a visada do mesmo está sempre contida no

Tabela 1 - Classificação pelo erro médio de posicionamento. Santa Maria, RS, 1997.

Tratamentos	Mesa Digitalizadora		Tratamento	Monitor SVGA	
	Erro médio de posicionamento (m)	Desvio padrão(m)		Erro médio de posicionamento (m)	Desvio padrão (m)
T8	6,96	4,09	T8	7,53	4,76
T5	7,12	4,18	T5	7,70	4,69
T9	7,54	6,03	T3	8,04	4,99
T3	7,98	4,90	T9	8,59	5,96
T2	10,01	7,12	T2	10,92	6,96
T6	10,34	7,60	T7	12,75	7,56
T7	13,98	8,46	T6	13,52	8,47
T4	25,68	14,33	T1	26,95	15,29
T1	26,47	15,40	T4	28,73	15,33

Tabela 2- Média das diferenças absolutas em cada eixo (X e Y). Santa Maria, RS, 1997.

Identificação	Média da diferença (m)	Desvio Padrão	Erro padrão (m)
T1 - M - X	10,92	108,33	11,44
T1 - M - Y	10,17	21,20	2,29
T2 - M - X	3,40	7,82	0,83
T2 - M - Y	3,40	8,71	0,93
T3 - M - X	3,40	6,05	0,64
T3 - M - Y	1,80	6,37	0,68
T4 - M - X	14,74	20,89	2,23
T4 - M - Y	17,84	31,46	3,35
T5 - M - X	2,08	5,23	0,56
T5 - M - Y	1,80	5,58	0,59
T6 - M - X	24,89	149,63	15,95
T6 - M - Y	6,80	7,98	0,85
T7 - M - X	8,10	8,98	0,96
T7 - M - Y	7,40	8,16	0,87
T8 - M - X	1,70	13,22	1,41
T8 - M - Y	1,10	24,48	2,61
T9 - M - X	7,40	107,38	11,45
T9 - M - Y	1,40	6,71	0,71
T1 - V - X	1,10	19,39	2,07
T1 - V - Y	8,90	22,90	2,44
T2 - V - X	2,50	8,33	0,89
T2 - V - Y	1,90	9,48	1,01
T3 - V - X	2,80	7,95	0,85
T3 - V - Y	0,10	5,91	0,63
T4 - V - X	16,25	14,56	1,55
T4 - V - Y	14,02	20,14	2,15
T5 - V - X	1,90	8,95	0,95
T5 - V - Y	0,60	8,46	0,90
T6 - V - X	8,46	9,73	1,04
T6 - V - Y	4,97	8,08	0,86
T7 - V - X	8,34	8,14	0,87
T7 - V - Y	5,90	7,09	0,76
T8 - V - X	2,23	6,27	0,67
T8 - V - Y	1,63	6,15	0,65
T9 - V - X	2,49	6,02	0,64
T9 - V - Y	2,63	7,79	0,83

plano vertical-transversal ao deslocamento da plataforma de reconhecimento e, conseqüentemente, não há variação de escala na direção paralela ao deslocamento.

Na classificação dos pontos pela exatidão nas coordenadas procurou-se conhecer, entre todos os pontos usados no trabalho, aqueles que apresentaram melhor exatidão, tendo-se usado para isso a média dos desvios de cada ponto em todos os tratamentos. Estes resultados são mostrados na Tabela 3. Os resultados mostram que os pontos 27, 28 e 29 aparecem como os melhores, considerando-se conjuntamente a mesa digitalizadora como e o monitor SVGA. Estes pontos

são os mais próximos ao ponto central da aerofoto. As piores situações foram aquelas em que todos os pontos de apoio estavam localizados em uma única região da aerofoto, devendo as mesmas ser evitadas devido às grandes distorções que causam.

A região central da aerofoto confirmou ser aquela sujeita às menores distorções devido à projeção fotográfica, relevo e "tilt", recomendando-se restringir as medidas ao limite de 500 metros do ponto central quando houver exigência de maior precisão na medida, como é o caso da determinação de distâncias para conversão de escala no CR-IMAREA 1.0. As diferenças sobre o eixo X apresentaram-se maiores em relação ao eixo Y, o que é explicado por FONSECA (1993) e também deve ser levado em consideração ao se exigir medidas de precisão.

Segundo DAROS (1985), não há diferença significativa entre medidas de campo e diretas em cima de aerofotos verticais sem restituição em declividades inferiores à 8%, o que leva a supor, pelos resultados aqui mostrados, que há distorções introduzidas nas medidas pelo meio digital.

Os resultados apontam para o bom potencial do uso das aerofotos de pequeno formato em meio digital para atividades de cadastramento rural apoiadas pelo CR-SIGDER 2.0 e pelo CR-IMAREA 1.0 quando apoiadas em pontos distribuídos um em cada canto da

Tabela 3 - Classificação dos pontos pela exatidão das coordenadas. Santa Maria, RS, 1997.

Classificação pontos mesa digitalizadora		Classificação pontos monitor SVGA	
Ordem e nº do ponto	Med. desv. (m)	Ordem e nº do ponto	Med. desv. (m)
1 - 28	5,98	1 - 29	6,66
2 - 14	6,25	2 - 27	7,01
3 - 29	6,46	3 - 28	7,82
4 - 27	7,14	4 - 11	8,03
5 - 11	7,71	5 - 15	8,84
6 - 15	8,60	6 - 35	8,98
7 - 26	8,89	7 - 03	9,03
8 - 16	8,93	8 - 36	9,27
9 - 10	9,01	9 - 16	9,35
10 - 35	9,02	10 - 14	9,63

aerofoto, permitindo a recomendação de seu uso especialmente para atividades de planejamento e tributação da propriedade e da atividade agropecuária.

CONCLUSÕES

A melhor geometria para os quatro pontos de apoio para transformação de escala e sistema de coordenadas no georreferenciamento de aerofotos de pequeno formato nos sistemas CR-SIGDER 2.0 e CR-IMAREA 1.0 é aquela baseada na distribuição dos mesmos um em cada canto da aerofoto ou aproximadamente na metade dos seus lados, contrariando a expectativa inicial de que pontos de apoio próximos ao ponto principal levariam a melhores resultados, recomendando-se o uso desta distribuição para o apoio a mapeamentos temáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALATA, K.S. Cadastro e registros de terras no Brasil. In:

SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EXPERIÊNCIA FUNDIÁRIA, 1984, Salvador. *Anais...* Salvador: INCRA. 1984.

DAROS, L.L. *Comparação entre medidas de distâncias e áreas, obtidas diretamente sobre aerofotos verticais e mapa restituído, por classes de declividade e em função do local de amostragem*. Santa Maria - RS. 66 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, 1985.

FONSECA, J.S. *Fundamentos da análise de imagens termais*. Estágio de interpretação de imagens orbitais, Centro Técnico Aeroespacial, São José dos Campos, 1993.

MARQUES DE SÁ, L.A.C., KIRCHNER, F.F. A otimização dos Sistemas de Informações Geográficas no planejamento turístico - metodologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 1., 1994, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Imprensa Universitária - UFSC, 1994. p. 154-162.

RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO SOBRE GEOPROCESSAMENTO, 1990, São Paulo. *Anais...* São Paulo: EPUSP, 1990. p. 01-26.

Ciência Rural, v. 27, n. 4, 1997.