

Sistema aerotransportado leve de aquisição de imagens digitais - SAAPI

Roberto da Silva Ruy
Antonio Maria Garcia Tommaselli
Thiago Tiedtke dos Reis
Mauricio Galo
Julio Kyioshi Hasegawa
Nilton Nobuhiro Imai
Paulo de Oliveira Camargo
João Paulo Magna Junior

Universidade Estadual Paulista – FCT/UNESP
Caixa Postal 96 - 19060-900 – Presidente Prudente - SP, Brasil
rruy@pos.prudente.unesp.br
{tomaseli, galo, hasegawa, nnimai, paulo}@fct.prudente.unesp.br
{tiedtke, magnajr}@gmail.com

Abstract. In the last years the use of the medium format digital cameras emerged as an alternative, with advantages because of their flexibility and cost effectiveness. Within this context, SAAPI project started aiming at the development of a medium format arrangement of digital cameras. This system is composed by two Hasselblad medium format digital cameras and a Sony infrared digital camera. The Hasselblad cameras are mounted in a dual configuration, increasing the terrain coverage and enabling the direct formation of a stereomodel without the mosaicking process, required for virtual image generation. The system has also a dual frequency GPS receiver enabling automatic triggering and event recording, for direct georeferencing. Some flight tests were performed in Sao Jose dos Campos, Sao Paulo, with a GSD of 14cm. This paper will present the main features of the SAAPI system and the preliminary results obtained with the test flight, showing its effectiveness and main drawbacks.

Palavras-chave: Photogrammetry, digital cameras, infrared sensor, Fotogrametria, câmaras digitais, sensor infravermelho.

1. Introdução

Nos últimos anos há uma crescente demanda por bancos de imagens digitais atualizados para diversas aplicações, como monitoramento ambiental e projetos de rodovias e linhas de transmissão, além de mapeamento topográfico, temático e cadastral. Neste sentido, o uso de câmaras digitais cresce rapidamente em substituição aos tradicionais sistemas de coletas analógicos.

Contudo, um dos principais problemas presentes nas câmaras digitais matriciais é a resolução do sensor de coleta, quando comparadas às câmaras analógicas métricas, resultando num aumento no número de fotografias, pontos de apoio e de passagem dentro do projeto fotogramétrico. Este problema tem sido resolvido com o uso das modernas tecnologias de imageamento digital desenvolvidas nos últimos anos, como os sensores trilinear e os sistemas modulares de câmaras matriciais (Ver SANDAU et al, 2000; LEHMANN et al 2000 e PETRIE, 2000). Todavia, estes sistemas digitais métricos se tornam inviáveis às empresas de pequeno e médio portes, principalmente em países em desenvolvimento, devido aos custos elevados e a ineficácia em projetos de pequenas áreas.

Por outro lado, o uso de câmaras digitais de pequeno e médio formatos emergiu como uma potencial alternativa, com vantagens de flexibilidade e custo. Atualmente, estas câmaras têm sido consideradas como uma alternativa aceitável no mercado, e alguns países estão preparando documentos com orientações e especificações para o uso deste tipo de câmaras.

Dentro deste contexto, o projeto SAAPI (Sistema Aerotransportado de Aquisição e Pós-processamento de Imagens Digitais) objetiva o desenvolvimento de uma plataforma de aquisição com câmaras digitais de médio formato. Esta plataforma é composta por duas câmaras digitais Hasselblad de médio formato (22 Megapixels) e uma câmara digital Sony de 8 Megapixels, com filtro infravermelho, usada para aplicações ambientais. As câmaras Hasselblad são posicionadas em uma configuração dual, para o incremento da área de cobertura no terreno e a formação direta de estereomodelos sem a necessidade de mosaicagem das imagens, requerida para a geração de imagens virtuais, como ocorre nos sistemas digitais matriciais métricos.

Neste trabalho apresentam-se as características do sistema de aquisição de imagens (SAAPI) e alguns resultados obtidos com um experimento preliminar realizado na cidade de São José dos Campos – SP.

2. O Sistema

O Sistema Aerotransportado de Aquisição de Imagens digitais (SAAPI) é formado por uma plataforma de coleta e uma unidade de controle e alimentação, conforme mostra a **Figura 1**. A plataforma de coleta é composta por duas câmaras digitais Hasselblad H1D de 22 Megapixels e uma câmara digital Sony F-828 de 8 Megapixels, com filtro para a coleta de imagens infravermelhas. O suporte de fixação das câmaras possui amortecedores para a atenuação das vibrações e uma base giratória para a correção da deriva em vôo.

Na unidade de controle e alimentação, estruturada em um rack de alumínio, são fixados: um notebook para o controle do disparo das câmaras, coleta e sincronismo dos dados GPS e navegação em vôo; duas unidades de armazenamento (HD's de 40GB de capacidade) para as câmaras Hasselblad; receptor GPS e; caixa e conectores para o disparo sincronizado das câmaras.

Na revisão deste sistema, prevista para o início de 2007, será integrado um sistema de navegação inercial, que se encontra em fase de importação.



Figura 1: Sistema Aerotransportado de Aquisição de Imagens digitais: (a) plataforma de coleta; (b) unidade de controle e alimentação.

A concepção deste sistema objetiva a aquisição de imagens digitais com informações de posição dos centros perspectivos, com características de baixo custo e peso, visando aplicações que requeiram produtos cartográficos de resposta rápida, como análises ambientais

e monitoramento de desastres, além de mapeamentos temáticos, cadastrais e projetos de rodovias e linhas de transmissão.

Como pode ser visto na **Figura 1a**, as câmaras Hasselblad são posicionadas de forma inclinada numa configuração dual. Esta configuração baseia-se no posicionamento das câmaras digitais de forma convergente (uma câmara com vista à frente e outra para trás), com a aquisição simultânea das imagens disparadas de forma sincronizada por uma interface eletrônica, de tal forma que estas registrem áreas subsequentes do terreno, com pequena sobreposição, de acordo com a direção de voo (**Figura 2**). Os modelos fotogramétricos são formados pelas imagens obtidas pela câmara 1 no instante t_i com a câmara 2 no instante t_{i+1} , ou seja, imagens intercaladas, de modo que praticamente toda a área imageada pelo sensor seja aproveitada no processamento fotogramétrico. Isso evita a necessidade de mosaicagem para a criação de uma imagem virtual, como ocorre nas câmaras digitais fotogramétricas.

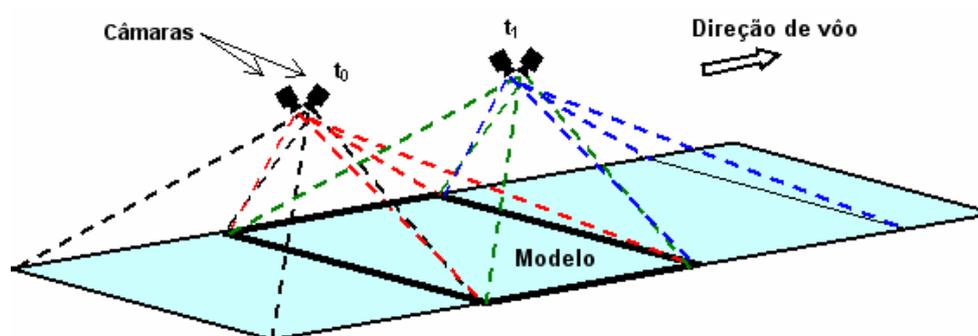


Figura 2: Geometria de aquisição das imagens das câmaras Hasselblad.

A câmara Sony (infravermelha) é posicionada de forma vertical na plataforma de coleta, sendo que suas imagens são capturadas no mesmo instante que as imagens coloridas, e o ângulo de abertura é definido de forma que a área de cobertura no terreno seja similar à área coberta pelas duas câmaras Hasselblad.

As informações de posição são fornecidas pelo GPS, cuja antena localiza-se fixada externamente à aeronave, aproximadamente na vertical acima da plataforma de coleta. As componentes de deslocamento entre o centro de fase da antena GPS e os centros perspectivos das câmaras foram determinadas por meio de medidas diretas. Além da determinação precisa dos centros perspectivos das câmaras, o sistema GPS é usado para o controle dos disparos programados das estações, via sinal PPS e NMEA, de acordo com o plano de voo previamente estabelecido. É importante destacar, que foi desenvolvido por um bolsista deste projeto um programa para a geração automática de planos de voo, que opera de forma integrada ao CAD (Reis et al, 2006).

A chegada do sistema de navegação inercial (em 2007) tático possibilitará o georreferenciamento direto das imagens, com a minimização, ou mesmo a eliminação, da necessidade de uso de pontos de controle nos projetos fotogramétricos.

3. Experimentos

Como teste do sistema de coleta, um voo sobre um trecho da rodovia Ayrton Senna (nas proximidades da cidade de São José dos Campos – SP) foi realizado no dia 21 de Setembro de 2006. O sistema de aquisição de imagens foi instalado na aeronave Minuano (Ver **Figura 1**), de propriedade da empresa Engemap, onde foram tomadas 20 fotografias distribuídas em 2 faixas paralelas e uma transversal.

Para exemplificar o nível de resolução das imagens adquiridas, a **Figura 3** apresenta um detalhe de uma imagem coletada pela câmara Hasselblad sobre a rodovia.



Figura 3: Detalhe de uma imagem adquirida pela câmara Hasselblad (pixel = 14 cm).

Para melhor caracterizar o teste realizado, a **Tabela 1** apresenta os dados e configurações das câmaras e do vôo realizado.

Tabela 1: Dados das câmaras e do vôo para o teste realizado em São José dos Campos.

Distância focal	Câmara Hasselblad 1: 50,2005 mm (calibrada) Câmara Hasselblad 2: 50,1911 mm (calibrada) Câmara Sony: 28 mm (equivalente ao quadro de 35 mm)
Resolução das imagens	Câmaras Hasselblad: 5440 x 4080 pixels (22 Megapixels) Câmara Sony: 3264 x 2448 pixels (8 Megapixels)
Tamanho do pixel na imagem	0,009 mm (Hasselblad) 0,0107 mm (Sony)
Altura de vôo	750 m
Altitude média da região	650 m
Velocidade da aeronave	240 km/h
Elemento de resolução no terreno	14,0 cm (Hasselblad) 28,6 cm (Sony)

Dentro desta área de estudo, 14 pontos de controle foram coletados com receptor GPS, com precisão de 10 cm. Estes pontos foram usados nos testes como pontos de apoio e de verificação.

Como exemplo, quatro imagens coletadas pelas câmaras Hasselblad (duas de cada câmara) e duas pela câmara Sony (equivalentes à mesma área de cobertura) foram trianguladas no sistema digital *Socet Set*, da *BAE Systems*. Para isto foram usados quatro pontos de controle e pontos de passagem medidos nas áreas de superposição entre as imagens. A acurácia do processo pode ser conferida a partir das discrepâncias em quatro pontos de verificação distribuídos sobre a área teste, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Discrepâncias nos pontos de verificação (d_x , d_y , d_z), Erro Médio Quadrático (EMQ), média (μ) e desvio padrão (σ) após a triangulação das imagens.

	dx (m)	dy (m)	dz (m)
1	-0,351	0,047	-0,114
2	-0,241	-0,070	-0,315
3	-0,191	-0,102	0,640
4	-0,379	0,226	-0,458
EMQ (m)	<i>0,301</i>	<i>0,131</i>	<i>0,428</i>
μ (m)	<i>-0,290</i>	<i>0,025</i>	<i>-0,061</i>
σ (m)	<i>0,089</i>	<i>0,149</i>	<i>0,489</i>

Pelos resultados apresentados na Tabela 2 verificou-se que a acurácia do processo de orientação de imagens, com discrepâncias em torno de 1-2 pixels em planimetria e 2-3 pixels em altimetria em relação aos pontos de verificação, é compatível com a escala de 1:2000.

Ressalta-se o fato das imagens serem adquiridas de forma inclinada na plataforma de coleta, o que dificulta o processo de medição de pontos, caso não seja utilizada uma boa aproximação para os parâmetros de orientação exterior. Como o sistema contará com uma unidade de medida inercial, a partir de 2007, a solução de orientação exterior das imagens poderá ser determinada de forma direta, podendo-se automatizar, ou até mesmo eliminar, a etapa de fototriangulação.

Outra possibilidade que está em desenvolvimento é a normalização prévia das imagens, podendo-se fundir duas imagens tomadas na mesma posição (um resultado preliminar é apresentado na **Figura 4**) ou tratá-las isoladamente. A retificação eliminará os problemas de correspondência que ocorrem nas imagens oblíquas.

Por outro lado, a inclinação das câmaras na plataforma resulta numa melhor acurácia altimétrica dos pontos, conforme apresentado na Tabela 2, possibilitada pela coleta convergente das imagens. Este problema é muito presente nos sistemas de coletas tradicionais com câmaras de pequeno e médio formato, devido ao pequeno ângulo de abertura das lentes.



Figura 4: Mosaicagem de imagens para a formação de uma imagem de grande formato.

Para exemplificar possíveis produtos do sistema de coleta SAAPI, a **Figura 5** apresenta um mosaico gerado com as imagens coloridas (Figura 5a) e outro gerado com as imagens infravermelhas (Figura 5b), relacionados à área teste.

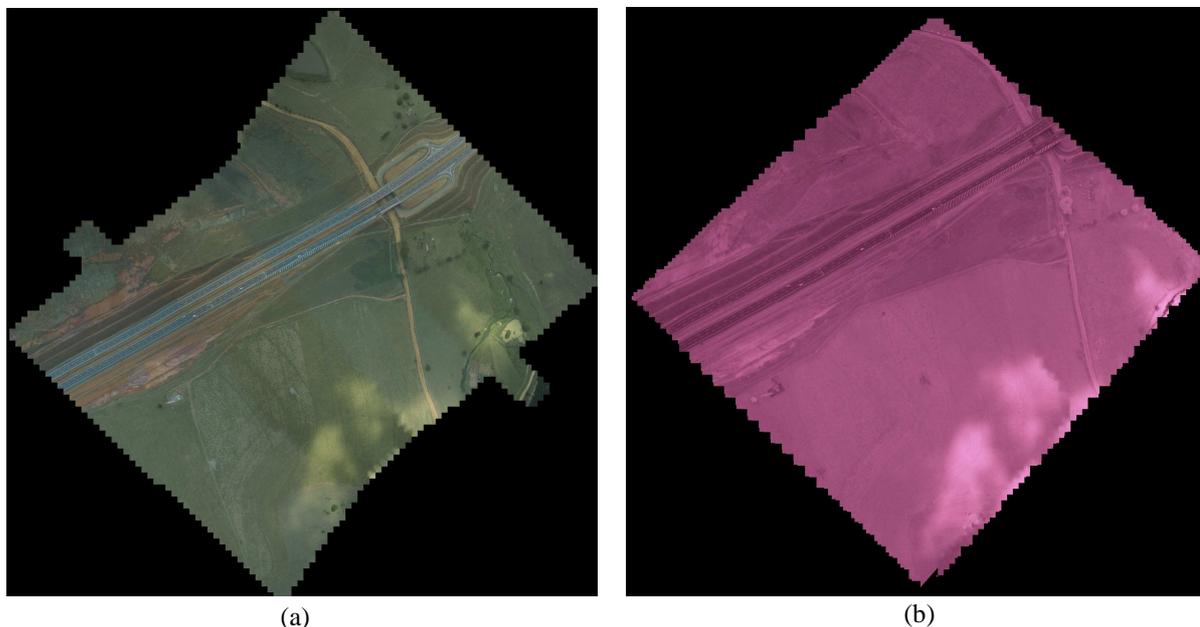


Figura 5: Mosaico gerado para a área teste em São José dos Campos: (a) imagens coletadas pela câmara Hasselblad; (a) imagens coletadas pela câmara Sony.

4. Considerações Finais

Este trabalho apresentou um sistema de aquisição de imagens digitais com características de baixo peso e custo, para aplicações que necessitem de produtos cartográficos de resposta rápida, como análises ambientais e monitoramento de desastres, além de projetos de corredores (rodovias e linhas de transmissão) e mapeamentos de pequenas áreas.

Neste sistema ressalta-se a presença da câmara infravermelha na plataforma de coleta de imagens, que pode ser usada com grande potencialidade na identificação de feições em aplicações ambientais.

Pelos testes realizados verifica-se a possibilidade de utilização de câmaras digitais convencionais em Fotogrametria para aplicações de precisão, além de aplicações ambientais e monitoramento de rodovias e linhas de transmissão. Uma das maiores limitações das câmaras digitais convencionais é a dimensão do sensor de coleta, que resulta num aumento no número de imagens e de pontos medidos no projeto fotogramétrico. Neste sentido, este sistema possibilita o aumento da área de cobertura no terreno com o uso de duas câmaras na plataforma de aquisição.

Por fim, vale ressaltar que o sistema de aquisição contará com uma unidade de medida inercial a partir de 2007, o que possibilitará o georreferenciamento direto das imagens com conseqüente diminuição do tempo e custo do projeto fotogramétrico.

5. Agradecimentos

Os autores deste trabalho desejam externar os sinceros agradecimentos à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), processo nº 04/09217-3, pelo suporte financeiro deste projeto.

Além deste, agradece-se à empresa Engemap Engenharia, Mapeamento e aerolevantamento Ltda., responsável pelo desenvolvimento deste projeto.

Referências

LEHMANN, F. et al. Fully Digital and Automatic Production of Accurate Geodata – ‘The High Resolution Stereo Camera (HRSC-A)’. In **GIM International Feature**, 2000.

PETRIE, G. The Configurations of the New Airborne Digital Imagers – ‘Déjà Vu’. In **Geo Informatics**, July/August, 2000.

REIS, T. T.; TOMMASELLI, A. M. G.; RUY, R. S. Módulo Computacional para Geração Semi-Automática de Planos de Vôos Fotogramétricos. In. **7 COBRAC**, UFSC-Florianópolis, Out., 2006.

SANDAU, R. et al. Design Principles of the LH System ADS 40 Airborne Digital Sensor. In **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**. Amsterdam, v. XXXIII, Part B1, pp. 258 – 265, 2000.