

AUTOMAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO

AEROFOTOGRAFIAS DE BAIXO CUSTO COMO INSTRUMENTO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Dawson Tadeu Izola¹, Paulo Picollo² e Fernando Martini Catalano³

RESUMO

Atualmente, utilizam-se fotos aéreas obtidas de aviões equipados com câmaras especiais e “spots” conseguidos através de satélites de sensoriamento remoto. A proposta deste trabalho é utilizar-se um foguete de pequeno porte com alcance de 2.000m cuja carga útil é uma câmara fotográfica de 35mm com capacidade de 40 fotos. A câmara é abandonada no ponto mais alto da trajetória e retorna ao solo amparada por um pára-quedas, no período de queda, quando um circuito eletrônico dispara a câmara com intervalos controlados estabelecendo, assim, a escala da seqüência de fotos.

Palavras-chave: foto aérea, foguete, basic stamp

LOW COST AEROFOTOGRAPHY WITH ENVIROMENTAL MONITORING EQUIPMENT

ABSTRACT

At present pictures in aerial photographics are taken by aeroplanes with special cameras and spots taken by satellites with remote sensory equipment. The proposal of this work is to use a small rocket with a 2.000m range. The load of this rocket is a 35mm lens camera with a 40 pictures film. The camera separates at the highest point of the rocket trajectory and is retrieved at ground level after a parachute descent. During the camera fall an electronic circuit takes photos at controlled intervals, thereby creating the scale of the sequence of photographs.

Key words: aerial photograph, rocket, basic stamp

INTRODUÇÃO

Dos vários tipos de satélite que atualmente orbitam o nosso planeta, uma grande parte se destina à radiossondagem, para mapeamento, estudo de vegetação, minerais, etc. No Brasil, por sua grande extensão territorial, tem-se dificuldades para se obter fotografias de regiões de baixo interesse econômico; são os chamados pontos escuros, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do país.

Vários países de Terceiro Mundo também enfrentam dificuldades, pois em muitos casos não há interesse para que se posicionem os satélites nessas regiões.

As instituições que utilizam fotografias aéreas as adquirem da NASA - National Aeronautical and Space Administration, da ESA - Europe Space Agency e do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, além de aerofotos conseguidas por intermédio de aviões. Quando as fotos solicitadas estão nos pontos escuros, a única saída são as fotos obtidas através de aviões; este tipo de foto é limitado com relação à escala e apresenta alto custo. Mesmo as fotos obtidas com aviões também são limitadas pela autonomia do avião visto que em muitos casos necessitam de pistas especiais, o que torna inviável, por exemplo, uma seqüência de fotos em regiões distantes de aeroportos.

¹ Doutorando da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica, EESC-USP. Endereço para correspondência: CP 2191, CEP 01060-970, São Paulo, SP, fone (016)274-3444, ramal 3059, fax (016)274-9280. E-mail: izoladaw@sc.usp.br

² Doutor em Geografia, Unesp de Rio Claro

³ Professor Ph.D em Aerodinâmica, Universidade de São Paulo, MRAeS, Ceng

Com o desenvolvimento da geração de imagens orbitais e o aperfeiçoamento das técnicas de interpretação e processamento de informações, observou-se um paulatino desuso da fotografia aérea tradicional como mostram Picollo & Izola (1997).

De fato, as imagens de satélite apresentam uma série de vantagens, como a periodicidade regular de cenas, maior capacidade de atualização de processos na superfície terrestre e inclusão de maior campo do espectro eletromagnético, além de estarem associadas a um aporte tecnológico de tratamento e edição dos produtos gerados.

Por outro lado, as fotografias aéreas tradicionais possuem vantagens, por sua maior resolução espacial, pelas possibilidades de identificação de objetos (espécies vegetais, por exemplo), possibilidade de avaliação direta e de alvos, pois a fotografia é um signo icônico; por este último aspecto ela deve, também, preceder didaticamente a nível do ensino, estudo do padrão espectral.

As aerofotos, devido ao alto custo de geração, também tiveram redução de demanda, o que tem limitado a fotointerpretação a cenas antigas, principalmente com relação ao monitoramento ambiental; isto limita muito a atividade de monitoramento, especialmente com temas sujeitos a grande dinamismo, como o uso da terra, urbanização etc. e outras em que a fotografia aérea colorida permite certos tipos específicos de estudo, como em florestas (cálculo de volume de madeira, volume de fitomassa, densidade de indivíduos, etc.) e biogeografia (distribuição, espécies e populações, por exemplo). Recentes transformações de paradigma dentro das ciências ambientais, especialmente ecologia e geografia, têm-se manifestado através de um campo de estudos denominado ecologia da paisagem.

A conseqüência imediata dos estudos em ecologia da paisagem foi a universalização do sensoriamento remoto como ferramenta, fundamental também para as ciências biológicas e trouxe, também, várias perspectivas da teoria ecológica para os estudos geoecológicos, integrando outros níveis de organização, já que, normalmente, trabalhavam-se apenas níveis de organização acima de ecossistemas.

Embora importante, este processo de valorização do sensoriamento remoto incidiu apenas sobre as imagens de satélite, com o incremento das técnicas de processamento digital.

Somente em um segundo momento, com o desenvolvimento teórico da ecologia da paisagem, principalmente através da abordagem em múltipla escala, como mostra Stone (1995), é que se colocou a necessidade de revalorizar e viabilizar a captação de aerofotos.

Para contribuir neste processo de desenvolvimento, este trabalho firmou os seguintes objetivos:

a) desenvolver um sistema alternativo para obtenção de fotografias aéreas, capaz de atender às necessidades das fotos de baixa escala;

b) desenvolver um sistema para fotos aéreas que tenha mobilidade e permita a utilização em regiões acidentadas e longe de aeroportos;

c) obter fotografias aéreas coloridas, com qualidade técnica e baixo custo financeiro em múltiplas escalas de um único eixo.

MATERIAL E MÉTODOS

Com um foguete de combustível sólido, como mostra Izola (1994), Figura 1, monoestágio de pequeno porte, calibre de 29mm e 500mm de comprimento, é possível lançar-se uma cápsula com câmara fotográfica a uma altitude de 2000m, possibilitando efetuar fotos aéreas da região desejada. As fotos obtidas podem ser utilizadas tal qual como as obtidas com aeronaves como mostram Izola & Catalano (1997). Um computador de bordo controla a operação da câmara fotográfica e o sistema de aquisição de pressão atmosférica, que estabelece a escala da seqüência das fotos aéreas.

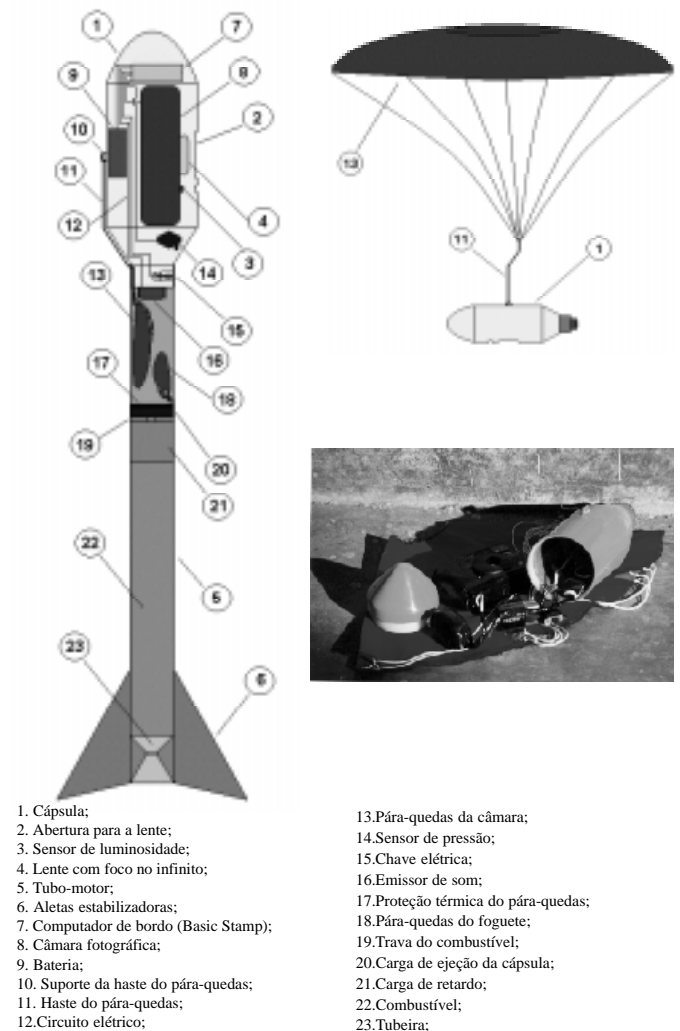


Figura 1. Conjunto foguete e câmara

Após o acionamento do foguete, o conjunto é deslocado em trajetória retilínea utilizando o método descrito por Landero (1995), durante 7,6 segundos até altitude de aproximadamente 1.700m com o motor foguete em funcionamento até o término do combustível, após este patamar é acionado à carga de retardo, a qual permite, ao foguete, alcançar o ponto mais alto da trajetória, 2.000m, antes de ejetar a câmara. A carga de retardo funciona como um pavio que queima durante 3 segundos e depois aciona a carga de ejeção; esta carga, quando acionada, impulsiona a cápsula com o pára-quadras para fora do conjunto foguete; após a ejeção, o pára-quadras se abre e é acionado o computador de bordo, Basic Stamp (Figura 2) - circuito eletrônico responsável pelo rebobinamento do filme e pela operação do obturador. A cada segundo é efetuada uma foto,

até que se esgote o filme com 40 fotos, sendo que cada foto tem uma escala diferente da outra; com um sensor Motorola MPX5100 mede-se a pressão a cada seqüência de quatro fotos. Com o parâmetro da primeira foto, estabelecem-se as alturas de vôo das fotos seguintes.

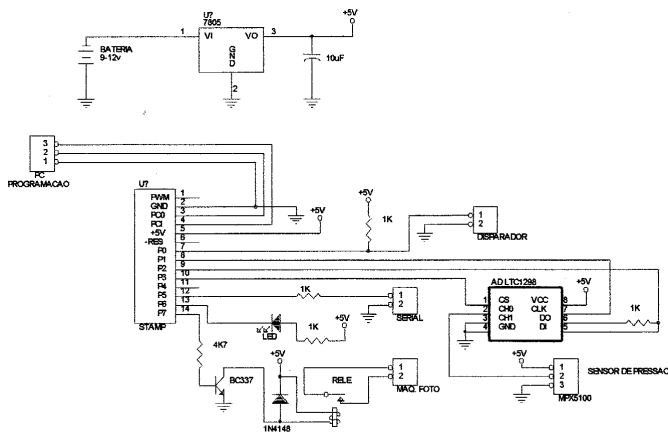


Figura 2. Computador de Bordo

Cada altitude da cápsula é gravada na memória do Basic Stamp e depois recuperada através de um computador pessoal como demonstra Corrêa (1995). Para regiões de fácil acesso, a recuperação da câmara é fácil, visto ser possível a observação da queda através do pára-quadras, onde se usam cores vivas para melhor visualização.

Em terrenos acidentados utiliza-se um pequeno circuito eletrônico emissor de sinais sonoros. Na maioria das utilizações, a câmara pode ser recuperada, observando-se apenas a queda.

O foguete utilizado para o lançamento também desce com pára-quadras, que é ejetado juntamente com a câmara.

O intervalo entre uma foto e outra pode ser controlado alterando-se o programa gravado em linguagem Basic no Basic Stamp, utilizando o método descrito por Bonnin (1964) e estabelecendo-se o intervalo de 1,00 segundo (como exemplo) entre uma foto e outra, determina-se a escala das fotos.

$$P = \frac{1}{2} cx \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \quad (1)$$

sendo:

P - peso da câmara em Newtons

S - área do pára-quadras

cx - coeficiente aerodinâmico

v - velocidade de queda do conjunto câmara/pára-quadras

ρ - densidade média do ar atmosférico

dados:

P - m . g = 3,78 N

S - $\pi \cdot r^2 = 0,3318m^2$

cx - 1,2 (valor tabelado)

ρ - 1,293 kg/m³

assim: v = 3,83m.s⁻¹

Escala

$$e = \frac{1}{h} \cdot f \quad (2)$$

em que:

h - alcance do foguete

f - distância focal

e - 1 x 2000 aproximadamente

dados:

h = 2.000m; f = 0,0249m.

O valor de e corresponde à primeira foto; com a velocidade de queda e o tempo entre uma foto e outra, estabelece-se a escala das fotos subsequentes (Figura 3).

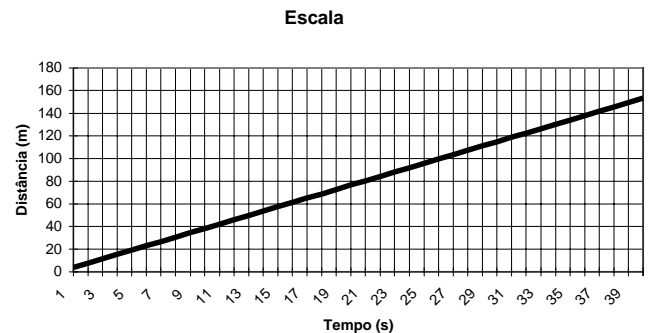


Figura 3. Gráfico do tempo de cada foto pela distância percorrida pela cápsula

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos vários testes realizados conseguiu-se um aproveitamento de 75% das fotos, enquanto as demais apresentaram distorções, principalmente nas bordas (aberrações cromáticas). A escala estabelecida apresenta um erro em torno de 15%. Este valor é teórico e com a utilização do sensor Motorola MPX5100 consegue-se a escala da seqüência de cada quatro fotos e erro de 0,5%, que é a variação do sensor.



Figura 4. Foto aérea do Núcleo Pinguaba

As aberrações cromáticas acontecem devido ao reduzido diâmetro da lente, impedindo correções. As distorções de foco foram observadas nas primeiras fotos da seqüência, em razão do tempo gasto para o conjunto se estabilizar na queda; até então, acontece um movimento giratório devido ao formato do pára-quadras.

O erro observado na escala se deve aos valores aproximados do alcance do foguete, que variam de acordo com as condições climáticas e características construtivas. Ensaio práticos demonstraram uma variação média de 10% no alcance do foguete; entretanto esses, valores podem ser corrigidos estabelecendo-se um parâmetro conhecido no solo para determinação da escala; com o sensor MPX5100, o erro de escala fica em torno de 0,5%.

A foto da Figura 4 faz parte de uma seqüência utilizada por um grupo de Antropólogos da UNICAMP – Universidade de

Campinas, que estuda a ocupação caíçara na região do Parque Estadual da Serra do Mar Núcleo Picinguaba apresentado por Picollo & Troppmaie (1994). Neste trabalho utilizou-se as fotos obtidas com o sistema proposto, para quantificar as áreas ocupadas pelas famílias na região do Parque. Utilizando referências em terra estabeleceu-se a escala das fotos e a área que cada família usufrui.

CONCLUSÕES

1. O método apresentado neste trabalho não tem como objetivo a substituição dos métodos convencionais de foto aérea, mas a proposta é servir de alternativa mais simples e de baixo custo para obtenção de fotos aéreas com média qualidade.

2. A mobilidade do sistema também é ponto favorável na escolha deste método, visto que todo o conjunto, foguete e câmara, pode ser operado por uma única pessoa, inclusive em regiões de terreno acidentado.

3. Outra qualidade do método é a seqüência de várias escalas em um mesmo eixo, permitindo a caracterização do assunto fotografado.

4. Todos os materiais utilizados neste trabalho são encontrados facilmente no mercado brasileiro, tornando o custo de operação muito baixo se comparado aos métodos convencionais. Uma seqüência com 40 fotos tem custo médio de R\$140,00 (cento e quarenta reais).

5. O sistema foi testado no Núcleo Picinguaba, onde as fotos serviram para quantificar a área ocupada por caíçaras. Neste trabalho conseguiu-se, apenas com este sistema, avaliar a área de cada agricultor e a conseqüente influência no meio ambiente, visto que os agricultores utilizam a área para o plantio e depois a abandonam, partindo para uma nova área nas proximidades. Com este trabalho estabeleceu-se uma área máxima para cada família utilizar a terra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONNIN, J. **Mécanique Expérimentale des Fluides**. Paris-França. A LA MÊME Librairie - 1964. 250p.
- CORRÊA, L. H. **Basic Stamp Manual do Usuário**. São Paulo - SP. General Soft, 1995. 60p.
- HOERNER, F. S. **Fluid - Dynamic Drag**. Great Britain, 1965. 200p.
- IZOLA, D. T. **Foto Aérea com Foguetes de Pequeno Porte**. São Paulo - SP - Faculdade de Tecnologia de São Paulo, 1994. 86p.
- IZOLA, D.T.; CATALANO, F.M. Levantamento aerofotogramétrico com foguetes monoestágio e monopropelente de combustível sólido. In: III CIDIM - CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA MECÂNICA - Cidade de Havana - Cuba. **Anais**. CD ROM. 1997.
- LANDERO, G. A. Z. **Procedimento para Cálculo e análise de Trajetórias de Foguetes de Curto Alcance**. IME. 1995. 95p. Dissertação Mestrado.
- PICOLLO, P.; IZOLA, D. T. Fotografias Aéreas de Baixo Custo como Instrumento Necessário ao Ensino e Pesquisa. In: 1ª JORNADA DE EDUCAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO NO ÂMBITO DO MERCOSUL. n. I. Camburiú-SC - 1997. **Anais**. SENEDU 1997. 130p.
- PICCOLO & TROPPIAIR. Ensaio Metodológico Visando a Inserção da Biodiversidade no Planejamento geoambiental: estudo de caso Picinguaba (Parque Estadual da Serra do Mar), SP. **Geografia**, v.19, n.2, p.113-129. 1994.
- STONE, K.H. A Geographer's Strength: the multiple scale approach. **The Journal of Geography**, v.61, n.6, p.354-362. 1995.