

FOTOGRAFIAS AÉREAS VERTICAIS 35 MM: APLICAÇÕES NA ÁREA FLORESTAL

J. S. de Medeiros G. T. Batista
Instituto de Pesquisas Espaciais — INPE
Caixa Postal 515 — 12201 — São José dos Campos — SP — Brasil

Resumo

Para diversos estudos temáticos que envolvem a caracterização da cobertura vegetal, o levantamento ecológico ou a detecção de pragas e doenças em povoamentos florestais, o aerolevanteamento convencional, que utiliza filmes aéreos no formato 230 x 230mm, em geral apresenta qualidade superior à requerida e consequentemente, um custo operacional significativamente maior do que o necessário. Alternativamente, vários autores têm pesquisado a utilização eficaz de fotografias aéreas de 35mm, principalmente para o levantamento de pequenas áreas, com filmes comumente encontrados no mercado. Este trabalho descreve um sistema de suporte portátil para câmaras fotográficas, do tipo SLR, de 35mm, adaptado em aeronaves leves de asa alta e sem necessitar que as câmaras sejam modificadas. Além de uma revisão sobre a qualidade geométrica e radiométrica dos produtos obtidos, após serem submetidos a processos fotográficos de ampliação, este trabalho apresenta exemplos de aplicações em estudos de áreas reflorestadas, no sudeste do Estado de São Paulo. Resultados preliminares indicam a eficiência, o baixo custo operacional e a versatilidade do sistema utilizado.

Abstract

For several thematic studies involving the characterization of vegetation cover, ecological survey or the detection of pests and diseases in forest plantations, conventional aerial survey technique using aerial films, format 230 x 230 mm, presents, in general, quality superior to the requirements and, as result, an operational cost significantly higher than needed. Alternatively several authors have reported on the efficient use of 35 mm aerial photography especially for surveying small areas, using films commonly found in the market. This work describes a portable support system for photographic SLR 35 mm cameras to be used in light high wing aircrafts, which does not require any modification in the cameras. Besides a review of the geometric and radiometric quality of the products obtained after several photographic process (enlargement and copying) this work presents examples of applications for reforested areas studies in the southeast of the São Paulo State. Preliminary results indicate the efficiency, the low operational cost and the versatility of the utilized system.

1. Introdução

As fotografias aéreas convencionais (formato 230 mm x 230 mm) vêm sendo utilizadas ao longo dos anos como uma ferramenta básica em diversos tipos de mapeamento onde são requeridos exatidão métrica e alto nível de detalhamento dos alvos. Assim, vem ocorrendo um contínuo desenvolvimento da teoria e instrumentação, o que propicia sistemas de aerolevanteamento com alto grau de sofisticação no que diz respeito a aeronaves, equipamentos para análise fotogramétrica, e produtos com alta qualidade geométrica e radiométrica. Em decorrência, as fotografias aéreas convencionais apresentam um custo final relativamente alto, o que vem restringir sua utilização em diversas aplicações como estudos temáticos que envolvem a caracterização da cobertura vegetal, os levantamentos ecológicos e a detecção de pragas e doenças em povoamentos florestais e nas culturas agrícolas, principalmente no mapeamento de pequenas áreas.

Alternativamente, sistemas para obtenção de fotografias aéreas verticais e/ou oblíquas com câmaras e filmes comumente disponíveis no mercado, de pequeno formato (35mm e 70mm), vêm sendo desenvolvidos (Rinehardt and Scherz, 1972; Meyer, 1973; Fisher and Steever, 1973; Woodcock, 1976; Ekin, 1984) e têm sido avaliados com relação à exatidão métrica, resolução, rapidez de aquisição, facilidade de operação e ao baixo custo de investimento, inicial e operacional (Clegg and Scherz, 1975; Curran, 1981).

Aplicações dos sistemas de obtenção de fotografias aéreas verticais de 35mm, em projetos de pesquisas, ou mesmo em aplicações operacionais, principalmente com a utilização de fotografias verticais obtidas com filmes coloridos (normal ou infravermelho), têm sido relatadas por vários autores, em diversas áreas como, por exemplo, na detecção de doenças e pragas do milho, na documentação fotográfica do imageamento de outros sensores (por exemplo radiômetros), em estudos de qualidade da água (Rinehardt and Scherz, 1972), no detalhamento do mapeamento de áreas de florestas (Spencer, 1978), no mapeamento da vegetação de alagados (Mead and Gammon, 1981; Watson and Ryswyk, 1981), no auxílio à aquisição de medidas sobre a produtividade de pastagens (Curran, 1981), no monitoramento de mudanças temporais em florestas (Miller and Meyer, 1981), na avaliação da saúde de árvores e identificação de espécies (MacCarthy and Witter, 1982), e no mapeamento ecológico (Watson, 1983). Estes

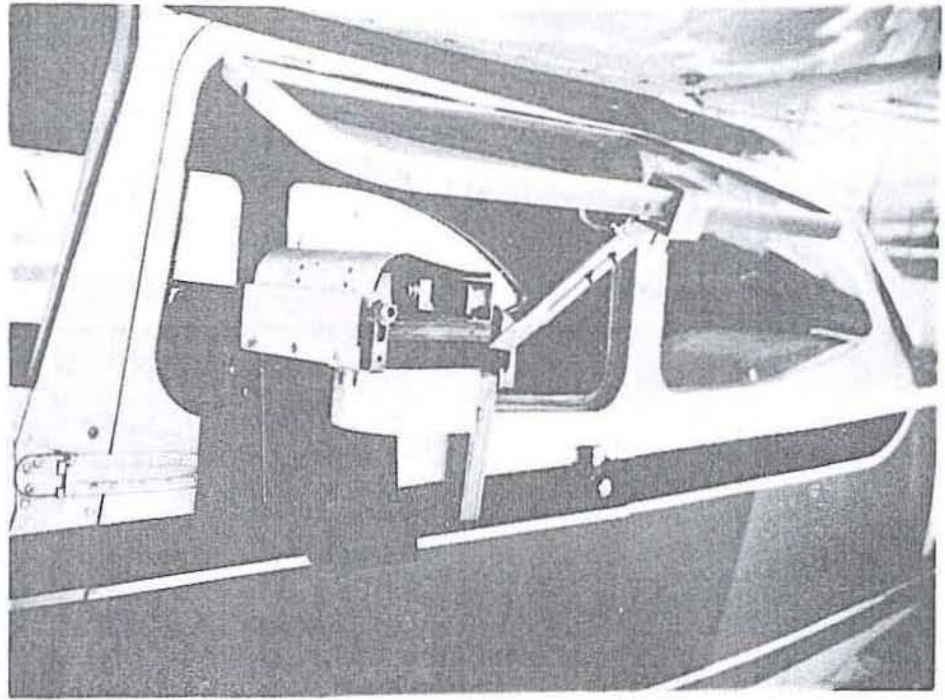


Fig. 1 - Fotografia do suporte portátil instalado num avião Cessna 17

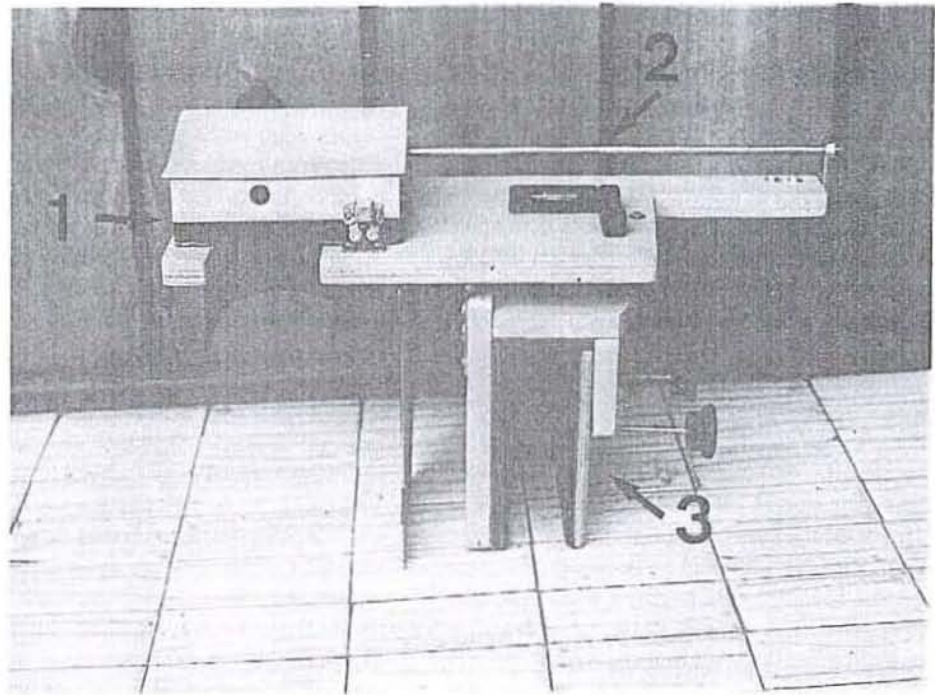


Fig. 2 - Fotografia do suporte portátil, com suas três partes principais:
1) base movel, 2) base de nivelamento e 3) base de fixação.

trabalhos têm indicado, sistematicamente, a eficiência e o baixo custo desta técnica.

O objetivo deste trabalho é apresentar, com base em revisão bibliográfica, as características, as vantagens e as limitações de sistemas de coleta de informações baseadas em fotografias aéreas verticais de 35mm, assim como apresentar os resultados de um experimento que utiliza um suporte portátil adaptado em aviões leves, de asa alta, visando fornecer subsídios às entidades ligadas ao levantamento temático para avaliar o potencial e a versatilidade desta eficiente ferramenta auxiliar no levantamento de recursos terrestres, especialmente, dos recursos florestais do País.

2. Materiais e Métodos

Desenvolveu-se um suporte para câmaras do tipo SLR de 35mm, baseado no sistema proposto por Meyer (1973), sendo realizadas algumas pequenas modificações devido à disponibilidade de material e às transformações nas medidas (originalmente em polegadas) para o sistema métrico decimal.

O suporte foi construído em madeira compensada para ser instalado na janela da porta esquerda da aeronave CESSNA, de asa alta, sem necessitar modificá-las (Figura 1). O suporte constituiu-se de três partes (Figura 2):

- 1) Uma base móvel para uma câmara fotográfica de 35mm, com ou sem "motor drive" que pode ser deslocada de dentro para fora da aeronave ou vice-versa, possibilitando a substituição dos filmes e eventuais regulagens em pleno vôo;
- 2) Uma base de nivelamento que possui dois níveis de bolha perpendiculares entre si. Esta base possui ainda um eixo utilizado para fixação e guia para o deslocamento da base móvel, e dois defletores para a proteção da câmara contra o vento;
- 3) Uma base de fixação na forma aproximada de um "U" invertido, a qual possui grampos para sua fixação na porta da aeronave, forrada, internamente, com "carpet" e borracha (para absorção das vibrações), sendo ligada à base de nivelamento através de duas dobradiças.

A câmara instalada na base móvel e utilizada para teste foi uma ASHAI PENTAX modelo Spotmatic sem "motor drive", e no disparador foi colocado um cabo remoto, com uma lente SUPER TAKUMAR de distância focal de 55mm, f/1.8 e um filtro FOCAL U.V. com fator 1, para atenuação do efeito provocado pela névoa e como proteção da lente.

Utilizaram-se os filmes FUJICHROME 135 de 100 ASA com 20 exposições. Preferiram-se os filmes de "slides" por permitirem grande ampliação sem perda de informação e possuem um custo final mais baixo, quando comparados com os filmes negativos e correspondentes impressões fotográficas em papel.

O avião utilizado para este experimento foi um CESSNA 172 com quatro lugares.

Para avaliação dos dispositivos obtidos no teste, utilizou-se um projetor KODAK EKTAGRAPHIC modelo E-2, com uma lente ZOOM EKTANAR C de distância focal variável entre 102 e 152mm e f/3.5, e também um estereoscópio de bolso DFV.

Foram escolhidas, para a realização do sobrevôo, três áreas testes, localizadas nas proximidades do aeroporto de São José dos Campos, no Estado de São Paulo. Duas destas áreas testes corresponderam a áreas reflorestadas com *Eucalyptus* spp, sendo a primeira, em relevo acidentado e com áreas de preservação da vegetação natural, e a segunda localizada em relevo plano. Estas

áreas foram sobrevoadas a 1.188m de altura, o que propiciou uma escala nominal de 1:21.600 no diapositivo. A terceira área teste envolveu o campus do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), escolhida por permitir a avaliação de distorções através da comparação de medidas entre a planta da área, na escala de 1:1000, e os diapositivos. Nesta área, o sobrevôo foi feito em duas alturas, 594m e 1.188m, correspondendo às escalas nominais, no diapositivo, de 1:10.800 e 1:21.600, respectivamente.

A velocidade do avião, durante o sobrevôo, foi de 160 km/h; os períodos de tempo entre as exposições foram de 3,5 seg e 7 seg para os sobrevôos nas alturas de 594m e 1.188m, respectivamente; a velocidade do obturador foi de 1/1.000 seg e a abertura do diafragma de 2.8. A distância focal permaneceu fixada com fita adesiva na posição infinito. O sobrevôo foi realizado entre 11:35 e 12:30h, com as condições de tempo favoráveis, isto é, dia claro, poucas nuvens, visibilidade de 10km e temperatura ambiente em torno de 18°C. Estes dados foram plotados em uma ficha para anotações em vôo (Figura 3).

3. Resultados e Discussão

A análise preliminar dos diapositivos obtidos na escala de 1:10.800 revelou a excelente qualidade do produto, relacionada não só com a nitidez dos diapositivos, pois permitiram a identificação de pequenos alvos, como também uma boa exatidão métrica avaliada através da planta da área na escala 1:1.000 (área teste 3 — Campus do INPE). Pode-se ainda obter, com o uso do projetor de "slides", ampliações até 20 vezes com boa nitidez, porém com o aumento das distorções. Algumas medidas realizadas aproximaram-se dos resultados obtidos por Clegg e Scherz (1975), isto é, boa identificação de alvos com dimensões em torno de 1m² e erros de mais ou menos 3m na localização de pontos de controle.

Quanto aos diapositivos obtidos na escala de 1:21.600, estes possuem boa nitidez e baixo nível de distorções, mas com resoluções radiométrica e, conseqüentemente, geométrica inferiores aos diapositivos obtidos na escala de 1:10.800. Os diapositivos apresentaram uma saturação pela cor azul devido à maior camada atmosférica entre os alvos e a câmara fotográfica e, conseqüentemente, a um maior espalhamento de luz azul, o que indicou a necessidade da utilização de um filtro âmbar no lugar dos filtros UV ou SKYLIGHT para os vôos com alturas superiores a 600m. Contudo, estes diapositivos apresentam boas imagens e dão bons resultados com ampliações feitas até 10 vezes com o projetor de "slides".

As observações acima já eram esperadas, principalmente no que diz respeito à resolução das fotografias, pois, de acordo com Clegg e Scherz (1975), fotografias aéreas convencionais (230mm X 230mm) e fotografias aéreas de formato pequeno (70mm e 35mm) possuem uma resolução semelhante para alturas de vôo em torno dos 300 m, e as fotografias de formato pequeno (70 mm e 35 mm) apresentam resultados satisfatórios para alturas de vôo em torno de 1.000 m.

Com relação à superposição longitudinal dos diapositivos, obteve-se uma superposição entre 30 e 40%, somente para os diapositivos obtidos na escala de 1:21.600 o que não foi feito na escala de 1:10.800, devido ao pouco tempo disponível e à dificuldade para o acionamento manual do filme. Faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema mecânico para a adaptação do sistema de avanço do filme ou, idealmente, devem ser utilizadas câmaras com "motor drive".

Devido à pouca superposição longitudinal conseguida, a análise com o estereoscópio de bolso, nos diapositivos de menor escala (1:21.600), ficou prejudicada, mas, mesmo assim, as observações preliminares realizadas nas pequenas áreas convencionais (230mm X 230mm), com razão B/H (aerobase/altura de voo) de 0,26, onde o valor da aerobase foi determinado a partir da medida da fotobase ajustada pela relação $1/E = ba/B$, onde E é igual à escala fotográfica, B é igual à aerobase e ba é igual à fotobase ajustada.

Com relação à substituição dos filmes, às eventuais regulações na câmara e ao nivelamento do suporte no sentido transversal à linha de voo são atividades facilmente realizadas durante o voo, porém, o nivelamento do suporte, no sentido da linha de voo, depende da habilidade do piloto.

Uma análise real dos custos não pôde ser feita, pois realizou-se somente um teste em áreas bem próximas ao aeroporto de São José dos Campos, devido à disponibilidade de recursos financeiros, que permitiu o recobrimento de uma área total de 616,4ha, sendo 146,9ha, na escala de 1:10.800, e 469,5ha, na escala de 1:21.600 (considerando uma superposição de 40%).

Com relação às principais vantagens dos sistemas de obtenção de fotografias aéreas de 35mm, podem-se citar as seguintes:

- Facilidade e rapidez na obtenção das fotografias, mesmo em condições de tempo não-favoráveis, por exemplo, dias nublados ou com nuvens (Watson and Ryswyk, 1981).
- Baixo nível de distorções quando são utilizadas objetivas com distância focal igual ou superior a 50mm, isto é, objetivas com pequeno ângulo de visada (Spencer, 1978; Curran, 1981).
- Facilidades na instalação e operação do sistema, não requerendo pessoal especializado em aerolevantamentos.
- Baixo custo inicial e operacional dos sistemas, isto é, cerca de 1/10 dos sistemas convencionais — 230mm X 230mm — (Clegg e Scherz, 1975).

Quanto às limitações, observam-se as seguintes:

- Aeronaves leves são mais susceptíveis aos problemas de estabilidade relacionados com as condições atmosféricas, conseqüentemente, aumentando as distorções nas fotografias.
- Falta de experiência dos pilotos neste tipo de voo pode prejudicar a obtenção e qualidade das fotografias.
- Pequena área coberta pelas fotografias. São necessárias cerca de 60 fotografias de 35mm (sem superposição longitudinal e lateral) para cobrir uma mesma área de uma fotografia aérea convencional (230mm X 230mm), na mesma escala. Entretanto, para uma mesma altura de voo, uma fotografia vertical de 35mm, obtida com uma objetiva de distância focal de 24mm (grande angular), corresponde a 65% da área coberta por uma fotografia aérea convencional, obtida a partir de uma câmara métrica com objetiva de distância focal de 152mm.

Barulho excessivo dentro do avião devido à necessidade de manter a janela aberta. Este barulho é suportável, entretanto, dificulta a comunicação entre os tripulantes, o que torna necessário um bom planejamento do sobrevoo, visando minimizar a comunicação durante o voo e não prejudicar a obtenção das fotografias.

O suporte lateral, fixado na janelas, só permite a utilização de objetivas com distância focal igual ou maior que 55mm, pois, caso contrário, partes da fuselagem e do trem de pouso serão incluídas no ângulo de visada da câmara.

4. Aplicações na Avaliação dos Recursos Florestais

As fotografias aéreas verticais de 35mm podem ser usadas em diversas atividades no estudo dos Recursos Florestais, tais como:

- Atualização de mapas florestais.

Com a realização de vôos periódicos sobre os povoamentos florestais e através da projeção dos diapositivos obtidos neste: vôos sobre os mapas, poderão ser realizadas diversas observações, tais como: avaliação do crescimento, da qualidade e da sanidade dos povoamentos; avaliação dos danos causados por incêndios, geadas ou ataque de pragas ou doenças; monitoramentos da exploração dos povoamentos florestais.

Através da interpretação dos diapositivos ou das impressões em papel, poderão ser extraídas informações sobre focos de infestações de pragas e/ou sobre ocorrência de doenças, sua intensidade e extensão.

- Inventário Florestal

As fotografias aéreas verticais de 35mm poderão ser utilizadas no planejamento e na execução de todas as modalidades de inventário florestal que utilizem fotografias aéreas convencionais, quer seja na localização de amostras dentro de uma fazenda florestal, ou através de um sobrevoo periódico das amostras permanentes de um inventário florestal nacional. Diversos dados para o inventário, poderão ser retirados de forma direta das fotografias, como, por exemplo, área dos povoamentos, gêneros e/ou espécies, altura das árvores; ou, de forma indireta, através da elaboração de tabelas de volumes, das quais poderão ser medidos os parâmetros, tais como, altura das árvores, diâmetro e densidade de copa, desde que estes parâmetros tenham sido previamente correlacionados, no campo.

No inventário florestal multiestágio, isto é, com um sistema de atmosfera, em vários níveis (Lee et alii, 1984), as fotografias aéreas verticais de 35mm poderão substituir e/ou complementar as fotografias aéreas convencionais (230mm X 230mm), nos estágios secundários deste sistema de amostragem, o que possibilitará uma aquisição de informações, de forma mais rápida, nos diversos níveis, e reduzirá, substancialmente, os custos do inventário.

5. Conclusões

Fotografias aéreas verticais de 35mm possuem um grande potencial de utilização, não só no setor florestal, mas também em outros setores onde são necessários levantamentos temáticos ou amostragem em pequenas áreas.

Qualquer pessoa com noções básicas sobre manuseio de câmaras fotográficas e obtenção de fotografias, utilizando um suporte portátil (como descrito neste trabalho) instalado em um avião CESSNA de asa alta e uma câmara de 35mm, com objetivas de boa qualidade, é capaz de obter excelentes fotografias aéreas verticais, para fins temáticos.

A experiência adquirida, neste trabalho, revelou a necessidade de testar outros projetos de suportes que possam ser instalados em pequenos voos ou em ultraleves que permitam uma maior flexibilidade na utilização de câmaras de diferentes formatos (35mm e 70mm), com objetivas de diversas distâncias focais.

RELATÓRIO DE VÔO (35 MM)						
AVIÃO CESSNA 172 - 4 lugares			CÂMERA ASAHI PENTAX SPOT MATIC			
PILOTO Paulo G. Camilli			OBJETIVA SUPER TAKUMAR 55 mm			
OPERADOR José Simão Madeiros			FILTROS FOCAL UV - fator 1			
NAVEGADOR Getúlio T. Batista			FILME FUJICHROME-135 ASA 100			
ALTURA DE VÔO		VELOC. AVIÃO		INTERVALO ENTRE EXPOSIÇÃO		DIAFRAGMA
1- 1600 pés		100 MPH		1- 3,5 seg.		2.8
2- 3600 pés		160 Km/h		2- 7º seg.		
				SUPERPOSIÇÃO LONGITUDINAL		OBTURADOR
				40% **		1:1000
ROLO	LINHA DE VÔO Nº	DIREÇÃO DE VÔO	INÍCIO EXPOS. Nº	FIM EXPOS. Nº	OBSERVAÇÕES	
1	INPE 1	145° N	10	20	Entrando a esquerda do prédio Multinôzio	
2	REFLOR 1	350° N	7	19	Entrando transversal ao cômego Sincio Alegre	
3	INPE 2	340° N	1	4	Entrando sobre o posto de gasolina BR (Av. ASTRONAUTAS)	
3	REFLOR 2	110° N	8	18	Entrando transversal à via D. Jira	
*	Altura	em metros : 1 → 594 m ; 2 → 1188 m				
**	Não foi possível	manter constante devido ao disparo manual				
DATA		INÍCIO	TÉRMINO	ESCALA	TEMPER. AMB.	VISIBILIDADE
24/7/84		11:35hs	12:30hs	1 → 1:10800 2 → 1:21600	18°C	10 km
						VENTOS
						10 No's ± 80° N
DADOS DA ÁREA						
ESTADO: SÃO PAULO						
MUNIC: SÃO JOSÉ DOS CAMPOS						
REFERÊNCIAS UTILIZADAS: PLANTA INPE - ESC 1:1000						
SAÍLAS 1066 : ESC 1:50000 (SF 23-Y-D-II-1, SF 23-Y-D-II-2)						
(SF 23-Y-D-II-3 SF 23-Y-D-II-4)						

Fig. 3 - Anotações de vôo do experimento de São José dos Campos.

Há necessidade de testar o sistema desenvolvido, na obtenção de amostras em áreas mais extensas, para avaliar a eficiência do sistema, em termos de custo e operacionalidade.

Razões econômicas tornam fotografias aéreas verticais, de pequeno formato (35mm X 70mm), uma ferramenta opcional e atrativa, para obtenção de dados auxiliares, no levantamento de recursos naturais.

6. Agradecimentos

Agradecemos ao Eng^o Paolo Pio G. Camili por ter cedido o avião de sua propriedade, um Cessna 172, para os ajustes do suporte na aeronave, e pela realização do sobrevôo. Agradecemos, também, ao Eng^o Célio Paiva dos Santos Filho pelo incentivo à realização deste experimento.

7. Referências Bibliográficas

1. CLEGG, R.H.; SCHERZ, J.P. A comparison of 9-Inch, 70mm, and 35mm cameras. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 41(12): 1487-1500, 1975.
2. CURRAN, P.J. *Remote Sensing: the role of small format light aircraft Photography*. Reading, England. University of Reading. June, 1981. (Reading Geographical Papers n^o 75).
3. EKIN, W.H. The Development of an inexpensive retractable vertical camera rig for a light aircraft. *Photogrammetric Record*, 11(63): 311-317, 1984.
4. FISHER, J.J.; STEEVER, E.Z. 35mm quadricamera. *Photogrammetric Engineering*, 39 (6): 573-578, 1973.
5. LEE, D.C.L.; HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E.; ASSIS, O.R.; MEDEIROS, J.S. de. Forest inventory using multistage sampling with probability proportional to size. São José dos Campos, INPE, 1984. (INPE-3084-PRE/494).
6. MAC CARTHY, J.; WITTER, J.A. Evaluation of spruce-fir forests using small-format photographs. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48 (5):771-778, 1982.
7. MEAD, R.A.; GAMMON, P.T. Mapping wetlands using orthophotoquads and 35mm aerial photographs. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47 (5):649-652, 1981.
8. MEYER M.P. *Operating Manual — Montana 35mm Color Aerial Photography System (1st Revision)*. St. Paul, Institute of Agriculture, Remote Sensing Laboratory, College of Forestry, Univ. Of Minn., Dec. 1973. (IARSL — Research Report 73-3).
9. MILLER, N.L.; MEYER, M.P. Application of 35mm Color Aerial Photography to Forest Land Change Detection. IN: BIENNIAL WORKSHOP ON COLOR AERIAL PHOTOGRAPHY IN THE PLANT SCIENCES, 8., Luray, VA, 1981. *Color aerial photograph*; Proceedings. Falls Church, VA, ASP, 1981, p.76.72.
10. RINEHARDT, G. L.; SCHERZ, J. P. A 35mm aerial photographic system. IN: ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, 38., Washington, C.D. 1972. *Proceedings* Falls Church, VA, ASP, 1972, p.571-579.
11. SPENCER, R.D. Map intensification from small format camera photography. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 44(6):697-707, 1978.
12. WATSON, E.K.; RYSWYK, A.L. VAN. Remote sensing application for British Columbia Wetlands using 35mm aerial photography. IN: CANADIAN SYMPOSIUM ON RMOTE SENSING, 7. Winnipeg, Manitoba, 1981, *Proceeding* Ottawa, Ontario Canadian Aeronautics and Space Institute, 1981, p.211-221.
13. WATSON, E. K. Applications of 35mm aerial photography to ecological land survey. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 9(1):31-44, 1983.
14. WOODCOCK, W.E. Aerial reconnaissance and photogrammetry with small cameras. *Photogrammetric Engineering*, 42(4):503-511, 1976.