

Clinômetro eletrônico para obtenção manual de fotografias aéreas inclinadas 35 mm

ATTILIO ANTONIO DISPERATI*
MARIO TAKAO INOUE**

RESUMO

As fotografias aéreas manuais inclinadas 35 e 70 mm assumem importante papel nos estudos de natureza temática através de sensoriamento remoto. A dificuldade na tomada seqüencial de tais fotografias está na manutenção do ângulo desejado. Visando facilitar a obtenção deste tipo de fotografias, foi desenvolvido um clinômetro eletrônico, que pode ser acoplado num suporte manual de alumínio, no qual se encontra fixada a câmara fotográfica. A indicação do ângulo de visada é feita por diodos emissores de luz e o conjunto funciona através de bateria de 9 volts. Testado num voo com ultraleve, usando câmara de 35 mm, o aparelho demonstrou facilidade no manuseio. Devido a faixa de operação entre zero e 45°, o aparelho torna-se útil também na tomada exclusiva de fotografias verticais.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, aerofotogrametria, fotografia aérea de pequeno formato

ABSTRACT

Electronical clinometer for small format hand-held oblique aerial photographs. Small format hand-held oblique aerial photographs are important in thematic studies of natural resources. The difficulty to obtain continuously such photographs is the maintenance of desired inclination. In order to help the taken of such type of photos, it has been constructed an electronical clinometer that can be installed in an aluminium hand support where the camera is fixed. The angle of inclination is indicated by light emitting diodes and the device is powered by a 9 volts battery. The clinometer was tested in a microlight flight using a 35 mm camera and it has showed an easily handling. Due to its operational angle covering between zero and 45° the device is helpfull also when taking only vertical photographs.

Key words: remote sensing, aerophotogrametry, small format hand-held aerial photographs

INTRODUÇÃO

A obtenção de fotografias aéreas de pequeno formato, isto é, através de câmaras fotográficas 35 mm e 70 mm, é freqüente em alguns países, como Estados Unidos, Canadá, Austrália, Alemanha. No Brasil, a referida técnica ainda não é muito utilizada.

A utilização do balão cativo, aeromodelo radiocontrolado, ultraleve, helicóptero e avião para a obtenção de fotografias aéreas de pequeno formato

*Eng.Florestal, M.Sc., Ph.D., Professor Adjunto do Departamento de Silvicultura e Manejo, UFPR - Bolsista do CNPq

**Eng.Florestal, Dr. der Nat., Professor Titular do Departamento de Silvicultura e Manejo, UFPR - Bolsista do CNPq

foi discutido por DISPERATI (1991, cap. 5). Na referida discussão foi considerada apenas quanto a fixação de uma ou mais câmaras na aeronave através de suporte. Entretanto, existem situações onde se tem à disposição uma aeronave tripulada (ultraleve, helicóptero ou avião), mas não se tem a disposição um suporte. Nesses casos pode-se obter as fotografias aéreas simplesmente mantendo a câmara manualmente, dentro ou fora da aeronave. Dependendo da posição dela, tais fotografias podem ser verticais ou inclinadas.

Em se tratando de obtenção manual de fotografias aéreas inclinadas, duas situações básicas podem ocorrer. Na primeira, e a mais freqüente, não se necessita conhecer o ângulo de inclinação da câmara durante o momento da tomada. Geralmente, tais fotografias têm finalidade ilustrativa ou documento (registro); como exemplo para a montagem de um "poster" de uma fábrica e registro de um local, respectivamente. Na segunda situação, mais profissional e de fotointerpretação temática, é importante o conhecimento desse ângulo de inclinação, assim como também sua manutenção durante toda a tomada seqüencial das fotografias. Exemplo de aplicação diz respeito ao recobrimento aerofotográfico contínuo de uma área ao longo de uma ferrovia ou uma determinada faixa de uma área de vegetação natural. Em relação a tomada manual, contínua e programada de fotografias aéreas inclinadas, dois aspectos são importantes: as fórmulas matemáticas para se determinar os parâmetros da cobertura aerofotográfica e a manutenção da câmara fotográfica com o mesmo ângulo de inclinação.

O primeiro aspecto foi detalhado por FLEMING & DIXON (1984) e mostrado também por DISPERATI (1991, cap. 4).

O segundo aspecto é tratado no presente artigo, que descreve um clinômetro eletrônico, que acoplado à câmara fotográfica, auxilia a tomada seqüencial de fotografias aéreas com o mesmo ângulo de inclinação, operacionalizando, desse modo, a tarefa do recobrimento aerofotográfico (DISPERATI, 1993).

O clinômetro se justifica pela dificuldade do fotógrafo em posicionar a câmara fotográfica em determinado ângulo de inclinação. Evidentemente, que com o clinômetro eletrônico e a câmara instalados em um suporte, o fotógrafo, mesmo em condições adversas de vôo, terá condições de colocar a câmara com a estabelecida inclinação assim como também em mantê-la durante a tomada seqüencial das fotos aéreas.

OBJETIVOS

Os objetivos da presente pesquisa foram:

- a) desenvolver um clinômetro eletrônico para auxiliar na tomada de fotografias aéreas 35 mm com ângulo de inclinação de zero a 45°, com intervalo de 5°;
- b) desenvolver um suporte para um clinômetro eletrônico e uma câmara 35 mm;
- c) testar o conjunto de suporte, clinômetro e câmara em uma situação prática.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As fotografias aéreas inclinadas, apesar de ocuparem um lugar secundário nas atividades rotineiras de aerofotogrametria e fotointerpretação, são de valor para estudos de natureza temática. Elas podem ser do tipo baixo ou alto, no caso de aparecer ou não a linha do horizonte, respectivamente. Considerações sobre as vantagens e desvantagens desses tipos de fotografias e em relação à verticais foram apresentadas por PAINE (1984, cap. 1) e DISPERATI (1991, cap 1).

KIEFER (1970) analisou os efeitos da data de obtenção das fotografias 35 mm nos estudos fotointerpretativos de uso do solo, lagos e enchentes fluviais fotografando em até vinte datas diferentes num período de sete meses. HARRIS & HANEY (1973) discutiram as técnicas dessas fotografias com câmaras 35 mm para estudos de natureza agrícola. JOHNSON & MULVANEY (1978) descreveram o uso de fotografias 35 e 70 mm, para estudos de manejo e de análise do meio ambiente de uma área de extração e moagem de urânio. TOZZINI (1984) determinou a extensão e os tipos de danos causados por incêndios florestais em uma área de reflorestamento de *Pinus taeda* localizado no estado do Paraná, através da interpretação das fotografias 35 mm e imagens de satélite.

Em nenhum dos quatro estudos acima citados, foi relatado o ângulo de inclinação com que as fotografias foram obtidas. NIEDZWIEDZ & GANSKE (1991) destacaram a tomada de fotografias aéreas com 45 de inclinação, em vôos de baixa altura (150 m do solo) para analisar as modificações da linha d'água e do solo nas margens de seis lagos no município de Oconto, em Wisconsin, nos Estados Unidos. O tamanho das áreas de estudo variaram de 8,7 a 396 ha. Entretanto, nenhum aparelho foi usado para posicionar a câmara com tal ângulo. WARNER & CARSON (1992) ampliaram slides 35 mm através de uma copiadora laser colorida, com posterior digitalização dos alvos marcados no terreno através de mesa digitalizadora. Entretanto, nenhuma menção foi feita para a inclinação da fotografias tendo-se em vista que a solução era numérica.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL

Os seguintes materiais foram usados para a elaboração e montagem do clinômetro eletrônico: diodos sensíveis à radiação eletromagnética infravermelha; transistores; diodos emissores de luz (LED); caixa de plástico; placa de circuito impressa; chave liga - desliga; bateria de 9 V.

Para a montagem do suporte manual do clinômetro eletrônico e da câmara 35 mm foram utilizados barras de alumínio de formato L e uma empunhadreira. A fixação do clinômetro e da câmara no suporte foram feitos através de parafuso e porca com borboleta.

METODOLOGIA

O princípio de funcionamento do clinômetro eletrônico é o movimento pendular, no qual sensores eletrônicos traduzem o movimento em sinais elétricos.

Tanto a parte fixa, como o pêndulo propriamente dito, foram confeccionados em PVC rígido, conferindo ao aparelho a devida estabilidade física e elétrica.

Tanto o emissor, como os receptores são componentes de estado sólido sensíveis à radiação infravermelha. Transistores foram utilizados para amplificar o sinal e acionar LEDs que servem como indicadores angulares.

Na Figura 1 está a representação em blocos do esquema funcional do clinômetro.

Os componentes eletrônicos foram fixados em placa de circuito impresso e esta alojada dentro de uma caixa padronizada de plástico, com as dimensões 6 x 12,5 x 8,5 cm. Os sensores receptores foram fixados numa placa de PVC rígido, a qual serviu também de apoio para o pêndulo, em cuja extremidade foi instalado o emissor. Todas as partes elétricas e mecânicas foram dimensionadas de maneira a caber dentro da caixa descrita, inclusive a bateria de 9 V, chave liga-desliga e LED indicador de aparelho ligado.

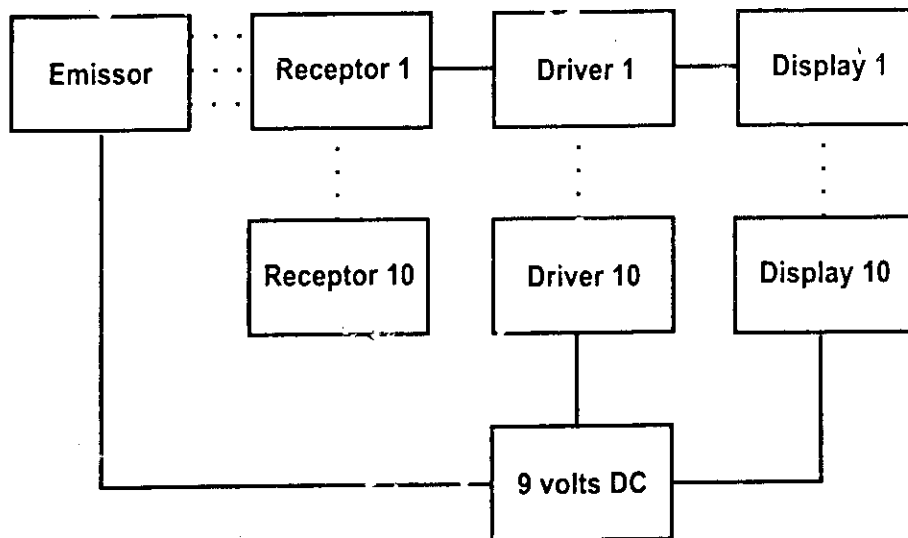


Figura 1 - Esquema em blocos do clinômetro eletrônico
Figure 1 - Block diagram of the electronic clinometer.

A câmara fotográfica, do tipo 35 mm, fornece um negativo em formato retangular (24 x 36 mm) e a sua maior dimensão pode ser colocada em posição longitudinal ou transversal à linha de vôo. Para atender essas duas situações, o suporte foi elaborado de maneira a manter a câmara fotográfica fixa e alterar a posição do clinômetro eletrônico.

VÔO EXPERIMENTAL

O suporte, equipado com a câmara fotográfica 35 mm Canon F1 e o clinômetro eletrônico, foi testado em um vôo com o ultraleve biplace "side-by-side" FENIX, para a tomada de fotografias estereoscópicas verticais e inclinadas baixas com 15° de inclinação. Este ângulo foi estabelecido aleatoriamente, pois, na realidade, qualquer valor múltiplo de 5, entre 5 e 45° poderia ser usado para testar, na prática, o conjunto.

O vôo foi efetuado no final da tarde do dia 13 de março de 1993, e as fotografias obtidas numa altura de 200 m do solo.

No vôo aerofotográfico realizado, utilizou-se um filme de 24 exposições para obter fotografias inclinadas das cavas do rio Iguaçu e fotografias verticais das dependências do Graciosa Ultraleve Club de Curitiba. Ambos os locais fotografados estão localizados no município de Piraquara.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do presente trabalho foi um clinômetro eletrônico; um suporte manual que permite a instalação do referido clinômetro e de uma câmara 35 mm e, finalmente, 24 fotografias aéreas resultantes do vôo experimental.

CLINÔMETRO ELETRÔNICO

O formato final do clinômetro eletrônico foi o de um paralelepípedo retangular com as dimensões de 6 x 12,5 x 8,5 cm. Numa de suas faces de 6 x 12,5 cm, a qual deve estar voltada para o fotógrafo, estavam os LEDs que indicam as variações angulares de zero a quarenta e cinco graus e se o aparelho está ligado ou não. Na face oposta colocou-se a chave liga/desliga.

Uma bateria de 9 V fornece a energia elétrica para o funcionamento do aparelho. Ela foi inserida em um compartimento interno, independente do conjunto mecânico-eletrônico, e permitindo a troca de maneira fácil e rápida.

O peso total do clinômetro eletrônico, incluindo a bateria, foi de 320 g.

Quando o clinômetro é ligado, imediatamente acende o LED de cor vermelha, indicando que o aparelho encontra-se em funcionamento. O intervalo de leitura angular é de 5°. Assim, dependendo do ângulo de inclinação em que o aparelho é colocado, acende o correspondente LED (cor amarela) da escala entre 5 e 45°. Entretanto, valores angulares intermediários de 2,5° podem também ser estimados. Exemplificando: o ângulo de 27,5° pode ser caracterizado quando estiverem acesos simultaneamente os LEDs dos ângulos que indicam 25 e 30°.

Como a faixa de funcionamento do clinômetro vai de 0 a 45°, apresenta vantagem também na tomada exclusivamente de fotografias verticais. Além disso, essa variação em graus abrange a maioria das situações práticas de um vôo fotográfico, exceptuando-se as fotografias panorâmicas que possuem ângulo de inclinação próximo de 90°.

Devido ao princípio de funcionamento de pêndulo, o clinômetro deve trabalhar sempre num determinado sentido, havendo necessidade de adaptar a posição da câmara, de maneira a corresponder o movimento do clinômetro com o do ângulo de visada. Na figura 2 mostra-se a câmara e o clinômetro posicionados de maneira a obter fotos inclinadas estando o eixo maior do filme paralelo à linha de vôo.

Em função do tipo de indicadores de leitura usados, em situações de alta luminosidade ambiental, a visualização pode vir a ser um pouco desconfortável.

A maior parte do consumo do aparelho fica por conta dos LEDs. Assim, recomenda-se ligar o clinômetro tão somente nos momentos da tomada de fotos, o que implicará a duração mais prolongada da bateria.

Devido ao pequeno tamanho do clinômetro, este pode ser utilizado também com câmaras 70 mm.

SUPORTE MANUAL

O suporte foi elaborado visando a utilização conjunta do clinômetro eletrônico com uma câmara fotográfica 35 mm equipada com um "winder" (motor). A presença do motor evita que o fotógrafo tenha de posicionar manualmente a próxima exposição do filme.

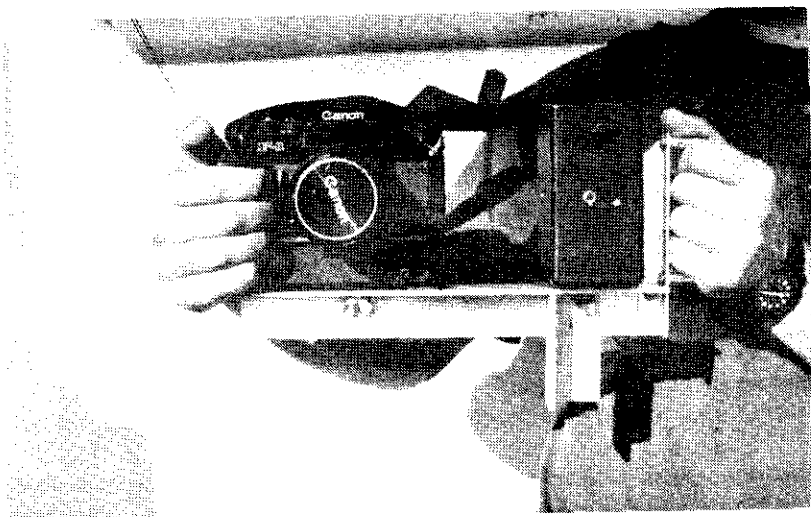


Figura 2 - Suporte manual para uma câmara 35 mm e o clinômetro eletrônico, com a câmara posicionada com o seu eixo maior paralelo à linha de vôo

Figure 2 - Hand-held support for a 35 mm camera and the electronic clinometer, showing the camera with the longest side of film fixed parallel to flight line

O suporte é simples, feito com barras de alumínio de formato L e constituído de três partes.

A primeira parte do suporte mede 31 cm. Serve de fixação para a câmara e o clinômetro, através de parafuso e porca com borboleta. Nela consta um orifício de 1,5 cm de diâmetro que permite acessar o pino da câmara, para o rebobinamento do filme quando este terminar. Esse orifício é necessário quando se usa a câmara Canon F1, mas não para a Yashica FXD, em virtude do referido pino estar na parte traseira do "winder". Apenas essas duas câmaras 35 mm foram testadas no suporte, entretanto, não se prevê nenhuma dificuldade com o uso de outras câmaras 35 mm.

Na segunda peça do suporte, de 14 cm de comprimento e transversal à primeira, foi instalada uma empunhadreira. Através dela e da empunhadreira da câmara, o fotógrafo mantém o suporte. Além disso, para segurança do suporte, são usadas também as alças da câmara.

A terceira peça do suporte mede 8 cm e é transversal à primeira. Ela serve para fixar o clinômetro na segunda posição desejada, proporcionando a obtenção de fotos aéreas estando o eixo maior do negativo transversal à linha de vôo, conforme mostra a Figura 3.

As barras de alumínio usadas para a primeira e terceira peças têm dimensões de 40 x 40 x 3 mm, enquanto a segunda peça tem dimensões de 20 x 20 x 2 mm.

Dois níveis de bolha, em posições transversais, foram instalados, provisoriamente, no suporte manual. Eles facilitam o posicionamento do suporte para tomada das fotografias aéreas 35 mm verticais.

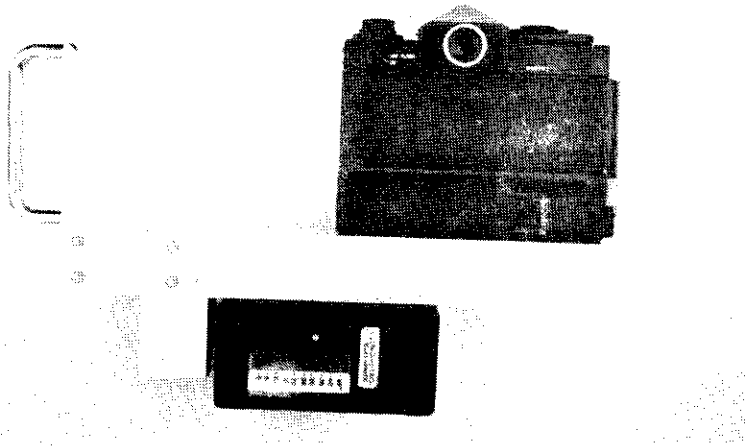


Figura 3 - Suporte manual com o eixo maior da câmara transversal à linha de vôo
Figure 3 - Hand-held support with the longest side of the film transversal to the flight line

O suporte pronto para ser utilizado pesa 2,4 kg, dos quais 70% são devidos ao conjunto câmara-winder.

TESTE DO CONJUNTO SUPORTE-CÂMARA-CLINÔMETRO

As Figuras 4 e 5 mostram dois modos de utilização do suporte, no referido ultraleve, para tomada das fotografias verticais e inclinadas, respectivamente. Embora o conjunto tenha sido testado apenas em ultraleve, o mesmo poderia ser igualmente usado com helicóptero ou avião.

Não houve nenhuma dificuldade em obter as fotografias, verticais e inclinadas, num total de 24. A observação do correspondente LED indicando 15 de inclinação facilitou a tomada das fotografias inclinadas e foi feita sem nenhuma dificuldade. Enquanto que para as fotografias verticais era necessário um pouco mais de atenção devido a observação do correspondente LED e dos dois níveis de bolha.

Verificou-se maior facilidade em usar o suporte paralelo à linha de vôo do que na posição transversal. Isso também ocorre com o uso apenas da câmara fotográfica, sem o clinômetro.

Depois de revelado o filme em laboratório fotográfico comercial, verificou-se que apenas metade das exposições foram obtidas enquanto que o restante estavam escuras. Os motivos, desse sucesso parcial, foram atribuídos ao horário em que foram tomadas as fotografias, 17 h 30 min, e aos valores incorretos do tempo de exposição (1:250 segundos) e abertura do diafragma ($f/11$) utilizados. Devido ao horário e, portanto, com pouca claridade, deveria ter sido usado 1:125 ou 1:60 e $f/8$ ou $f/5,6$. Desse modo, o sucesso parcial não foi devido ao suporte e ao clinômetro e sim utilização inadequada da combinação

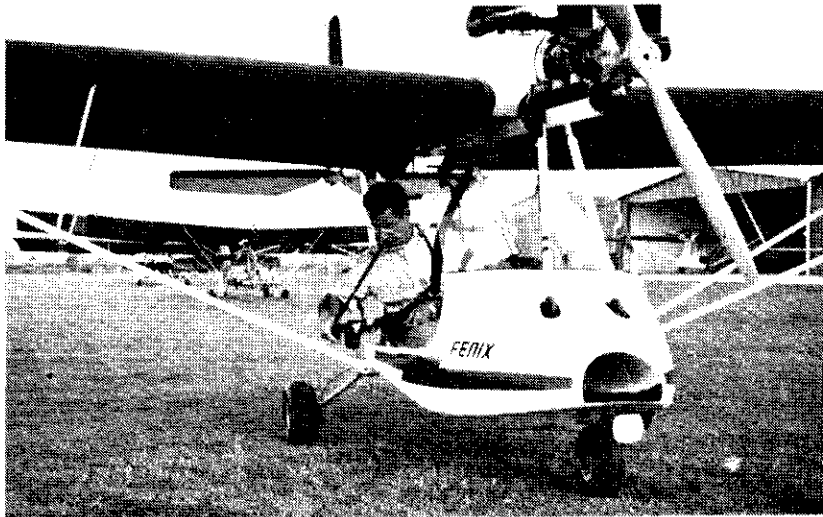


Figura 4 - Suporte manual posicionado para a obtenção manual de fotografias verticais
Figure 4 - Hand-held acquisition of vertical aerial photographs



Figura 5 - Obtenção de fotografias aéreas inclinadas
Figure 5 - Acquisition of hand-held oblique aerial photographs

diafragma e obturador no instante da tomada das fotografias, visto que a câmara utilizada não era automática e sim manual.

A Figura 6 refere-se a uma fotografia obtida com inclinação de 15°, mostrando as cavas do rio Iguaçu.

Embora, apenas um filme fotográfico tenha sido utilizado no vôo teste, verificou-se a possibilidade de efetuar a troca do filme fotográfico na câmara durante o vôo fotográfico. Isso ficou demonstrado com o rebobinamento e a retirada do filme da câmara em pleno vôo. Evidentemente, o pequeno tamanho do suporte favoreceu essa operação, apesar do pouco espaço disponível internamente no ultraleve.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do suporte com o clinômetro eletrônico e a câmara fotográfica 35 mm abre uma nova perspectiva para a tomada manual de fotografias aéreas inclinadas. A vantagem do sistema é o conforto oferecido para o controle da inclinação da visada, principalmente quando se deseja recobrir uma área contígua na qual são necessárias muitas fotografias aéreas e com o mesmo ângulo de inclinação. Em função de sua portabilidade, o conjunto pode ser utilizado com ultraleve, helicóptero ou avião.



Figura 6 - Cavas do rio Iguazu
 Figure 6 - Diggings at Iguazu river

BIBLIOGRAFIA CITADA

- DISPERATI, A. A. 1991. **Obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato.** FUPEF/UFPR, Curitiba, PR. 290 p.
- DISPERATI, A. A. 1993. **O uso do ultraleve para a obtenção manual de fotografias aéreas (35 mm) verticais e inclinadas.** Depto. de Silvicultura e Manejo/UFPR, Curitiba, PR. 118 p.
- FLEMING, J. & DIXON, R. G. 1981. **Basic guide to small-format hand-held oblique aerial photography.** Canada Centre for Remote Sensing, Ottawa. 63 p.
- HARRIS, J. R. & HANEY, T. G. 1973. **Techniques of oblique aerial photography of agricultural field trials.** CSIRO, Canberra. 40 p.
- JOHNSON, R. E & MULVANEY, J. N. 1978. The use of low-oblique aerial photography for environmental management in Elliot Lake area. In: **Fifth Canadian Symposium on Remote Sensing**, Victoria. p. 396-8.
- KIEFER, R. W. 1970. Effects of date of photography on airphoto interpretation using color and color infrared films. In: **International symposium on photography and navigation**, Columbus, Ohio. p. 100-17.
- NIEDZWIEDZ, W. R. & GANSKE, L. W. 1991. Assessing lakeshore permit compliance using low altitude oblique 35 mm aerial photography. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 57(5):511-518.
- PAINE, D. 1984. **Aerial photography & image interpretation for resource management.** J. Wiley, New York. 571 p.

TOZZINI, D. S. 1984. *Avaliação dos danos causados por incêndios florestais em Pinus taeda através de fotografias aéreas e imagens de satélite*. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, PR. 85 p.

WARNER, W. S. & CARSON, W. W. 1992. Development of a monoscopic measurement system for small format oblique photography. *Photogrammetric Record*, 14(80):303-311.

AGRADECIMENTOS

Ao aeromodelista Giulio Baraldi pelo desenvolvimento e montagem do suporte.

Ao Dr. Elygton Luiz Rosa pela realização de um vôo fotográfico com o ultraleve para o teste do suporte manual contendo uma câmara 35 mm e o clinômetro eletrônico.

Trabalho submetido em 20.11.93 e aceito em 20.12.93