

---

## ORTORRETIFICAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS DE PEQUENO FORMATO OBTIDAS COM CÂMARA DIGITAL CONVENCIONAL

LEONARDO FIGUEIREDO DE MENESES  
Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba – CEFET-PB  
Coordenação de Tecnologia em Geoprocessamento  
lfmeneses@hotmail.com

ELAINE CRISTINA TEIXEIRA PEDROSA DE FIGUEIREDO  
Axis Consultoria Ltda  
elaine.pedrosa@hotmail.com

EUGÊNIO PACELLI FERNANDES LEITE  
Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba – CEFET-PB

---

**RESUMO** – Este trabalho apresenta uma metodologia alternativa aos procedimentos convencionais da fotogrametria, de tal modo a proporcionar redução nos custos envolvidos em tais procedimentos. Os altos custos envolvidos nos processos fotogramétricos convencionais acabam por acarretar na cobrança de valores bastante elevados por parte das empresas prestadoras de tal tipo de serviço. A metodologia adotada nesta pesquisa alia o uso de uma câmara digital convencional à uma aeronave de pequeno porte como plataforma aérea para obtenção de fotografias aéreas de pequeno formato. As fotografias obtidas com tais equipamentos foram submetidas ao procedimento de ortorretificação no software GRASS, visando atenuar as distorções relacionadas com a geometria das fotografias, as variações do relevo e às imperfeições ocasionadas pelo sistema da câmara. A avaliação da qualidade da ortorretificação das fotografias foi realizada pelo enquadramento das ortofotos geradas com o Padrão de Exatidão Cartográfica Brasileiro, definido pelo Decreto Lei Nº 89.817/ 1984, do IBGE. Os resultados obtidos permitiram o enquadramento das ortofotos em condições que apontam para a viabilidade de sua utilização para o desenvolvimento de pesquisas em escalas médias, podendo ser melhorada tal escala com o desenvolvimento de estudos complementares à este trabalho.

**ABSTRACT** - The object of this study is to present an alternative to the conventional procedure of Photogrammetry so enabling a reduction of the incurred costs. Photogrammetry is one of the principal techniques used to obtain basic cartographic data. It uses specialized instruments to obtain precise measurements of the photographed surface. It follows that the high cost of these specialized instruments is reflected in the charges made by the service companies. The method used in this research study involves a conventional digital camera and an ultra-light aircraft as the aerial platform to obtain small format aerial photographs. The photographs taken with this equipment were processed using the GRASS software for ortorectification so attenuating the geometric distortions, relief variations and imperfections of the camera system. The evaluation of the quality of the photographs was done by comparing the planimetric coordinates obtained from the photographs with the coordinates obtained in the field so as to classify the resulting ortophotos with the Brazilian Standard of Cartographic Precision. The results obtained allow the ortophotos to be classified as Class B, scale 1:5.000 which indicates their suitability for use as a data source for research projects of medium scale and yet still allowing for improvements with further development of this study.

---

### 1 INTRODUÇÃO

Dentre os processos utilizados para produção cartográfica de grandes áreas, o mais comum é o aerofotogramétrico (ROSETTE, 1999), ou seja, aquele que utiliza câmaras fotográficas de alta performance embarcadas em algum tipo de plataforma aérea de modo a obter fotografias com características tais que tornam

possível sua utilização na confecção de cartas e mapas. Entretanto, os equipamentos convencionalmente utilizados na aerofotogrametria são extremamente caros, o que termina por encarecer também o valor dos serviços executados.

Como conseqüência, observa-se um grande déficit espacial e temporal no mapeamento do território nacional. Segundo dados do CONSELHO NACIONAL DE

CARTOGRAFIA - CONCAR, apenas 1% na escala 1:25.000.

Como os processos de ocupação e transformação dos usos da terra são extremamente dinâmicos, ocorre que os levantamentos realizados tornam-se defasados rapidamente, sendo necessária a repetição periódica dos levantamentos visando manter as bases cartográficas atualizadas, o que quase nunca é conseguido, haja vista os custos envolvidos.

Nesse contexto é que se encaixa a presente pesquisa que tem como objetivo utilizar uma metodologia alternativa para geração de bases cartográficas, em especial em grandes escalas e para áreas relativamente reduzidas, visando redução de custos para as instituições financiadoras de tais levantamentos.

A metodologia aplicada envolve a utilização de fotografias aéreas obtidas por câmaras fotográficas digitais de uso convencional embarcadas em uma aeronave de pequeno porte para a confecção de bases cartográficas em escalas médias e grandes.

Para tanto, torna-se necessária a adoção de procedimentos que visem corrigir as distorções geométricas presentes neste tipo de mídia.

As principais vantagens de tal metodologia são os custos relativamente baixos dos equipamentos envolvidos, em especial a câmara e a aeronave. No que diz respeito ao tratamento das imagens obtidas, atualmente já existem bons *softwares* para tratamento de imagens com custos não tão elevados e até mesmo *softwares* gratuitos e/ou livres, como é o caso do *Geographic Resources Analysis Support System – GRASS (GRASS DEVELOPMENT TEAM, 2006)*, utilizado neste trabalho.

Cabe salientar, de antemão, que não se pretende que as fotografias aéreas obtidas através desta metodologia sejam substitutas daquelas obtidas através dos tradicionais procedimentos fotogramétricos. O que se espera, na verdade, é o desenvolvimento de um produto complementar às técnicas tradicionais e que disponha de qualidades mínimas que o habilitem a serem utilizados em aplicações como: revisão do cadastro fiscal e imobiliário; identificação de áreas de expansão urbana; identificação de ocupações clandestinas; planejamento de tráfego; obtenção de informações ambientais; monitoramento de recursos naturais, dentre outras aplicações.

## 2 DISTORÇÕES GEOMÉTRICAS EM FOTOGRAFIAS

As fotografias, tanto analógicas como digitais, são geradas a partir de uma projeção cônica central, diferentemente das cartas topográficas que apresentam uma perspectiva ortogonal (Figura 01). Tal característica acarreta distorções que podem afetar a qualidade métrica da fotografia, a tal ponto de inviabilizar seu uso na elaboração de bases cartográficas.

As distorções ocasionadas pelo sistema de projeção das câmaras fotográficas são radioconcêntricas, de modo que, quanto mais distante os objetos estejam do centro das fotografias, maiores serão as distorções. A

Figura 02 apresenta um exemplo de distorção ocasionada pelo sistema de projeção das fotografias, onde edificações elevadas apresentam-se com aspecto inclinado quanto mais distante do centro da fotografia estes se encontram.

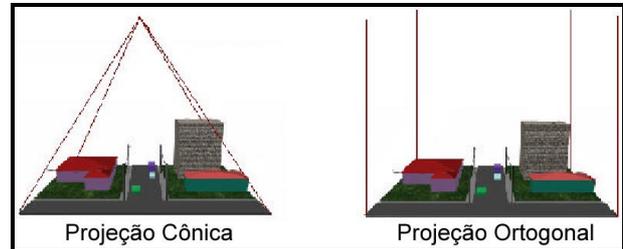


Figura 01 – Esquema genérico das projeções utilizadas nas câmaras fotográficas (esquerda) e em uma carta topográfica (direita). Adaptado de Brito e Coelho (2002).

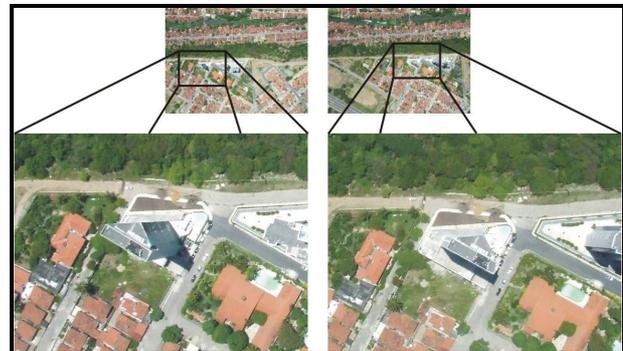


Figura 02 – Exemplo de distorção projetiva em objetos altos.

Assim, para a utilização das fotografias com finalidades cartográficas de precisão, torna-se necessário a realização de alguns procedimentos voltados à atenuação de tais variações. A principal técnica utilizada nesse processo é a ortoretificação das fotografias, através da qual se realiza a conversão do sistema de projeção das fotografias, passando-se do sistema cônico para o ortogonal. Além da correção do sistema de projeção, este processo também possibilita a atenuação de outras distorções como aquelas relacionadas com o relevo e com variações da estação de exposição ocorridas durante o voo.

Apesar de a maioria das fotografias aéreas utilizadas em mapeamento serem obtidas com câmaras aerofotogramétricas, muitas aplicações têm sido bem sucedidas adotando-se câmaras de 35 mm e 70 mm embarcadas em pequenos aviões para o registro e análise de pequenas áreas. A tal tipo de câmara tem sido convencionalizado o uso do termo câmara não-métrica ou câmara de pequeno formato, e as fotografias por elas obtidas têm sido denominadas de fotografias aéreas de pequeno formato, ou simplesmente FAPEF.

## 3 FOTOGRAFIA AÉREA DE PEQUENO FORMATO – FAPEF

A denominação “pequeno formato” atribuída a este tipo de equipamento deve-se ao fato dos negativos serem de dimensões bem inferiores ao das câmaras métricas. No caso das câmaras digitais que, ao invés de utilizarem filmes, utilizam sensores para captação das imagens, o termo pequeno formato seria ainda mais adequado, já que os sensores são, geralmente, menores que os negativos convencionalmente utilizados na fotografia amadora.

Dentre os principais atrativos para a utilização das câmaras de pequeno formato, apresentam-se a simplicidade na operação aliada a um baixo custo de aquisição e operação de tais equipamentos. Disperati (1995) cita, ainda como vantagens, os seguintes aspectos: flexibilidade na utilização de variados tipos de filmes fotográficos (colorido, infravermelho, preto e branco); obtenção de fotografias aéreas com a necessidade de pouco planejamento anterior; uso de tipos variados de aeronaves como plataforma aérea (balão, helicóptero, ultraleve, aeromodelo radiocontrolado).

No que se refere ao tratamento das FAPEF, estas devem ser processadas por métodos analíticos, utilizando-se microcomputadores e *softwares* com funcionalidades específicas. Segundo Kölbl (1976, apud VASCO; RIBEIRO, 2000), esta método (analítico) pode alcançar as mesmas precisões dos métodos convencionais da fotogrametria.

Segundo Silva et al (2005), o uso de câmaras fotográficas de pequeno formato apresenta como inconvenientes:

- a necessidade de um número maior de imagens para recobrir a mesma área recoberta por uma fotografia aérea convencional;
- distorções geométricas maiores que nas câmaras fotogramétricas;
- dificuldade de conseguir a superposição planejada devido à variações de velocidade durante o vôo;
- dificuldade em manter o vôo estável e na rota planejada devido a maiores turbulências em vôos a baixa altitude.

Disperati (1991) aponta que, nos últimos anos, tem se tornado popular a obtenção e o uso das FAPEF principalmente em aplicações relacionadas com o meio ambiente, engenharia e planejamento. Todavia, já existem estudos procurando avaliar a potencialidade das FAPEF para o mapeamento topográfico, como meio de extração de dados para Sistemas de Informações Geográficas – SIG, e produção de Modelos Digitais de Terreno – MDT.

A expansão da utilização das câmaras de pequeno formato em trabalhos de mapeamentos está associada aos altos custos dos processos fotogramétricos convencionais, o que tem despertado o interesse de empresas e instituições de pesquisa nas FAPEF. A utilização de plataformas aéreas mais simples, como ultraleves e helicópteros, aparelhadas com receptores do Sistema de Posicionamento Global – GPS (do inglês *Global Positioning System*) para auxílio na navegação e controle do vôo possibilita um grande ganho de qualidade e

produtividade, aumentando ainda mais as perspectivas de utilização das FAPEF.

Ainda segundo Silva et al (op cit), estas desvantagens são amenizadas com o aumento da resolução das câmaras, com a calibração das mesmas e com a utilização de equipamentos de apoio ao vôo.

#### 4 ORTORRETIFICAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

Para o processo de ortorretificação, deve-se conhecer a configuração geométrica das fotografias. Esta configuração é dependente de dois conjuntos de dados: orientação exterior e orientação interior.

A orientação exterior agrupa os elementos que definem a posição da câmara em relação a um referencial no momento da exposição. No caso de procedimentos digitais, como o utilizado neste trabalho, a orientação exterior pode substituir a orientação relativa e a absoluta, utilizadas na fotogrametria analógica (BRITO; COELHO, 2002).

Em cada exposição realizada pela câmara durante o vôo, a mesma assume uma orientação angular que pode ser relacionada a algum sistema de coordenadas externo, à tal orientação, denomina-se atitude (OLIVEIRA, 1987). A determinação da atitude se dá pelo conhecimento das coordenadas tridimensionais (X, Y, Z) da estação de exposição em um dado sistema de coordenadas, e pelo conhecimento dos ângulos de rotação da câmara no momento da exposição (orientação angular – Figura 03).

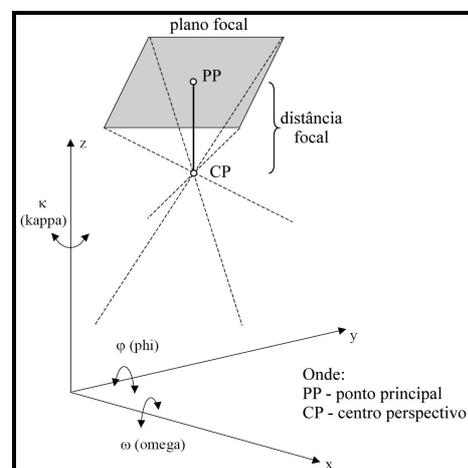


Figura 03 - Orientação de uma fotografia aérea no sistema  $\omega$ ,  $\phi$  e  $\kappa$  (adaptado de LINDER, 2006).

Para qualquer fotografia inclinada existe um único conjunto de ângulos  $\omega$ ,  $\phi$  e  $\kappa$  que define a orientação angular da fotografia em relação ao sistema de coordenadas terrestres a ser adotado (VASCO; RIBEIRO, 2000).

Enquanto que a orientação exterior caracteriza a fotografia em relação a um sistema de referência externo, a orientação interna referencia a fotografia em relação à própria câmara (BRITO; COELHO, 2002). Compõe-se por dois elementos: distância focal calibrada, constante no

certificado de calibração da câmara (no caso das câmaras métricas); e coordenadas fotográficas das marcas fiduciais.

As câmaras de pequeno formato não apresentam as marcas fiduciais, dificultando um pouco mais a definição da orientação interior. Entretanto, tais câmaras, assim como as métricas, podem ser calibradas, de modo a definir tais elementos.

A utilização de procedimentos digitais para a realização da ortorretificação no conhecimento e disponibilidade de três componentes: uma imagem, que pode ser analógica ou digital; parâmetros de orientação interior e exterior da câmara; e um modelo digital do terreno – MDT (SANTOS et all, 2000).

Os parâmetros de orientação interior dizem respeito à distância focal da câmara e às coordenadas das marcas fiduciais, que devem ser informadas ao sistema computacional adotado de modo que o mesmo realize o ajustamento dos dados para obter os coeficientes de transformação entre o sistema imagem e o sistema câmara (BRITO; COELHO, 2002).

Os parâmetros de orientação exterior são os ângulos de Euler. No caso da ortorretificação de fotografias individuais, como a utilizada neste trabalho, a orientação exterior é também denominada de Resseção Espacial (ARRUDA JUNIOR et all, 2000) e baseia-se na utilização das coordenadas de pontos de controle obtidos com base em cartas topográficas ou em levantamentos de campo.

O terceiro elemento a ser utilizado é o MDT. Este pode ser gerado por amostras do tipo ponto ou por linhas de igual valor da componente z, denominadas de isolinhas. As fontes de dados para as amostras são bem diversificadas podendo, as mesmas, serem adquiridas em cartas topográficas, levantamento de campo, dados de sensoriamento remoto. No caso da ortorretificação, o MDT é utilizado para a correção das distorções presentes nas fotografias, oriundas das variações do relevo da área fotografada.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Generalidades

Para a execução desta pesquisa, utilizou-se, basicamente, de sistemas computacionais para a correção das fotografias aéreas e de receptores GPS do tipo topográfico para rastreamento de pontos de controle a serem utilizados na ortorretificação.

Foram utilizadas fotografias aéreas obtidas a partir de um voo executado no dia 07 de outubro de 2006, entre 9:50 h e 10:50 h da manhã pela empresa Axis Consultoria, com sede em João Pessoa – PB, e que, gentilmente cedeu algumas destas fotografias para a realização desta pesquisa.

As fotografias foram obtidas por uma câmara da marca Fuji, modelo Finepix S5600 (Figura 04), com distância focal de 6,3 mm no momento da exposição. À câmara, foi acoplado um nível de bolha, visando

possibilitar a manutenção da verticalidade do eixo ótico da mesma durante o processo de tomada das fotografias. A plataforma utilizada para aquisição das fotografias aéreas foi um ultraleve modelo Fox V4 (Figura 05), fabricado pela empresa Starflight Indústria Aeronáutica Ltda, e o voo foi apoiado por equipamentos GPS de navegação.



Figura 04 – Câmara fotográfica utilizada na pesquisa.



Figura 05 – Aeronave utilizada na obtenção das fotografias.

As fotografias utilizadas recobrem parte do bairro da Penha, localizado no litoral sul do município de João Pessoa – PB, mais precisamente entre as latitudes 7° 08' 29,76" S e 7° 11' 59,14" S e as longitudes 34° 50' 12,69" W e 34° 47' 57,22" W.

Para os testes aqui executados, foram selecionadas duas fotografias. Uma registrando uma porção plana da área e outra com uma variação aís significativa do relevo na área registrada. Optou-se por tais fotografias para tornar possível a verificação da influência do relevo sobre o processo de correção das fotografias. As Figuras 06 e 07 apresentam as duas fotografias selecionadas para ortorretificação.

Como fonte de dados para o MDT, utilizou-se os pontos cotados obtidos a partir do Mapa Urbano Básico do Município de João Pessoa – MUBJP, elaborado pela Prefeitura Municipal, juntamente com um modelo criado por Leite et al (2006) para a Bacia do Rio Cabelo, onde está inserida a área de estudo, tendo sido os pontos cotados utilizados para um refinamento do modelo já existente.

Os pontos de controle foram rastreados utilizando-se um par de receptores GPS Ashtech, modelo Pro-Mark 2. Para a ortorretificação, e posterior verificação da

qualidade do procedimento, foram definidos 45 pontos distribuídos nas duas fotografias. Destes, 11 foram utilizados como controle para a primeira fotografia e 14 para a segunda, sendo o restante dos pontos utilizados para aferição (pontos de teste) do processo de ortorretificação.



Figura 06 – Fotografia com relevo plano, selecionada para ser utilizada no processo de ortorretificação (Fotografia 01).



Figura 07 – Fotografia com relevo acidentado, selecionada para ser utilizada no processo de ortorretificação (Fotografia 02).

A definição da qualidade final dos produtos gerados se baseou no estabelecido pelo Decreto N.º 89.817 (BRASIL, 1984), que estabelece o padrão de exatidão cartográfica brasileiro.

Como a câmara utilizada não dispunha de um certificado de calibração que indicasse o valor da distância focal e demais elementos de orientação interior, adotou-se o valor de 6,3 mm indicado no manual como sendo o verdadeiro, tomando-se apenas o cuidado de convertê-lo para o correspondente das câmaras analógicas. Como marcas fiduciais, foram utilizados pixels localizados próximo às bordas das fotografias, conforme apresentado na Figura 08.

## 5.2 Ortorretificação

Como indicado anteriormente, o *software* utilizado para realizar o processo de ortorretificação foi o GRASS, em sua versão 6.3. O GRASS (do inglês *Geographic Resources Analysis Support System*), é um SIG de distribuição livre e cuja licença se baseia na Licença Pública Geral – GPL (do inglês *General Public License*), do projeto GNU (mais detalhes em [www.gnu.org](http://www.gnu.org)).



Figura 08 – Identificação e destaque dos pixels a serem utilizados como marcas fiduciais.

A primeira etapa do processo consistiu na elaboração do MDT e, para tanto, utilizou-se o modelo *Regularized Spline Tension Interpolation From Vector Points or Contours* (Interpolação por tensão regularizada de *Spline* a partir de pontos ou curvas de nível vetoriais), do módulo *v.surf.rst*.

Uma vez gerado o MDT, passou-se ao processo de ortorretificação propriamente dito, utilizando-se o módulo *i.orto.photo*. Executando este módulo, o usuário deverá seguir as seguintes etapas: selecionar o grupo de imagens a serem ortorretificadas; selecionar os parâmetros cartográficos para as fotografias resultantes do processo; selecionar o MDT; informar os parâmetros da câmara utilizada; informar os parâmetros de orientação interior e exterior das fotografias e realizar a transformação entre o sistema de coordenadas das fotografias para o sistema de coordenadas cartográfico.

Após a execução da ortorretificação, realizou-se o enquadramento dos produtos gerados de acordo com as normas apresentadas no Decreto N.º 89.817 (BRASIL, 1984), o qual apresenta o Padrão de Exatidão Cartográfica Brasileiro – PEC, e a classificação dos produtos cartográficos. Vale apenas lembrar que o enquadramento se dá com base no Erro Médio Quadrático – EMQ, de pontos de teste obtidos no produto cartográfico em relação às coordenadas dos mesmos pontos no terreno.

## 6 RESULTADOS

Após executados todos os procedimentos da ortorretificação, pôde-se observar a qualidade da correção

das fotografias, através da análise do EMQ das ortofotos geradas.

Como a avaliação é realizada sobre 90% dos pontos de teste, pôde-se excluir o ponto que apresentou maior erro em cada uma das fotos. Assim, o EMQ da Fotografia 01 ficou estabelecido em 1,46 metros, enquanto que o EMQ da segunda fotografia apresentou o valor de 1,68 metros.

Para facilitar a visualização da dispersão dos erros dos pontos de teste obtidos das fotografias ortorretificadas em relação às coordenadas corretas, desenvolveu-se um gráfico no qual as escalas de referência são representadas por círculos concêntricos. Cada círculo corresponde à uma escala e o raio do círculo corresponde ao PEC correspondente na respectiva escala. Por exemplo, o círculo que representa a escala 1:10.000 tem um raio de 5

metros. Para esta pesquisa, foram utilizados círculos representativos das escalas 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 e 1:1.000. Quanto menor a escala, maior o círculo, uma vez que o PEC também é maior.

O centro dos círculos corresponde ao erro de valor zero e, à medida que o ponto se afasta do centro do círculo, o valor do erro das coordenadas planimétricas aumenta.

Foi criado um gráfico para cada uma das fotografias submetidas ao processo de ortorretificação (Figuras 09 e 10). Cada uma das figuras geradas para as fotografias ortorretificadas apresenta os gráficos para as Classes A, B e C dos produtos cartográficos.

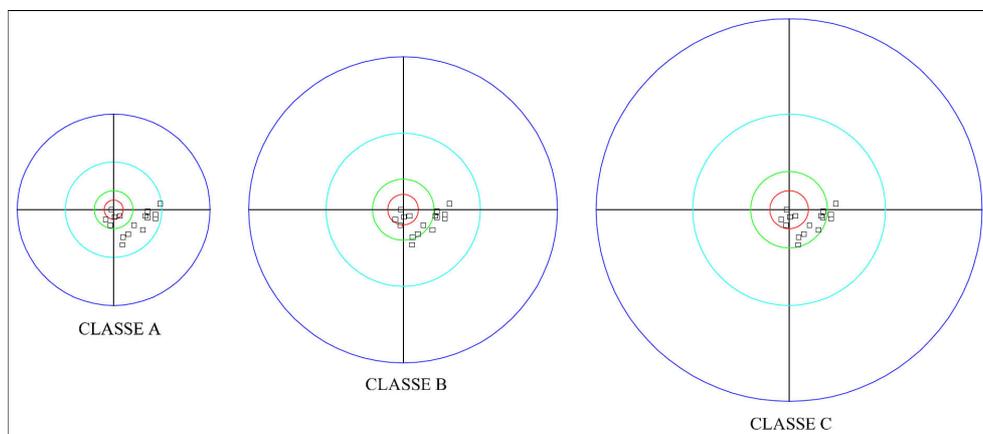


Figura 09 – Distribuição dos erros planimétricos dos pontos de teste da Ortofoto 01 em relação ao PEC para as escalas 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 e 1:1.000 e às classes dos produtos cartográficos.

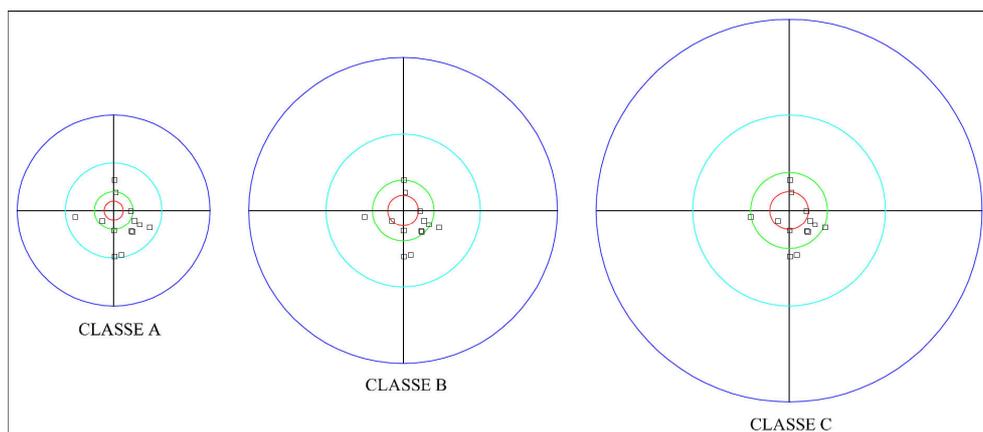


Figura 10 – Distribuição dos erros planimétricos dos pontos de teste da Ortofoto 02 em relação ao PEC para as escalas 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 e 1:1.000 e às classes dos produtos cartográficos.

Avaliando-se as ortofotos geradas, sob a ótica do Decreto N.º 89.817 (BRASIL, 1984), chegou-se à conclusão de que, tanto a ortofoto 01 quanto a 02, puderam ser enquadradas como sendo de Classe B, para a escala 1:5.000 ou de Classe A para a escala 1:10.000.

As Tabelas 01 e 02 apresentam o resumo do enquadramento para cada uma das fotografias ortorretificadas de acordo com o estabelecido pelo

Decreto N.º 89.817/ 1984 do IBGE, em comparação às escalas mais comumente utilizadas em trabalhos cartográficos.

Pôde-se observar, ao final do processo de avaliação da qualidade das fotos ortorretificadas, uma pequena vantagem da Fotografia 1 em relação à segunda. Tal fato pode estar relacionado à variação do relevo existente na Fotografia 2. Em casos como este, onde a

amplitude altimétrica é elevada e, o mais importante, a variação é abrupta, deve-se dispor de um MDT de muito boa qualidade, de modo a que tais variações sejam muito bem representadas, possibilitando uma transformação da fotografia mais fiel ao que se apresenta no espaço objeto.

trabalho é bastante satisfatório, tornando possível a utilização dos produtos gerados em aplicações diversas, não somente para mapeamento temático, mas também para extração de medidas precisas, tomando-se o devido cuidado de se utilizar as escalas adequadas.

Tabela 01 – Enquadramento da Ortofoto 01 de acordo com o PEC brasileiro.

Escala	Maior erro entre os pontos de teste	EMQ da Ortofoto 01	Classe Cartográfica
1:500	2,87 m	1,46 m	-
1:1.000			-
1:2.000			-
1:5.000			B
1:10.000			A

Tabela 02 – Enquadramento da Ortofoto 02 de acordo com o PEC brasileiro.

Escala	Maior erro entre os pontos de teste	EMQ da Ortofoto 02	Classe Cartográfica
1:500	2,56 m	1,68 m	-
1:1.000			-
1:2.000			-
1:5.000			B
1:10.000			A

Para realçar o resultado do processo de ortoretificação, explicitando visualmente o ajuste das fotografias ao relevo da área de estudo, gerou-se uma imagem tridimensional (Figura 11), através do módulo *n.viz*, do GRASS, com as fotografias ortoretificadas, dispostas em forma de mosaico sobre o MDT. Nesta imagem, mais exatamente em seu lado esquerdo, pode ser observada a quebra do relevo ocasionada pela falésia e o ajuste das edificações ao relevo.



Figura 11 – Imagem tridimensional das fotografias ortoretificadas sobre o MDT.

Percebe-se, ainda, na Figura 11, uma variação no brilho das duas fotografias utilizadas no mosaico. Esta diferença se deve à intensidade da luminosidade solar no momento da exposição. Através de recursos de tratamento digital de imagens, tal diferença pode ser amenizada possibilitando a montagem de um mosaico no qual a transição entre as fotografias seja mais suave.

Vale salientar que adotou-se a fotografia inteira como área útil para trabalho, enquanto que nos procedimentos convencionais da fotogrametria apenas parte das fotografias é utilizada para a elaboração dos produtos cartográficos. Tal área é justamente aquela que apresenta recobrimento entre fotografias sucessivas. A adoção de tal técnica para as fotografias de pequeno formato podem ajudar a reduzir os erros do produto final, haja vista que, por se utilizar de distâncias focais reduzidas, o erro devido à distorção radial tende a ser mais elevado do que nas fotografias convencionais.

O mosaico entre as fotografias, também executado no GRASS, pode ser visto como uma forma de avaliar o resultado final das operações de ortoretificação, uma vez que, através da transição dos elementos registrados, de uma fotografia para a outra, se deu sem distorções muito bruscas. Um bom exemplo são as vias de acesso que se apresentaram bem ajustadas na junção das duas fotografias.

Alguns procedimentos poderão ser implementados, em trabalhos posteriores, visando uma melhoria nos resultados obtidos, sendo o principal deles, a calibração da câmara para determinação mais precisa de sua distância focal, do ponto principal e das distorções ocasionadas pelo sistema de lentes da mesma.

Outros elementos também poderão ser testados, como a utilização de uma aeronave de um porte maior, para vôos em maiores altitudes, visando um maior recobrimento do terreno por foto. Certamente os efeitos devido à ação do vento e variação da velocidade poderão ser minimizados no caso de utilização de uma aeronave mais robusta. Vale lembrar que o procedimento do vôo é o que acarreta o maior custo na fotogrametria e também é a etapa onde pode ocorrer a maior parte dos problemas que afetarão a qualidade final das fotografias.

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 01 e 02, conclui-se que o resultado obtido utilizando-se os procedimentos descritos ao longo deste

Como já foi dito no início do trabalho, não se pretende que a metodologia aqui apresentada substitua a

fotografias aéreas convencionais, apenas pretende-se que a mesma sirva de alternativa àquelas entidades que não disponham de elevadas somas para financiar os aerolevantamentos tradicionais.

Em suma, almeja-se que, com o desenvolvimento de pesquisas que complementem este trabalho, a metodologia possa ser ainda mais aperfeiçoada e melhorada, possibilitando o uso das fotografias aéreas de pequeno formato para um número ainda maior de aplicações, em especial aquelas que envolvam elementos de precisão.

## REFERÊNCIAS

ARRUDA JUNIOR, E.R.; HASEGAWA, J.K.; IMAI, N.N. Atualização Cartográfica Baseada em Imagens Digitais Retificadas. In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC 2000**. Florianópolis [s.n.]. 2000.

BRASIL. Decreto Nº 89.817, de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília [s.n.], 1984.

BRITO, J.N.; COELHO, L. **Fotogrametria Digital**. Instituto Militar de Engenharia. 1a Ed. Rio de Janeiro [s.n.]: 2002.

DISPERATI, A.A. **Obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato**. Curitiba: Editora da UFPR, 1991. 290p.

DISPERATI, A.A. **Fotografias Aéreas Inclinadas**. Curitiba: Editora da UFPR, 1995. 113p.

GRASS DEVELOPMENT TEAM, 2006. **Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software**. ITC-irst, Trento, Itália. Disponível em: <http://grass.itc.it>

LEITE, E.P.F. GUERRA, H.O.C. ANDRADE, R.A.S. AZEVEDO, C.A.V. Modeling Catchment Hydrological Landscape Using the Regularized Tension Spline Software. In: **ASAE Annual Meeting**. 2006.

LINDER, W. **Digital Photogrammetry: A Practical Course**. New York: Springer. Second Edition, 2006. 214pp.

OLIVEIRA, C. **Dicionário Cartográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 3ed, 1987. 645p.

ROSETTE, A.C. **Emprego de Fotografias Aéreas Não-Métricas em Atualização Cartográfica**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Cartográfica. Rio de Janeiro: IME. 1999. 86p.

SANTOS, D.R. et al. Aplicação de Câmaras Digitais na Produção de Ortofotocarta. In: **Congresso Brasileiro de**

**Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC 2000**, Florianópolis [s.n.]. 2000.

SILVA, D.C.; MELO, I.D.F.; OLIVEIRA, R.N.Q. Alta resolução com uso de câmaras digitais de baixo custo para mapeamento. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2005, Goiânia. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: Inpe, 2005. v. 1. p. 1-8.

VASCO, L.S.T.; RIBEIRO, J.C. Subsídios para Obtenção e Atualização de Base Cartográfica a partir de Fotografias Aéreas de Pequeno Formato. In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC 2000**, Florianópolis [s.n.]. 2000.