

# Uma aplicação fotogramétrica digital no auxílio do controle do tráfego naval no canal de Rio Grande - RS

Glauber Acunha Gonçalves<sup>1</sup> Edson Aparecido Mitishita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Prof. Dr. Centro de Ciências Computacionais da FURG  
Av. Itália, km 8, s/n. C. Carreiros. CP 474. CEP 96211-560 - (53) 32336949 - Rio Grande –  
RS

[glaubergoncalves@furg.br](mailto:glaubergoncalves@furg.br)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Departamento de Geomática da Universidade Federal do Paraná  
Centro Politécnico – J. das Américas. CP 19001. CEP 81531-990 (41) 33613161 – Curitiba –  
PR

[mitishita@ufpr.br](mailto:mitishita@ufpr.br)

**RESUMO:** O presente estudo trata o uso de técnicas de fotogrametria digital, especialmente o método das fotos convergentes, para obtenção de parâmetros geométricos de embarcações que trafegam o canal do Porto do Rio Grande. Um experimento com o uso de duas câmaras iguais, colocadas estrategicamente à margem do canal, acionadas de forma sincronizada por plataforma computacional é utilizado para comprovação da viabilidade da técnica e para estudos de precisão do método.

**PALAVRAS-CHAVE:** fotogrametria digital, trafego naval.

**ABSTRACT:** This study presents a digital photogrammetric technique to obtain geometric parameters of ships in the Rio Grande's Channel, RS, Brazil. The method especially used is the convergent pictures. An experiment with the use of two cameras, strategically placed in the margin of the channel, synchronized and activated by computer platform, was used and proved the viability of the technique. Although in prototype version, the assembled system can be classified as sufficiently precise.

**KEYWORDS:** digital photogrammetry, naval traffic

## 1. INTRODUÇÃO

A popularização das câmaras fotográficas digitais, que tomaram de assalto o mercado ordinário da fotografia na última década, trouxe uma nova perspectiva também para o uso da fotogrametria nas aplicações especializadas. Dois aspectos fundamentais para isso serão desenvolvidos no primeiro tópico abordado nesse artigo: a evolução tecnológica do equipamento e seu custo. Em seguida serão apresentados os principais objetos metodológicos da obtenção e processamento dessas imagens com a finalidade de efetuar registros da dimensão e da posição tridimensional dos objetos no campo de visão de tais dispositivos. Finalmente será mostrada uma típica aplicação para auxílio ao controle do tráfego naval junto a estruturas portuárias, mais especificamente para a métrica de embarcações.

## 2. CÂMARAS FOTOGRÁFICAS DIGITAIS

O componente da câmara fotográfica que a caracteriza, e aquele que têm experimentado maior evolução, evidentemente, é o sensor. Baseados nas propriedades fotossensíveis dos semicondutores foram inseridos no mercado comercial os CCD (dispositivos acumuladores de carga elétrica), os CMOS (semicondutores metal-óxido complementares) e, mais recentemente, os JFET (transistores de efeito de campo). Todos dispositivos rígidos (condição básica para utilização métrica das imagens por eles obtidas), especialmente configurados para obter imagens coloridas de alta definição, em função de sua resolução radiométrica e espacial. Em relação a esse último parâmetro, a resolução espacial, é notável a forma como se multiplicou o número de células sensoras do dispositivo em tão curto intervalo de tempo e hoje já dominam o mercado câmaras com baixo custo (inferior a US\$500,00) que obtêm imagens de mais de 6 Megapíxeis (Mpx). Essa informação torna-se importante no escopo de um estudo como o ora apresentado na medida em que tal equipamento pode ser utilizado com instrumento preciso de medida dos objetos em um cenário tridimensional, especialmente nos casos em que mais de uma câmara deve ser utilizada simultaneamente.

No caso do experimento realizado foram utilizadas duas câmaras de mesma marca e modelo, acionadas simultânea e automaticamente por microcomputadores com relógios internos sincronizados por GPS. As câmaras utilizadas foram do modelo Coolpix 885, com distância focal de aproximadamente 7 mm e CCD do tipo 1/1.8", cujas dimensões são 7,176 x 5,319 mm, comportando 2048 x 1536 píxeis. Cada célula do CCD possui assim 3,5 µm. Esses dados são fundamentais para modelagem matemática das aplicações fotogramétricas.

## 3. FOTOTRIANGULAÇÃO

São bastante conhecidas, e ainda estão sendo desenvolvidas, muitas técnicas para a partir de um conjunto de imagens fotográficas obter coordenadas tridimensionais de objetos do mundo real. A princípio, se existem duas imagens obtidas de posições distintas da mesma cena e se são dados os parâmetros intrínsecos da câmara (distância focal e modelo de distorção das lentes) e os parâmetros de orientação do eixo óptico, há solução para o problema, e essa solução passa pelo ajustamento das observações feitas sobre as imagens e uso do modelo matemático expresso pela equação da colinearidade:

$$x = -f \frac{(X - X_o_1)(\cos \Phi_1 \cos K_1) + (Y - Y_o_1)(\cos \Omega_1 \sin K_1 + \sin \Omega_1 \sin \Phi_1 \cos K_1) + (Z - Z_o_1)(\sin \Omega_1 \sin K_1 - \cos \Omega_1 \sin \Phi_1 \cos K_1)}{(X - X_o_1)(\sin \Phi_1) - (Y - Y_o_1)(\sin \Omega_1 \cos \Phi_1) + (Z - Z_o_1)(\cos \Omega_1 \cos \Phi_1)}$$
$$y = -f \frac{-(X - X_o_1)(\cos \Phi_1 \sin K_1) + (Y - Y_o_1)(\cos \Omega_1 \cos K_1 - \sin \Omega_1 \sin \Phi_1 \sin K_1) + (Z - Z_o_1)(\sin \Omega_1 \cos K_1 + \cos \Omega_1 \sin \Phi_1 \sin K_1)}{(X - X_o_1)(\sin \Phi_1) - (Y - Y_o_1)(\sin \Omega_1 \cos \Phi_1) + (Z - Z_o_1)(\cos \Omega_1 \cos \Phi_1)}$$

Nessas expressões x,y são as coordenadas de um ponto objeto lido sobre as imagens, depuradas dos erros sistemáticos, como distorções radiais e descentradas provocadas pela objetiva, deslocamento do ponto principal sobre o plano de imageamento, não ortogonalidade entre o eixo óptico e o sensor.  $X_o$ ,  $Y_o$  e  $Z_o$  é a posição do centro perspectivo e  $K$ ,  $\Phi$  e  $\Omega$  a orientação do eixo óptico da câmara, que no caso deverão estar conhecidos para as duas fotos, pois são obtidas de pontos distintos. O valor  $f$  é a distância focal.  $X$ ,  $Y$  e  $Z$  serão as coordenadas dos pontos de interesse, lidos nas imagens.

No experimento realizado, para obtenção de resultados precisos, as câmaras foram anteriormente calibradas, permitindo a correção das distorções provocadas pela objetiva nas coordenadas lidas nas imagens e o cálculo de uma distância focal calibrada [4]. Nesse processo foi utilizado o método das fotos convergentes, com leitura de um grande número de pontos de controle sobre um plano de projeção.

Um processo de recessão espacial foi executado para determinação precisa da posição do centro óptico das câmaras, tendo sido utilizados 12 pontos de controle selecionados sobre a paisagem: na torre de transmissão de energia, em pontos notáveis sobre o terreno na face oposta do canal e em andainas para amarração de pequenas embarcações em áreas rasas. As coordenadas desses pontos foram obtidas por posicionamento GPS relativo, método estático rápido, para bases curtas. Maiores detalhes sobre triangulação e modelos fotogramétricos podem ser vistos em [5] e em [2]. Tais pontos estão apresentados na figura 1.

No caso de haver movimento dos alvos uma outra condição se faz necessária: as imagens devem ser adquiridas simultaneamente. Do ponto de vista operacional isso traz a exigência de sincronizar a tomada das fotos, o que pode ser feito por transmissão de comando desde uma mesma plataforma à distância ou por sincronização de relógios para comando automático independente *in loco*, solução adotada no caso desse estudo.



Figura 1- A cena de referência, sem embarcações, com os pontos de controle.

O acionamento das câmaras foi efetuado através do uso do software PhotoPC associado a drivers apropriados, desenvolvidos e disponibilizados por Crosser [3].

Assim, com os elementos acima resumidos, configura-se o cenário utilizado para teste da metodologia e validação no registro de medidas de embarcações que navegam o canal do Porto do Rio Grande, no Rio Grande do Sul, descrita a seguir.

#### **4. UM EXPERIMENTO NO CANAL DO PORTO DO RIO GRANDE**

A figura 2 mostra o cenário utilizado para o experimento. As câmaras foram instaladas sobre tripés, nas posições assinaladas, cada uma acoplada a um microcomputador portátil, cujo relógio interno foi previamente sincronizado a partir da conexão com um receptor GPS. No momento que a embarcação for avistada, o sistema principia a fotografar a cada múltiplo inteiro de 5 s da hora local. Por exemplo, se o operador acionar o software de controle às 12:03:52 h, às 12:03:55 h uma primeira foto será adquirida e assim sucessivamente, de 5 em 5 segundos, em ambas as câmaras. No experimento o acionamento inicial foi manual, no entanto, a continuidade da pesquisa aponta para o uso de uma câmara filmadora piloto para monitoramento contínuo e acionamento automático do sistema.

A figura 3 apresenta um par de fotos simultâneas de um grande navio de containers. O método de triangulação foi aplicado a um conjunto de pontos sobre a embarcação, a partir do qual foi possível medir posições sobre a proa, a popa, o casario, o tijupá, a gávea, as pontes, o pau de carga, a linha de calado e a linha de convés. Ou seja, sobre elementos que permitem obter dados métricos precisos da embarcação. A figura 4 ilustra os pontos onde houve convergência do método e, portanto, a solução pode ser considerada significativa a um nível de confiança de 95%.

Em função da geometria de imageamento e dos parâmetros da câmara pode-se estimar que a resolução espacial na posição da embarcação será de aproximadamente 25 cm e a precisão das medida de profundidade da cena (na direção do eixo focal) será de 80 cm. Essa última estimativa é efetuada com base na expressão de Albertz e Kreiling [1].



Figura 2 – Cenário do experimento junto ao Terminal de Containers do Porto de Rio Grande



Figura 3 – Par de fotografias de uma embarcação utilizada no processo de métrica estereoscópica

Para computo da qualidade dos registros foram medidos pontos sobre 6 containers de 40 ft, cujas dimensões são conhecidas e valem 12,19 x 2,59 m. O erro máximo na estimativa do comprimento e altura das dimensões desses containers foi de 42 cm, sendo que o RMS esteve na casa dos 30 cm. Esses indicadores podem ser tomados como válidos para as medidas efetuadas sobre a embarcação. A título de exemplo cabe informar que o comprimento da embarcação foi estimado como sendo de 165 m e a altura do seu ponto mais alto acima da linha de calado em 36,5 m.



Figura 4 – Pontos utilizados no processamento fotogramétrico e cujas posições foram estimadas

## 5. CONCLUSÕES

Embora ainda demande experimentos mais robustos e processo automatizado, uma vez que nessa ocasião a detecção da embarcação tenha sido totalmente manual, pode-se depreender dos resultados que a metodologia é adequada a métrica de embarcações em curso no canal do Porto do Rio Grande, com precisão compatível àquelas desejáveis em aplicações desse gênero e para o fim a que se destina.

## 6. REFERÊNCIAS

1. ALBERTZ, J.; KREILING, W. **Photogrammetric Guide**, Ed. Wichmann, Karlsruhe 1989.
2. ANDRADE, J. Bittencourt. **Fotogrametria**. SBEE, Curitiba, 1998.
3. CROSSER, Eugene G.; **Photopc**. <http://www.average.org/~crosser> e <http://photopc.sourceforge.net/>, 2001. Acessada em maio de 2007.
4. MITISHITA, Edson A. e OLIVAS, Mary A. A.; **Calibração de Câmaras Aerofotogramétricas a Partir de Aerofotos Digitalizadas**. Boletim de Ciências Geodésicas, Vol. 7, No 1, 2001. Curitiba, PR.
5. MOFFIT, F. E MIKHAIL, E. M. **Photogrammetry**. Harper and Row, New York, 1980.