

Uso de imagens de pequeno formato como instrumento na elaboração e implantação de projetos costeiros. O sistema ADAR 1000

Cunha R.M.P.¹; Bulla, L.A.S.¹ & Hartmann C.¹

¹ Laboratório de Oceanografia Geológica, Instituto de Oceanografia, FURG (rosa.piccoli@gmail.com).



RESUMO

Apesar de existirem sistemas orbitais de alta definição, imagens capturadas por sensores aerotransportados, são muito utilizadas, pela sua versatilidade, alta definição, disponibilidade em tempo real, proporcionando alto custo-benefício. As aerofotos são as mais indicadas para certos tipos de levantamentos, quando se leva em consideração, facilidade de obtenção, capacidade de tratamento digital, cobertura de nuvens e possibilidade de realização de novos levantamentos na escala pretendida em tempo real. As fotografias aéreas de pequeno formato são uma alternativa na identificação de áreas de preservação permanente à utilização de cenas de alta resolução espacial obtidas a partir de sensores orbitais. São muito eficientes na identificação de áreas de preservação permanente e de áreas antrópicas, fornecendo informações com grande riqueza de detalhes, comparáveis e mesmo superiores aos sensores de satélites de alta resolução. No Brasil este tipo de dado tem sido utilizado com frequência, destacando-se seu uso no mapeamento em detalhe de feições físicas da linha de costa e zona costeira. Apesar de certa reserva, já está provado que as câmeras digitais não métricas e de pequeno formato tem real potencial para uso em levantamentos aerofotogramétricos. Para esta finalidade existem sistemas especialmente construídos para tal fim, como o sistema ADAR 1000 utilizado pelo LOG/DGEO/FURG desde 1998. Várias áreas de pesquisa tem se beneficiado das informações obtidas pelo sistema ADAR 1000 na região de Rio Grande, com ênfase na região portuária.

ABSTRACT

Despite the existence of high definition orbital systems, images captured by aerotransported sensors are quite utilized due to their versatility, high definition, and real-time availability, proportioning an elevated cost-benefit relation. Aerial photos are most indicated for certain types of surveys, when considering easiness in obtainment, digital treatment capacity, cloud coverage and possibility of performing new surveys on a real-time scale. Small-format aerial photographs are an alternative for identification of permanent preservation areas and utilization of high resolution spatial scenes obtained from orbital sensors. They are very efficient for the identification of permanent preservation and anthropic areas, providing information with great richness of details, comparable or even superior to high-resolution satellite sensors. In Brazil, this type of data has been frequently utilized, with highlight to its use in detailed mapping of physical features of the coast and coastal zone. Despite certain reserve, it is already proven that non-metric and small-format digital cameras possess true potential for use in aerophotogrametric surveys. There are systems constructed especially for this purpose, such as the *Airborne Data Acquisition and Registration (ADAR 1000)* system, utilized since 1998 by the Geological Oceanography Laboratory of the Rio Grande Federal University. Various research areas have benefited from the information acquired by the *ADAR 1000* system at the Rio Grande region, with emphasis to the portuary region, which is the focus of this work.

INTRODUÇÃO

A obtenção de fotografias e imagens através de vôo fotogramétrico e sensores espaciais possuem um custo inviável, quando se deseja realizar uma análise temática de uma pequena área isolada.

Informações obtidas desde aeronaves com sensores de pequeno formato (35 mm) tem sido utilizadas com muito sucesso para a captura de informações do meio ambiente.

O avanço da tecnologia, nas áreas de informática e eletrônica, tem colaborado em muito com o desenvolvimento de sistemas fotogramétricos digitais e, este fato traz à comunidade científica mundial, novas e tentadoras expectativas para a exploração de recursos de automação em Fotogrametria (Miller *et al.*, 1996; Gruen, 1996; Yoichi, 1996, In: Amorin *et al.*, 1998).

Raffo & Menezes (1996) descrevem metodologia atualmente pesquisada e testada, destinada a auxiliar diferentes áreas de atividade profissional, interessadas especialmente nos elementos temáticos do espaço geográfico, como planejamento regional, geologia, dentre outros e, que precisam de elementos cartográficos confiáveis embora de precisão e exatidão expeditos, mas que sejam de baixo custo e operacionalmente práticos. Em vista disso estes autores apresentam a alternativa do uso de fotografias aéreas tomadas com câmera convencionais (não métricas), tratadas posteriormente com tecnologia e *softwares* disponíveis, criando imagens ortogonais.

Simultaneamente têm sido desenvolvidos equipamentos para a captura direta de dados digitais, dando início à troca das fotografias convencionais (em papel), para imagens totalmente digitais, usando câmeras CCD (*Charged Coupled Device*).

A aquisição direta de imagens digitais apresenta algumas vantagens sobre as fotografias convencionais, principalmente pelo fato de não necessitar da conversão analógico-digital, isto é, não se introduz as distorções provocadas pelo *scanner*.

Embora a tecnologia da câmera CCD não seja totalmente nova, desenvolvimentos mais recentes têm apresentado sensores com resolução de 6 *mega pixel* (6.000.000 de *pixels*), comparáveis com as resoluções de filmes 35 mm. Uma câmera digital deste tipo é a KODAK

DCS 460. Os procedimentos de orientação, utilizados na fotogrametria digital, são executados através de cálculos computacionais, tanto na orientação interior quanto na orientação exterior.

Desenvolvimento de métodos para uso deste tipo de imagem

Santos Jr. & Mitishita (2004) desenvolveram aerotriangulação de imagens obtidas com câmera não métrica e de pequeno formato apoiada com dados LIDAR (*Light Detection and Rangng*), para verificação da possibilidade do emprego destas câmeras, em atividades aerofotogramétricas, bem como analisar a consistência dos dados posicionais oriundos da varredura laser como apoio fotogramétrico. Uma das conclusões destes autores é que “a integração de dados LIDAR e imagens aéreas coloridas obtidas com câmeras digitais não métricas e de pequeno formato, mostra-se promissora em seus resultados, considerando o progressivo aumento de resolução nos sensores de área destas câmeras e o crescimento das regiões levantadas por LIDAR”. Outra conclusão importante é a de que “as câmeras digitais não métricas (de baixo custo) e de pequeno formato têm real potencial para uso em levantamentos aerofotogramétricos”.

Além das câmeras digitais, outras técnicas nunca antes imaginadas, tem sido testadas para serem usadas na atualização de uma carta náutica, que não é feita somente por levantamentos batimétricos, mas também pelo contorno, importante ao navegante para o reconhecimento de pontos em terra. Neste sentido Silva *et al.* (2002) realizaram um experimento no Porto do Rio Grande (RS) para verificar a viabilidade do uso de imagens de vídeo digital de uma câmera comum fundidas com uma imagem do satélite SPOT, para atualização cartográfica náutica.

Estes autores afirmam que as câmeras de vídeo digitais comuns ainda não apresentam resultados iguais às câmeras métricas, mas, se suas imagens forem utilizadas em conjunto com imagens de satélite para melhorar sua resolução geométrica, proverão mais detalhes e facilidade para atualização cartográfica náutica.

As imagens obtidas pelas câmeras digitais também podem ser utilizadas, como é o caso do sistema ADAR 1000 e de outros, como o

sistema da *Leica Geosystems* o EMERGE DDS (*Emerge Digital Sensor System*), que utiliza um sensor de médio formato, construído para obter alta qualidade, precisão e consistência radiométrica de imagens digitais a nível de aeronave, para aplicações em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e mapeamento.

Amorim *et al.* (1998) objetivando a atualização cartográfica propõe métodos rápidos e econômicos para sua atualização, utilizando imagens digitais 35 mm obtidas com a câmera DCS 210. Conseguiram significativa melhora de produtividade com o aproveitamento de informações existentes, proporcionando a redução de custo e mantendo o nível de confiabilidade.

Piovesan *et al.* (2002) desenvolveram um sistema para obter imagens 35 mm construindo como plataforma um aeromodelo o qual denominaram SOFIA (*Sistema de Obtenção de Fotos e Imagens com Aeromodelo*). O SOFIA utiliza uma aeronave radio controlada, equipada com uma câmera convencional, acionada por um dispositivo de disparo a distância. Os testes mostraram que o SOFIA se mostrou eficiente e versátil para a obtenção de fotografias aéreas, podendo ser utilizado para a fotointerpretação e, com algumas adaptações, futuramente poderá realizar outros tipos de levantamento, aumentando as opções de produtos cartográficos ou dados para fins de mapeamento.

Segundo os autores (Piovesan *et al.*, 2002) o baixo custo do projeto em relação à aerofotogrametria convencional se mostra como o principal atrativo do SOFIA. A pequena quantidade de recursos humanos permite que uma ou duas pessoas executem o levantamento, possibilitando uma economia também em mão de obra e não só nos custos do equipamento.

Devido à inexistência de sistemas apropriados é comum adaptar as câmeras em suportes nas plataformas, como ocorreu na Península Keller, ilha Rei George, Antártica, onde Francelino *et al.* (2003) desenvolveram um suporte específico para adaptar o sistema fotográfico no helicóptero. As fotografias apresentaram alta qualidade visual e a partir delas, foi confeccionado um mosaico semicontrolado que serviu de base no mapeamento temático das unidades geoambientais presente em Keller. Esta alternativa foi utilizada pelos autores devido a dificuldade de obtenção de imagens de satélite

de alta resolução espacial na Antártica que apresente baixa cobertura de nuvens, o que faz das fotografias aéreas a única alternativa viável nesse setor.

Castro *et al.* (2004) desenvolveram um sistema de navegação para aquisição de fotografias aéreas de pequeno e médio formato, baseado na utilização de um computador portátil e de um sistema GPS. Comprovaram a eficiência do sistema em vôo prático sendo eficiente e de baixo custo, aconselhando a sua utilização com vantagem em estudos florestais a nível local. Salientam que as FAMPF (Fotografias Aéreas de Médio e Pequeno Formato) tem sido cada vez mais utilizadas em inúmeros estudos locais e regionais, para monitoramento de recursos naturais e em múltiplos estudos florestais.

Recentemente uma câmera digital 35 mm adaptada num helicóptero da marinha, foi utilizada para a captura de imagens do Porto do Rio Grande, para a construção de um mosaico georreferenciado colorido digital, Silva (2004), comunicação pessoal.

No Brasil este tipo de dado tem sido utilizado com frequência, destacando-se seu uso no mapeamento em detalhe de feições físicas da linha de costa e zona costeira. Apesar de certa reserva, já está provado que as câmaras digitais não métricas e de pequeno formato tem real potencial para uso em levantamentos aerofotogramétricos.

Para esta finalidade existem sistemas especialmente construídos para tal fim, como o sistema ADAR 1000, primeiro de uma série, disponível no DGEO/FURG desde 1998, ou o sistema EMERGE DSS.

Volotão (2001) em sua dissertação de mestrado apresenta e descreve o desenvolvimento de um processo de ortorretificação, incluindo sua implementação em linguagem IDL (*Interactive Data Language*). A ortorretificação é o processo de remapeamento de uma imagem numa projeção ortográfica. A ênfase deste trabalho está no desenvolvimento de um procedimento de correção para imagens obtidas por aerolevanteamento feito com câmeras não-métricas. O procedimento calcula parâmetros que definem a geometria interna da imagem e a relação entre seu sistema de referência com o da Terra. Utilizando a técnica proposta é possível calcular todos os parâmetros de uma imagem ou parte dela, sem necessidade de utilização de

marcas fiduciais, desde que tenha 6 pontos de controle. O procedimento ainda observa a possibilidade de oclusão de partes da superfície do terreno imageado.

Segundo Volotão (2001) um dos maiores desafios da Ciência e Engenharia da Geoinformação é a transição entre os procedimentos tradicionais de coleta e produção da informação (com ênfase no tratamento analógico) para o uso de técnicas totalmente digitais. Um dos maiores impactos vem sendo o uso de imagens de alta resolução na produção de ortoimagens e de modelos numéricos de terreno. Em especial, cita o uso de câmeras não-métricas para levantamento de dados que vem sendo proposto como uma alternativa de baixo custo.

Outras aplicações ambientais

Gonçalves *et al.* (2005) defendem que as FAPEFs (*Fotografias Aéreas de Pequeno Formato*) se mostraram muito eficientes na identificação de áreas de preservação permanente e de áreas antrópicas, fornecendo informações com grande riqueza de detalhes, comparáveis aos sensores de satélites de alta resolução. Utilizando equipamentos de navegação é possível construir, a partir das FAPEFs, mosaicos de grandes áreas da superfície terrestre e, a partir desse mosaico é possível extrair informações para aplicações de planejamento e conservação. Em relação às imagens de alta resolução, as FAPEFs apresentam um custo bastante reduzido. Já em relação às imagens com resolução espacial menor que 20 m, as FAPEFs possibilitam um maior detalhamento da área, permitindo identificar feições não vistas em imagens com resolução maior, tornando possível a delimitação de áreas de preservação permanente.

Disperati *et al.* (2000) utilizaram imagens obtidas com a câmera fotográfica digital KODAK DCS460 CIR, numa escala de 1:10.000 e pixels de 0,72 mpp (*metros por pixel*), resultante de vôo fotográfico. Selecionaram uma fotografia colorida normal e a respectiva imagem falsa cor (*infravermelho colorido*) que com a maior parte da área florestal existente na estação experimental do Canguiri/UFPR. Os resultados obtidos evidenciam o potencial do uso de fotografias digitais falsa cor no mapeamento de diferentes tipos florestais.

Oliveira & Hartmann (2001) localizaram e detalharam deltas intralagunares, bem como avaliaram seus entornos com relação ao uso do solo e impacto antrópico, tendo por base o delta intra-lagunar do Saco do Martins, no estuário da Laguna dos Patos, RS.

Aerofotos georreferenciadas foram utilizadas por Hartmann & Svaldi (2002) no reconhecimento das redes de pesca de camarão, RG/RS. Na região da Laguna dos Patos, a pesca do camarão é uma atividade econômica importante para o município do Rio Grande e arredores. As artes de pesca empregadas são as redes conhecidas como “saquinho” fixadas em “andainas” localizadas ao longo das áreas rasas da Laguna. Estimar o número de “andainas”, de redes e sua localização ao longo da área, em tempo real, possibilita estimar o esforço de pesca. Assim, as aerofotos digitais coloridas georreferenciadas, obtidas através do sistema ADAR 1000, provou ser a ferramenta adequada.

As imagens permitiram localizar com precisão inferior a 10 m, as redes, mesmo que se encontrem submersas, num curto espaço de tempo. Evita-se desta forma, desperdício de recursos e tempo de pessoal. A facilidade na aquisição das aerofotos, e o fácil manuseio das imagens, permitem o monitoramento das mudanças que ocorrem ao longo do período de safra do crustáceo.

Hartmann *et al.* (2005b) com base em aerofotos 35 mm capturadas com o sistema ADAR 1000 e na aquisição de pontos DGPS localizados nas extremidades dos terminais portuários traçaram a linha de costa do Super Porto do Rio Grande. Os resultados representam a posição correta dos Terminais, definindo com precisão e acurácia a linha de costa da margem, informações que podem ser utilizadas com segurança pelos usuários que por ali navegam e aportam.

Outro exemplo de aplicação foi realizada por Noguez & Hartmann (2005) que mostram a utilidade do uso deste tipo de imagem no estudo de loteamentos irregulares do Cassino, RS. Noguez (2005) construiu o sistema de informações geográficas da margem esquerda do canal do Rio Grande/São José do Norte com base em imagens digitais de pequeno formato. Barbosa (2003) desenvolveu estudo sobre as variações da linha de costa na margem oeste do canal do norte, super porto, onde mostra a utilidade das aerofotografias georreferenciadas e

escalonadas sobre uma base cartográfica digital as quais permitiram uma caracterização das unidades ambientais, concluindo que 67% dos 11 km da linha de costa estão fixados, sendo reconhecidos pontos de fragilidade.

MATERIAL E MÉTODO

O vôo fotográfico

O sucesso de um levantamento aéreo está associado à experiência adquirida, tanto na navegação, visual ou orientada por GPS e, no profundo conhecimento de técnicas de fotografia e propriedades do sistema. A câmera fotográfica também deve ser conhecida em detalhes e submetida a uma bateria de testes prévios. Uma missão aérea bem planejada permite um aerolevanteamento de baixo custo, às vezes 50 vezes mais barato do que os levantamentos convencionais.

Instrumentação para fotografias aéreas

O uso de câmeras fotográficas de 35 mm para levantamentos aéreos requer certas adaptações metodológicas e alguns equipamentos específicos para o controle automático dos disparos fotográficos e nivelamento da câmera. O sistema de suporte da câmera fotográfica mantém-se em posição ortogonal ao terreno sobrevoado através da correção dos movimentos de inclinação lateral da aeronave.

A imagem digital

A imagem digital é uma matriz composta por células quadradas, chamadas *pixels* (*picture elements*). Dentro de cada *pixel*, há somente uma coloração sólida, definida por um número digital. Assim, basta saber que cada número digital possui uma determinada cor associada a ele. Os *pixels* podem ser mais bem evidenciados se a imagem for sucessivamente ampliada.

Resoluções das imagens fotogramétricas digitais

As resoluções para a imagem fotogramétrica analógica também se aplicam à imagem fotogramétrica digital. Entretanto, os conceitos variam razoavelmente entre elas, dada a

natureza distinta que elas possuem. Na imagem digital, a resolução espacial está diretamente relacionada com o “tamanho do *pixel*”. Essa terminologia exprime o quanto, no terreno, equivale ao lado de um *pixel* na imagem. Um exemplo do cálculo desse valor: determinada imagem, de 32 x 32 *pixels*, equivale, no terreno, a uma área de 32 x 32 m. Assim, cada *pixel* equivale a um quadrado de 1 m x 1 m ou 1x1 mpp no terreno. Como dentro de um *pixel* só pode haver uma coloração, pode-se dizer, a grosso modo, que esta equivale a uma composição das tonalidades dos diferentes objetos existentes naquela área.

O tamanho do *pixel*, portanto, está diretamente relacionado com a capacidade de se discernir objetos no terreno. Obviamente, quanto menor o tamanho do *pixel*, maior é a resolução espacial da imagem digital. Hoje em dia, já há sensores por satélite com a capacidade de adquirir imagens de *pixels* iguais ou menores que 1 mpp. Imagens digitalizadas a partir de fotografias analógicas ou adquiridas por câmeras aéreas digitais apresentam resoluções ainda maiores, habilitando a sua utilização em fotogrametria digital em escalas cada vez maiores.

As imagens digitais coloridas são compostas por três imagens separadas que serão representadas visualmente por vermelho, verde e azul, mas que podem equivaler a quaisquer combinações de bandas do espectro. Uma imagem colorida que é exibida na tela de um computador é, na verdade, uma combinação de três imagens separadas. A grosso modo, pode-se compará-la a três diapositivos em tons de cinza que expressam três bandas do espectro e que são projetados sobre uma mesma superfície através dos filtros vermelho, azul e verde (um filtro para cada imagem).

Assim, uma imagem colorida de 16 milhões de cores, que é a combinação de três imagens de 256 cores cada, ou ainda, uma imagem de 8 bits por banda, exibindo três bandas. Embora ela tenha mais tons que uma imagem pancromática comum de 256 tons de cinza, diz-se que sua resolução radiométrica é igual, pois, para cada banda, a quantidade de tons é a mesma que a da imagem pancromática. Outro erro comum é dizer que essa imagem colorida é de 24 bits/pixel. Na prática, é isso que acontece, mas, formalmente ela continuará sendo uma imagem de 8 bits, porém, com três bandas. Dentro de

cada banda, a capacidade de perceber variações de energia é a mesma, não existe fundamento em classificá-la como de resolução radiométrica maior.

Processamento digital de fotografias aéreas

O processo de registro de imagens é uma técnica que permite a correção das distorções nas fotografias aéreas e o seu encaixe dentro de uma base cartográfica, onde as fotografias são rotacionadas em relação ao norte e seu formato é distorcido. A técnica estabelece uma escala cartográfica verdadeira na imagem e permite a atualização cadastral, o estudo da vegetação, dos recursos hídricos e a determinação de áreas, distâncias e perímetros.

Classificação não supervisionada e supervisionada

A classificação de imagens é um procedimento que visa a determinação de grupos de usos do solo (corpos d'água, áreas vegetadas, pasto áreas edificadas, etc.) em maior ou menor grau de detalhamento. Quando o usuário conhece previamente os grupos a serem identificados utiliza a técnica de classificação supervisionada. No entanto, a classificação não supervisionada pode ser utilizada numa primeira etapa para avaliar o potencial de classificação que a imagem possui. Imagens classificadas podem então ser utilizadas para o estudo da cobertura do solo e possibilitam avaliar a superfície ocupada por cada classe de uso do solo.

O sistema adar 1000

Fontoura & Hartmann (2001) descrevem o sistema ADAR 1000 (*Airborne Data Acquisition and Registration*), primeiro de uma série de cinco e disponível no LOG/DGEO/FURG desde 1998. As imagens digitais aéreas de pequeno formato são capturadas em dois modos: visível e infravermelho. Este equipamento permite a aquisição de imagens coloridas em tempo real, de grande escala, que podem ser rapidamente analisadas no computador através de programas para tratamento de imagens disponíveis no mercado.

A captura do ponto central da aerofoto através de um GPS, com precisão de 10 m,

permite localizar as imagens num mapa base, bem como associá-las a um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Desta forma é possível obter detalhes, por exemplo, da geomorfologia marginal lagunar, com a facilidade de realizar novas coberturas aéreas quando for necessário, como por exemplo, da cobertura vegetal, áreas de erosão, locais poluídos (lançamento de esgoto) etc., utilizando o modo infra-vermelho.

A câmera Kodak DCS460 é uma câmera padrão com corpo de uma Nikon N-90. Com relação ao sensor, temos um CCD com uma área de 508 mm², possuindo um total de seis milhões de pixels (3.060 x 2.036) posicionado no plano focal da câmera. A dimensão do sensor é de 27,6 x 18,4 mm, onde temos para o menor elemento (pixel) um valor de 9 x 9 µm, com uma resolução de 2.800 dpi.

Correção geométrica da câmara

O sistema ADAR 1000 foi adquirido sem haver correção da câmera. A necessidade em calibrar esse equipamento é necessária, visto que atualmente a utilização desses equipamentos para aquisição de fotografias aéreas tem crescido bastante. Em aplicações onde se deseja extrair informações métricas, é ainda maior a preocupação em se conhecer os parâmetros de calibração desses sistemas. Com todas essas observações, Dias (2004) realizou este trabalho em sua tese de mestrado, utilizando uma das principais metodologias disponíveis para calibração analítica de câmeras.

O processo de calibração foi realizado na Universidade Federal do Paraná, com apoio do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, e o método utilizado foi das câmeras convergentes, através do procedimento paramétrico com injunções. O método de calibração utilizado segue os princípios básicos para calibração de câmeras aerofotogramétricas. O modelo final utilizado computacionalmente recupera os parâmetros intrínsecos como: distância focal calibrada, posição do ponto principal, constantes da distorção radial simétrica e descentrada, bem como a matriz variância-covariância dos resultados obtidos no ajustamento.

Assim, o principal objetivo alcançado no trabalho foi a obtenção dos parâmetros que definiram a geometria interna da câmera (Kodak

DCS 460) e as constantes que definem o modelo matemático das distorções consideradas, ou seja, os elementos gerados no processo de calibração, que posteriormente poderão ser aplicados na correção geométrica de imagens aéreas geradas a partir desse equipamento.

Os resultados da calibração foram analisados na matriz variância-covariância e foram satisfatórios. Para aplicação dos parâmetros em dados reais, uma imagem da região de Porto Alegre foi utilizada como objeto de estudo para geração de uma ortofoto, que é uma imagem corrigida geometricamente das distorções causadas pela variação de posição e altitude da plataforma. O Modelo Digital do Terreno é uma peça fundamental na geração de uma ortofoto e foi gerado a partir das curvas de nível fornecidas pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Duas ortofotos foram geradas, a primeira levando em conta apenas o valor nominal da distância focal, e a segunda os parâmetros gerados no processo de calibração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no sistema ADAR 1000, foram desenvolvidos trabalhos de monitoramento na região de Rio Grande, tendo como ênfase a região estuarina, lagunar e da linha de costa visando obter informações para o manejo destas áreas com relação às mudanças naturais e antrópicas.

Desde o início das operações com o sistema verificou-se a versatilidade do mesmo, comprovado pelas centenas de imagens capturadas em diferentes alturas de vôo e em ambos os modos Visível (VV) e Infravermelho (IV). O uso destas imagens se destaca na região portuária, onde as modificações dinâmicas do porto são facilmente monitoradas. Os exemplos a seguir pretendem ilustrar parte dos trabalhos e pesquisas realizadas tendo como base as imagens geradas pelo sistema.

Um trabalho entre o LOG/DGEO/FURG e o CECO/UFRGS/POA em 2002, possibilitou o recobrimento aerofotográfico de toda a linha de costa do Rio Grande do Sul, iniciando na Barra do Chuí e terminando na Barra do rio Mampituba em Torres, divisa com o estado de SC.

As imagens da linha de costa foram capturadas numa altura de vôo de 2.200 m, cobrindo no solo uma área de 3.000 x 2.000 m

com 1 x 1 mpp (metros por pixel). Procurou-se recobrir 1.500 m em terra e 500 m na água. As imagens a seguir representam áreas de interesse para a Engenharia Costeira destacando-se locais onde a ação direta do homem é evidente, como molhes, ocupação irregular da costa e *piers* para pesca.



Figura 1. Molhes da Barra do Chuí, estrutura de pedra que separa a fronteira do Brasil com o Uruguai, imagem ADAR 1000 (VV). Fonte: LOG/IO/FURG (2002).



Figura 2. Exemplo de imagem da linha de costa, região do Hermenegildo com processo erosivo constante, imagem ADAR 1000 (VV). Fonte: LOG/IO/FURG (2002).



Figura 3. Molhes da barra do rio Mampituba, divisa entre o Rio Grande do Sul com Santa Catarina. Imagem ADAR 1000 (VV). Fonte: LOG/IO/FURG (2002).

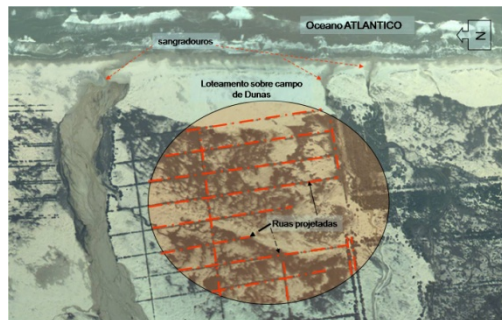


Figura 6. Exemplo de loteamento sobre campo de dunas no litoral norte do RS, imagem ADAR 1000 (VV) Fonte: LOG/IO/FURG (2002).



Figura 4. Barra de Tramandaí, imagem ADAR 1000 (VV). Fonte: LOG/IO/FURG (2002).

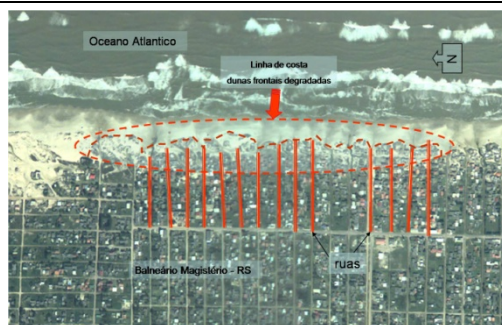


Figura 7. Uso indevido da linha de costa, no Balneário Magistério-RS, com degradação das dunas frontais, tendo como consequência problemas de erosão, imagem ADAR 1000 (VV). Fonte: LOG/IO/FURG (2002).



Figura 5. Plataforma de pesca de Tramandaí, imagem ADAR 1000 (VV). Fonte: LOG/IO/FURG (2002).

Na região estuarina e portuária de rio Grande, centenas de imagens no modo visível e infravermelho, foram utilizadas para inúmeros projetos, para várias finalidades. Nas imagens das figuras 8 e 9 a seguir, mostra a base do molhe leste (Fig. 8) onde a dinâmica das ondas e a pluma de turbidez pode ser observada e na Figura 9 a imagem no modo infravermelho (IV), cobre parte das instalações portuárias do porto do Rio Grande com destaque para a refinaria da Ipiranga.

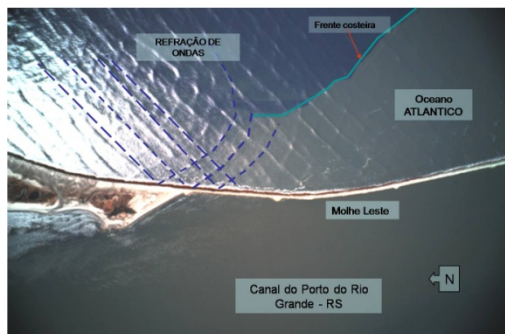


Figura 8. Dinâmica costeira junto ao molhe Leste, imagem ADAR 1000 (VV). Fonte: LOG/IO/FURG (2002).



Figura 9. Instalações portuárias do Porto do Rio Grande, antiga Refinaria Ipiranga, imagem ADAR 1000 (IV). Fonte: LOG/IO/FURG (2002).

O impacto de atividades portuárias, na margem leste do canal de Rio Grande, foi monitorada utilizando imagens de pequeno formato, sendo possível avaliar as mudanças na dinâmica da Ponta do DEPREC (Hartmann, 1996) com a construção do atracadouro no pontal arenoso, mostrando a influencia da estrutura no transporte de material e na morfologia do mesmo (Fig. 10), Hartmann *et al.* (2005a).

CONCLUSÕES

Pelas citações feitas neste trabalho, verifica-se que apesar das plataformas orbitais adquirirem dados de alta definição, o uso de dados de aeronave, utilizando câmeras não métricas, estão sendo cada vez mais empregados e são imprescindíveis em certos trabalhos pelos vários motivos acima relatados.



Figura 10. Modificações no pontal do DEPREC devido à instalação do atracadouro de barcas. Imagem ADAR 1000. Fonte: HARTMANN *et al.* (2005a).

Para a região de Rio Grande, o sistema ADAR 1000, mostrou desde o início das operações a versatilidade do mesmo, comprovado pelas centenas de imagens capturadas em diferentes alturas de vôo e em ambos os modos. Destaque para o uso destas imagens relaciona-se com a região portuária, onde as modificações dinâmicas do porto são monitoradas. Além dos exemplos de aplicações acima relacionadas, outras estão para serem descobertas, facilitando o gerenciamento e o manejo do uso do solo de forma geral, com destaque para a planície costeira do RS. Para finalizar queremos lembrar que o uso destes sistemas, independe da espera de dados (outros), tendo o usuário total liberdade na aquisição e tratamento da informação, para isto, basta querer.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Curso de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica pela oportunidade e apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, A.; DA SILVA, I. & TOMMASELLI, A.M.G. 1998. Integração Geométrica de Imagens Multitemporais Objetivando a Atualização Cartográfica. COBRAC 98. **Anais...** Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário.
- BARBOSA, G.B. 2003. **Variação da linha de costa na margem oeste do canal do Norte, estuário da Laguna dos Patos, RS – Brasil: aspectos geo-ambientais e evolução histórica.**

- Dissertação de Mestrado, Oc FQG, FURG, 73p.
- CASTRO, J.P.M.; MARTIN, L.; ARANHA, J. & MACEDO, F. 2004. Sistema de navegação para fotografia aérea de pequeno e médio formato. EFN, Lisboa, Portugal, *Silva Lusitana* **1292**:213-225.
- DIAS, S.O. 2004. **Calibração de câmera digital não métrica – Kodak DCS460**. Dissertação de Mestrado, IG/UFRGS/CEPSRM, POA/RS – 121p.
- DISPERATI, A.A.; BERNARDI, D. & KNAPP, K.A. 2000. Comparação visual entre fotografias aéreas digitais 35 mm colorido normal e infravermelho colorido da estação experimental do Canguiri: um estudo de caso. *CERNE*, v.6, n.2, p.67-78.
- FONTOURA, J.A.S. & HARTMANN, C. 2001. Capture small format aerial digital images using the Airborne Data Acquisition System (ADAR 1000) from Positive System Company, USA. *Revista Pesquisas*, IG/UFRGS, v.28, n.2, p. 373-381.
- FRANCELINO, M.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; SCHAEFER, C.E. & REZENDE, S.B. 2003. **Fotografias aéreas não-convencionais: uma alternativa de monitoramento ambiental na antártica marítima**.
- GONÇALVES, D.A.; SANTOS, N. de S.; MOREIRA, R.A.; AGUIAR, A. de A.; DOURADO, H.S.O. & NETO, M.B.R. 2005. Fotografias aéreas de pequeno formato aplicadas na identificação, quantificação e planejamento de recuperação de áreas de preservação permanente. *Anais... XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, p.2185-2190.
- HARTMANN, C. 1996. **Dinâmica, distribuição e qualidade do material em suspensão na região sul da Laguna dos Patos, RS**. Porto Alegre, Tese de Doutorado. IG/CECO/UFRGS, 335p.
- HARTMANN, C; NETO, F.M. & NOGUEZ, C. 2005a. Uso do sensoriamento remoto no estudo da geomorfologia costeira: exemplo do pontal do DEPREC, RG, RS. X Congresso da ABEQUA, **Resumos expandidos** No. 138 (CD-ROM)
- HARTMANN, C.; AREJANO, T.B. & CONTERATO, M. 2005b. Atualização da linha de costa do Super Porto do Rio Grande, margem oeste, com base em dados DGPS e imagens 35 mm. X Congresso da ABEQUA, **Resumos expandidos** No. 119 (CD-ROM).
- HARTMANN, C. & SVALDI, A. 2002. Localização das redes de pesca de camarão, (saquinho) utilizando aerofotos georreferenciadas: região estuarina da Laguna dos Patos, RS, Brasil. *Atlântica* **24**(1): p.5-10.
- NOGUEZ, C.T. 2005. **Construção do sistema de informações geográficas da margem esquerda do canal do Rio Grande/SJN (sig-mecr/sjn) com base em imagens digitais de pequeno formato**. Mestrado em Oc. Física, Química e Geológica, FURG, Rio Grande, RS, 112p.
- NOGUEZ, C.T. & HARTMANN, C. 2005. Aspectos ambientais e sociais da ocupação irregular do loteamento Quêrência III, da cidade do Rio Grande, RS, Brasil. *Revista Sociedade e Natureza* **17** (33):37-44.
- OLIVEIRA, A. de O. & HARTMANN, C. 2001. Mapeamento da Geomorfologia Marginal e da Cobertura Vegetal na Desembocadura da Laguna dos Patos, com destaque para as Formações Micro-Deltaicas, RS, Brasil. *Anais... X SBSR*, p. 649-651.
- PIOVESAN, E.C.; SILVEIRA, G.C. Jr. GONÇALVES, J.C. & SOFIA, C. 2002. **Sistema de Obtenção de Fotos e Imagens com Aeromodelo**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Departamento de Cartografia. Presidente Prudente, SP, 5p.
- RAFFO, J.G. & MENEZES, J.C. 1996. **Fotomapa digital. Uma alternativa econômica para atualização dos Sistemas de Informação Geográfica**. USP/ESALQ e CPGCG/UFPR, p.151-154.
- SANTOS Jr., R. de L. & MITISHITA, E.A. 2004. Aerotriangulação de imagens obtidas com câmera não métrica e de pequeno formato apoiada com dados LIDAR. *Anais... Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – UFSC*.
- SILVA, F.R. 2004. **Uso de câmera digital 35 mm em helicóptero na captura de imagens digitais para construção de mosaico do Porto de Rio Grande, RS**. Comunicação pessoal.
- SILVA, F.R.; CENTENO, J.A. S. & MITISHITA, E.A. 2002. Integração de imagens de vídeo e dados do satélite SPOT para a atualização cartográfica náutica. *Anais... Simpósio Brasileiro de Geomática*, p.251-258.
- VOLOTÃO, C.F.S. 2001. **Geração de ortoimagens para aplicações urbanas: desenvolvimento das equações e protótipo experimental**. Dissertação de Mestrado, INPE, SJC, SP, 73p.