

Pixels e Paisagem:
a utilização de câmaras digitais aéreas no estudo do litoral de Sines

Fatima NAVAS; Gonzalo MALVAREZ; Derek W.T. JACKSON

Coastal Research Group, School of Environmental Studies, University of Ulster
Coleraine, BT52 1SA (NORTHERN IRELAND)

Carlos PEREIRA da SILVA*

Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional
Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa
Avenida de Berna, 26-C, 1069-061 LISBOA (PORTUGAL)
Tel.: +351.217933519 Fax: +351.217977759 e-mail: Cpsilva@fcs.unl.pt

Resumo

Este artigo pretende demonstrar a importância da utilização de fotografias aéreas digitais para a análise da paisagem. Sendo a sua utilização relativamente recente, é evidente que as suas potencialidades não estão ainda completamente exploradas. Porém, os resultados até agora obtidos, são altamente encorajadores, não só enquanto complemento de outras técnicas, mas, essencialmente por se apresentar como uma alternativa bastante eficaz, económica e rigorosa em relação a outras técnicas de detecção remota. Além do seu modo de funcionamento, serão abordadas algumas vantagens deste sistema digital, ilustradas com exemplos, apresentando assim uma vasta gama de potencialidades.

A segunda parte deste artigo abordará a sua aplicação a um caso concreto, o litoral do concelho de Sines. Aqui, através da monitorização das suas praias e áreas adjacentes, pretendeu-se, por um lado aferir a capacidade de carga balnear dessas áreas e por outro, em complemento com outras técnicas, observar modificações na paisagem que se traduzem em desequilíbrios.

As potencialidades da utilização das fotografias aéreas digitais, podem ser ainda importantes para estabelecer, ou reforçar, ligações entre a Detecção Remota e as Ciências Sociais, infelizmente frequentemente negligenciadas.

Palavras-chave: Detecção Remota, câmaras digitais, gestão do litoral, capacidade de carga.

Abstract

This article seeks to demonstrate the potential importance of a relatively new technique for landscape analysis, digital aerial photography. The results obtained

* Bolseiro do Programa PRAXIS XXI, BD/16702/98

are very encouraging, offering an efficient, economic, rigorous alternative to other techniques, and some specific advantages in relation to other methods of remote sensing. In particular these techniques can be used to monitor small areas in great detail in a rigorous and cost effective manner which makes it possible to link remote sensing directly into the social sciences, an important but frequently neglected process.

Examples of successful use demonstrate the whole range of possibilities that these techniques offer. As a practical example of the techniques, the beaches and adjacent areas of the municipality of Sines (Portugal) are monitored to establish their carrying capacity and, in association with other techniques, to trace other landscape changes that could presage instability.

Key words: Remote Sensing, digital cameras, coastal management, carrying capacity.

Résumé

Cet article prétend démontrer l'importance de l'utilisation des photographies aériennes numériques pour l'analyse du paysage. L'utilisation de ces données étant relativement récente, il est évident que ses potentialités ne sont pas encore entièrement exploitées. Cependant, les résultats obtenus jusqu'à présent, sont très encourageants, pas seulement comme complément d'autres techniques, mais, essentiellement parce que la photographie aérienne se présente comme une alternative assez efficace, économique et rigoureuse en relation à d'autres techniques de télédétection. En plus de son mode de fonctionnement, nous aborderons quelques avantages du système numérique d'obtention des photographies aériennes que nous illustrerons avec des exemples qui présentent une vaste gamme de potentialités.

La deuxième partie de cet article abordera son application à un cas concret, le littoral de la municipalité de Sines. Ici, à travers la surveillance des plages et aires adjacentes, nous avons voulu d'un côté afférer la capacité de charge balnéaire de ces aires et d'un autre côté, en complément avec d'autres techniques, observer les modifications dans le paysage qui se traduisent dans des déséquilibres.

Les potentialités de l'utilisation des photographies aériennes numériques, peuvent être importantes pour établir ou renforcer les liaisons entre la télédétection et les sciences sociales, malheureusement fréquemment négligées.

Mots-clés : Télédétection, caméra numérique, gestion du littoral, capacité d'accueil.

Introdução

Na rápida evolução tecnológica das últimas décadas, as ciências sociais têm assistido a uma crescente utilização da informação proveniente da detecção remota, não obstante o surgimento de resistências que têm dificultado essa integração (RINDFUSS e STERN, 1998).

O desenvolvimento das várias formas de detecção remota, em que as fotografias aéreas digitais se incluem, tem permitido não só a obtenção de mais informação, mas sobretudo, de melhor informação. Assim sendo, o uso de fotografias aéreas digitais é actualmente reconhecido como uma técnica importante de monitorização de pequenas áreas a grandes escalas, que além das vantagens técnicas, apresenta ainda um reduzido custo económico, através de uma forma expedita de aquisição e acesso às imagens. O recente desenvolvimento de sensores de alta resolução, revolucionou a sua aplicabilidade a câmaras fotográficas de pequeno formato, cujos resultados estão perfeitamente adaptados para serem trabalhados por aplicações cartográficas.

Quando comparadas com o sistema analógico até então utilizado, estas fotografias possuem uma melhor estabilidade geométrica (não existe deformação da película), um aumento da qualidade da imagem radiométrica, uma maior eficiência do quantum e uma sensibilidade espectral mais ampla. Estas vantagens resultam igualmente do facto de não existir a necessidade de revelação da película, permitindo que durante o processo de aquisição das imagens, seja possível ter acesso às mesmas, o que se revela extremamente vantajoso, pois para além de se poder aferir de forma rápida a sua qualidade, possibilita ainda a detecção e correcção de eventuais erros.

Nos últimos anos, foi introduzida uma mais valia importante neste campo, a Kodak 460 CIR¹. Trata-se de uma unidade que permite a aquisição de imagens em modo infravermelho, essencial para os casos onde a análise da vegetação é um factor importante a considerar. A utilização de imagens de alta resolução em infravermelho, aplicadas a ambientes litorais, ainda é uma técnica relativamente recente, como demonstra o reduzido número de estudos ainda efectuados (GOODPASTURE, 1996; BOBBE, T., 1997; KOH and EDWARDS, 2000). Porém, o sucesso dos resultados obtidos permitem prever a sua rápida generalização.

Face ao exposto, para além das fotografias aéreas digitais consistirem numa técnica relativamente simples, de fácil aplicação e pouco dispendiosa, elas revelam-se ainda particularmente ideais para a obtenção de informação sobre áreas isoladas, de difícil acesso, ou em condições ambientais adversas. Podem igualmente ser utilizadas para monitorização, registando as alterações provocadas por eventos ambientais extremos, como acontece por exemplo em certas áreas litorais.

No estudo que ilustra este artigo, sobre algumas praias de Sines, a recolha destas imagens foi feita com uma câmara digital KODAK 460 CIR do *Coastal Studies Research Group* da Universidade do Ulster, com o fim de estudar a capacidade de carga das praias aí localizadas, bem como observar desequilíbrios existentes, resultantes de um crescente uso turístico.

1. Métodos

1.1. O sistema digital

As câmaras digitais utilizam um mecanismo de funcionamento, designado por CCD (*charge coupled device*), que contém uma série de pequenas fotocélulas,

¹ CIR - *colour infrared*

sensíveis à luz, que reagem no preciso instante em que a luz incide na sua superfície. Tal como numa película fotográfica normal, a câmara regista a imagem quando é atingida pela luz, sendo gravada no CCD. As fotocélulas convertem então a luz em electrões que, através de um conversor analógico-digital, criam um ficheiro de informação digital. O CCD tem ainda como vantagem adicional, uma maior sensibilidade ao brilho do que a película fotográfica convencional, uma maior resposta linear, permitindo assim, obter imagens mais fiáveis e consistentes. O desempenho do CCD é normalmente medido pela resolução que pode ser obtida que, neste caso, resulta directamente do número de fotocélulas existentes no CCD. Na Kodak 460 CIR, o modelo instalado é o KAF-6300, um dos que apresenta maior resolução digital, possuindo 3060 fotocélulas no seu eixo horizontal e 2036 no eixo vertical, o que resulta numa resolução efectiva de mais de 6 milhões de pixels por imagem.

A resolução espacial das imagens da câmara digital indicam o tamanho da imagem capturada por um único pixel, o que contrasta com a utilização de fotografia convencional, onde a resolução espacial indica antes a escala da fotografia (relação da dimensão da área coberta pela fotografia quando comparada com a dimensão real da imagem). No caso das imagens digitais, a escala vai depender directamente da altitude acima da superfície terrestre a que são recolhidas as imagens.

O processo de recolha de imagens aéreas, com uma câmara digital, começa com a sua instalação numa aeronave, convenientemente adaptada para a recolha de imagens verticais. Acoplado à câmara encontra-se um GPS, de forma a que cada imagem obtida esteja geo-referenciada com a latitude e longitude do seu ponto central bem como a data e hora a que foi tirada. É elaborado um plano de voo, contendo as coordenadas iniciais e finais de cada passagem a efectuar sobre a área a monitorizar, correspondendo cada uma delas a uma fiada de fotografias, bem como a altitude do voo, que deve ser determinada em função da resolução e nível de sobreposição pretendido. A sobreposição, por sua vez, é dada pelo intervalo de tempo entre a obtenção de cada imagem. A câmara possui um dispositivo denominado de intervalómetro, que controla os disparos, com intervalos uniformes, podendo obter-se uma maior ou menor sobreposição das imagens conforme a necessidade. Cada vez que a câmara dispara, o sistema regista a hora e as coordenadas na imagem. A possibilidade de existir uma maior rapidez de exposição do que no sistema que usa película, significa que as perturbações atmosféricas que provocam turbulência terão menor efeito sobre a qualidade das imagens, especialmente nos voos de baixa altitude. A câmara possui uma capacidade de gravar uma imagem em cada 10 segundos, guardadas em cartões PCMCIA (*Personal Computer Memory Card International Association*), cada um com a capacidade para 18 imagens. A dimensão de cada imagem, quando transformada em ficheiro digital, em formato TIFF, para posterior tratamento, é de 18,5Mb.

1.2. Vantagens

A utilização dos sistemas digitais, como o da câmara portátil Kodak 460 CIR, permite uma série de vantagens em relação às tradicionais fotografias aéreas, imagens de satélite e outras técnicas de detecção remota, que se podem sintetizar da

seguinte forma:

- Para determinadas situações, como a gestão ambiental onde a rapidez de aquisição de informação desempenha por vezes um papel crucial, uma das grandes vantagens é a forma expedita de funcionamento e a rapidez de aquisição das imagens.
- As suas reduzidas dimensões (170mm x 114mm x 208mm), leveza (menos de 2 Kg), facilidade de transporte e simplicidade de instalação em pequenas aeronaves, torna o processo muito menos dispendioso, quando comparado com outros métodos de detecção remota.
- O facto das imagens serem recolhidas a baixa altitude (bastante menor que aquela a que estão os satélites), permite que em casos de nebulosidade, que tornam os satélites inoperacionais, este sistema possa funcionar, voando a aeronave abaixo do tecto de nuvens.
- Por possuir uma bateria própria, este processo é independente em relação a fontes de alimentação exteriores ao sistema.
- As imagens são captadas e imediatamente transformadas num formato digital, não existindo nenhum processo químico ou de digitalização intermédio, o que evita a perda de qualidade em relação ao original.
- A possibilidade de conjugação das imagens com sistemas diferenciais de GPS (*Global Position System*,) permite a georeferenciação das imagens.
- No momento da aquisição das imagens, as várias bandas são combinadas numa única imagem, sem necessidade de uma combinação de bandas posterior, como acontece nas imagens de satélite.
- Permite a visualização e edição imediata das imagens durante o processo de recolha das mesmas. As imagens podem ser passadas para CD-Rom, ou enviadas por correio electrónico para o destino final mal a aeronave aterre, podendo estas ser fornecidas numa grande variedade de formatos, incluindo TIFF e JPEG.

1.3. Exemplos de aplicações

Devido às vantagens deste sistema atrás enumeradas, facilmente se compreende que a sua utilização se tenha difundido rapidamente. No caso do Coastal Studies Group da Universidade do Ulster, têm sido desenvolvidos vários projectos utilizando este sistema, em diferentes áreas científicas e com os mais variados objectivos.

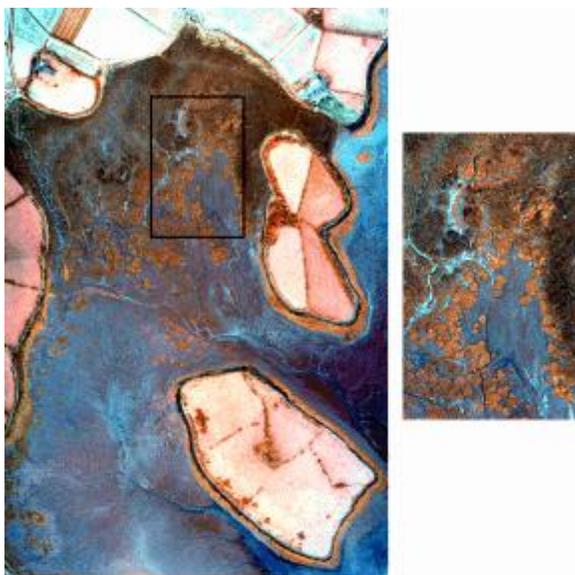
Um desses projectos consistiu na avaliação das capacidades da câmara digital para a monitorização das áreas periféricas da Grande Barreira de Coral na Austrália.

Estas áreas constituem importantes ecossistemas e desempenham um papel decisivo para o equilíbrio de todo o sistema da Grande Barreira, o que torna crucial a sua monitorização para avaliar a sua vitalidade, identificar desequilíbrios, evolução e a necessidade de intervenção humana.

As imagens recolhidas na Grande Barreira permitiram constatar, através de imagens em infravermelho, o estado de saúde dos recifes de coral. Aqueles que se apresentavam mais saudáveis tinham uma cor vermelha intensa nas imagens, enquanto a branco apareciam as áreas do recife onde o coral estava morto ou em riscos de morrer. A monitorização regular efectuada, permitiu cartografar de forma rápida a expansão das áreas deterioradas, bem como a velocidade e direcção dessa degradação.

Outra aplicação da câmara digital foi feita em Strangford Lough, na Irlanda do Norte (Figura 1), uma área protegida com o estatuto de ASSI (*Area of Special Scientific Interest*), que é actualmente objecto de vários estudos e programas de monitorização.

Figura 1- Imagem DCS460 CIR. Ortomosaico de Strangford Lough, Irlanda do Norte. A área em destaque mostra o desenvolvimento da *Spartina Anglica*, com as manchas de vermelho mais intenso correspondentes ao desenvolvimento mais recente da planta.



Recentemente esta área tem sido invadida pela *Spartina Anglica*, uma planta infestiva que ocupa a área intertidal e que se reproduz rapidamente, provocando desequilíbrios graves no ecossistema. Várias medidas têm sido tomadas pelo *Department of Environment* (a autoridade responsável pela gestão desta área na Irlanda do Norte), de forma a reduzir a extensão que ocupam. Porém, a rapidez do alastramento da planta obriga a intervenções rápidas para controlar a sua expansão. Neste caso, a utilização da câmara digital permite uma monitorização eficaz, de forma rápida, económica e precisa.

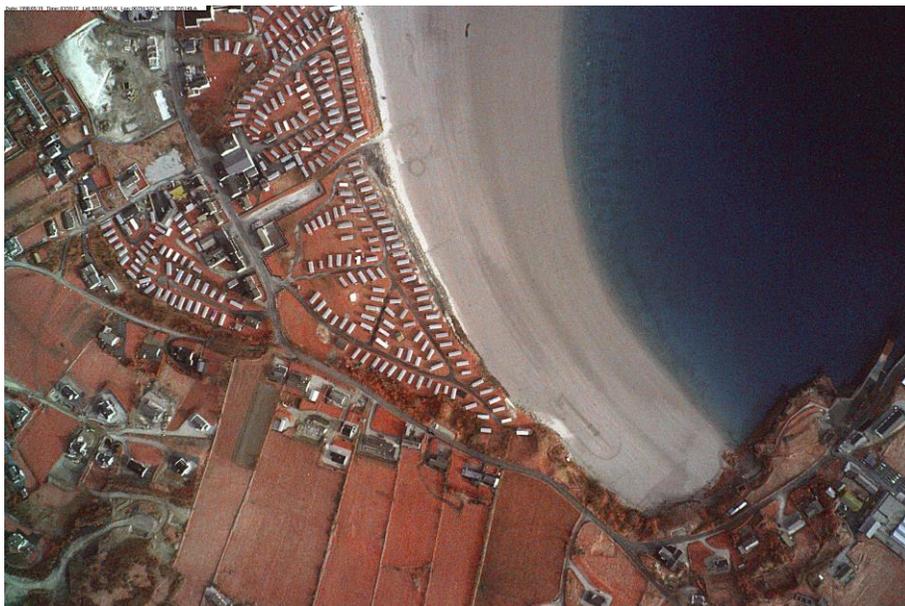
Vários voos foram efectuados sobre as áreas afectadas, observando-se assim a expansão da *Spartina Anglica*. Através das imagens em infravermelho, é possível não só quantificar a área ocupada pela planta, mas igualmente a vitalidade dessa expansão, através das variações de cor observadas. Neste caso, as áreas de desenvolvimento mais recente da *Spartina Anglica* são aquelas que apresentam uma cor vermelha mais intensa.

A utilização de fotografias aéreas digitais tem sido igualmente utilizada, com grande sucesso, no campo da Arqueologia Marítima, nomeadamente em alguns projectos da Universidade do Ulster. Na verdade, se a utilização de fotografias aéreas não pode ser considerada novidade em arqueologia, já a sua aplicação à arqueologia marítima é extremamente recente. Arqueólogos da Universidade do Ulster têm utilizado o sistema digital para a localização de vestígios arqueológicos na área intertidal (www.ulst.ac.uk/faculty/science/crg/cma.htm). Em Strangford Lough, Co Down, foram identificados vestígios de antigas armadilhas de pesca, antigas instalações portuárias e mesmo paleo-canaís associados. A utilização ao longo da costa SW da República da Irlanda, mais precisamente na baía de Bantry também possibilitou aos arqueólogos cartografar a zona intertidal na baixa mar, examinar canais de acesso a antigos castelos e vilas medievais conhecidos. Ainda no campo da arqueologia marítima, outro estudo de arqueologia absolutamente inovador, apoiado nas fotografias aéreas digitais a águas não muito profundas, foi a identificação de antigos postos de ancoragem e depósitos de lastros. Neste tipo de estudos, as análises efectuadas só foram possíveis através da utilização de imagens em infravermelho.

Para além de todo este tipo de análises, o sistema digital permitiu igualmente o enquadramento dos locais arqueológicos nas paisagens costeiras envolventes, fornecendo informações importantes para o estabelecimento de associações culturais e naturais. Actualmente, estão a ser desenvolvidas, no campo da arqueologia marítima, aplicações que integram as fotografias aéreas digitais em combinação com modelos digitais de terreno, para posterior incorporação em SIG ligados à gestão do património arqueológico.

As fotografias aéreas digitais podem ainda ser um instrumento valioso para a gestão litoral, nomeadamente pela sua capacidade de detectar rápidas mudanças de uso do solo e respectivos impactos ambientais. No caso da Figura 2, na área de Downings, condado de Donegal, costa SW da Irlanda, a intensa utilização da faixa litoral, resultante da localização de um parque de caravanas numa área dunar foi responsável por vários impactos negativos. A monitorização regular, através da utilização das fotografias aéreas digitais, permitiu monitorizar e corrigir a situação, dando às autoridades informação actualizada para uma rápida e correcta intervenção.

Figura 2 - Imagem DCS460. Ortomosaico da linha de costa de Downings, República da Irlanda. Parque de caravanas localizado em área dunar



Através destes exemplos pode-se perceber não só a diversidade e versatilidade de aplicações possíveis que esta tecnologia permite como, sobretudo, a grande qualidade e rigor da informação obtida. Em suma, deve ser salientada a extrema facilidade na aquisição e manipulação de imagens, que permitem simultaneamente uma rápida actualização cartográfica, e de bases de dados integradas em Sistemas de Informação Geográfica, obtendo-se assim uma informação fiável não só no que respeita ao uso do solo, mas também à topografia, base essencial para a gestão e tomada de decisões no processo de planeamento.

2. Sines: exemplo metodológico da utilização de câmaras digitais aéreas para o estudo da paisagem

2.1. O litoral de Sines

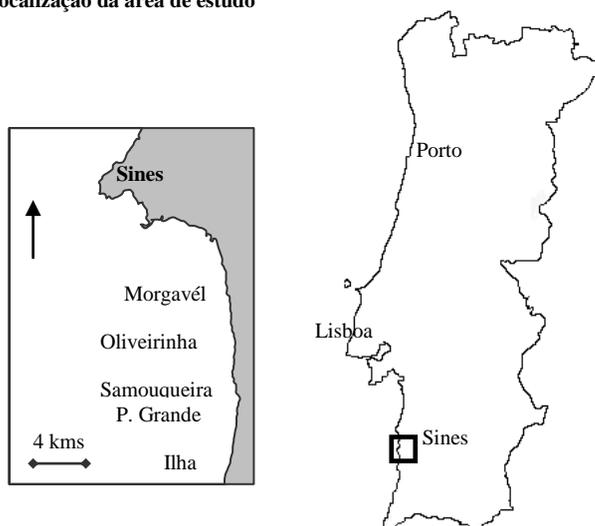
A utilização duma câmara digital no litoral de Sines teve como objectivo principal, testar técnicas de obtenção de informação actualizada, com grande rigor, passível de actualização periódica, numa faixa litoral que tem vindo a conhecer uma crescente pressão turística.

O litoral Alentejano, onde Sines se enquadra, apresenta características singulares. Desde logo, o facto de estar integrado na faixa litoral do país menos ocupada, 18 hab/km² (Resultados Preliminares Censos 2001, INE), o que contribuiu,

de certa forma, para a preservação da sua paisagem. Esta manutenção de um equilíbrio natural importante, onde os valores naturais, (florísticos, faunísticos e geomorfológicos) se destacam, justificou a criação duma área protegida, primeiro como Área de Paisagem Protegida, em 1988, e posteriormente reclassificada como Parque Natural do SW Alentejano e Costa Vicentina (Decreto-regulamentar n.º 26/95).

A área onde incide este estudo (Figura 3) localiza-se entre a Praia de Morgavél, 18 kms a Sul de Sines, no extremo Norte do Parque Natural, e a praia da Ilha.

Figura 3 – Localização da área de estudo



São cerca de 20kms de costa, onde o litoral rochoso é interrompido por pequenas praias, a maior parte encaixadas, pouco profundas e onde predominam arribas de xisto, grauvaques, dunas e arenitos consolidados.

Trata-se de uma paisagem rural, embora o marco paisagístico mais importante seja a Central Termoelectrica de S.Torpes, visível em toda a área, o que reflecte a forte industrialização aí existente. Não obstante esta situação, que o concelho de Sines conhece desde os anos 70, esta área tem registado uma crescente valorização turística, exemplificada pelo facto de, no período 1991-2001, o crescimento da população ter sido de 10%, enquanto o crescimento do número de edifícios e alojamentos foi superior a 20%.²

Esta procura crescente, que se pode generalizar a todo o litoral alentejano, especialmente concentrada durante mês de Agosto, traz problemas graves de

² Em Porto Covo, centro turístico do concelho de Sines, este facto é ainda mais notório. O crescimento da população residente foi de apenas 1%, enquanto o número de edifícios e alojamentos ultrapassou os 50% (Dados preliminares dos Censos de 2001, INE).

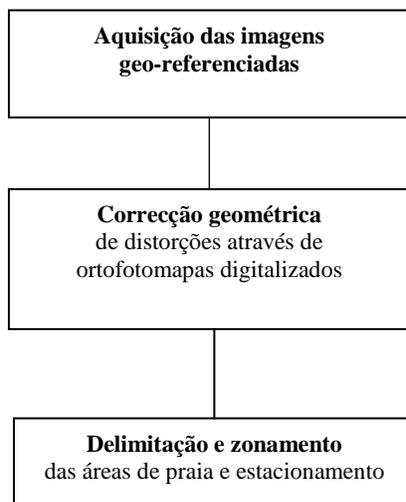
congestionamento, com tendência a agravar nos próximos anos. Este facto, torna ainda mais importante alguns dos instrumentos específicos de planeamento elaborados para esta área: O Plano Director Municipal de Sines, o Plano de Ordenamento da Parque Natural do SW Alentejano e Costa Vicentina, o Plano de Ordenamento da Orla Costeira Sines-Burgau e o Plano Regional de Ordenamento do Território do Alentejo Litoral.

Tratando-se duma área sensível e sujeita a uma pressão crescente, a sua monitorização parece determinante para identificar e corrigir desequilíbrios. Assim sendo, através da utilização das fotografias aéreas digitais pretendia-se, em primeiro lugar, aferir de forma precisa a extensão das áreas de praia passíveis de uso balnear, definindo capacidades de carga, visto este elemento ser importante para delinear estratégias de desenvolvimento turístico. Outro dos objectivos consistia em analisar as alterações na paisagem nos últimos vinte anos, resultantes da crescente procura que esta faixa litoral conheceu nesse período, utilizando para isso ortofotomapas datados de 1979.

2.2. Metodologia de aquisição, correcção e tratamento das fotografias aéreas

A metodologia utilizada consistiu em três etapas (Figura 4): Aquisição, Correcção e Delimitação das áreas de praias e de estacionamento.

Figura 4 – Metodologia de aquisição e manipulação das fotografias



O ponto de partida para a aquisição de imagens consistiu na elaboração de um plano de voo. Para isso foi necessário definir o tipo de fotografia (cor real ou infravermelho), a área que se pretendia cobrir, a topografia do terreno as características da aeronave a utilizar e a resolução pretendida. Só na posse destas informações foi possível elaborar o plano de voo, indicando as fiadas a percorrer, o número de fotografias e a localização de pontos de controle que guiaram a aeronave.

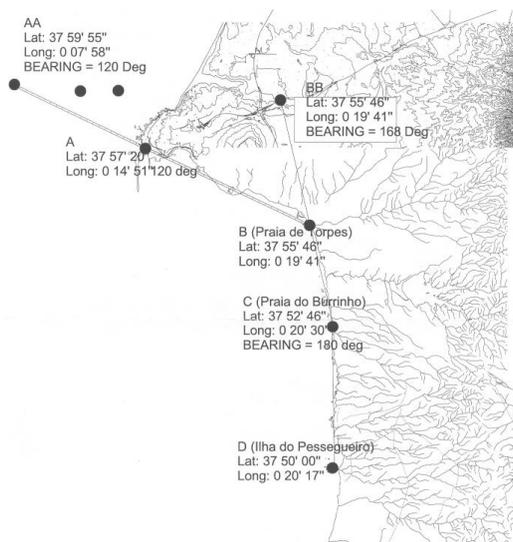
No caso de Sines, foi utilizada uma câmara digital Kodak DCS 460, a funcionar

em modo infravermelho, à qual se encontrava acoplada um GPS, neste caso o Trimble Ensign XL, que foi instalada numa aeronave Cessna 172, adaptada à recolha de fotografias aéreas verticais, com características técnicas altamente favoráveis a este tipo de voo, nomeadamente a sua velocidade de sustentação³.

Relativamente à topografia da área de estudo, o facto de ser uma área litoral, onde as altitudes não ultrapassam os 20 metros, significou que a influência deste factor no rigor das imagens foi negligenciável.

O plano de voo contemplou duas passagens ao longo da linha de costa, cada uma delas constituindo uma fiada de fotografias (Figura 5)⁴.

Figura 5 – Plano de voo efectuado sobre o litoral de Sines em 29 de Setembro de 1999



A linha de costa, onde se localizavam as praias em análise, tinha cerca de 20 kms de extensão, entre a praia de Morgavél a Norte, e a Ilha do Pessegueiro a Sul. A altitude do voo foi condicionada pela resolução pretendida das imagens, sendo determinada uma altitude de 3079 pés e velocidade de 90 nós, para a obtenção de um pixel de 30 cm e uma sobreposição de 10%. A área coberta por cada fotografia foi de 918 metros (linha de costa) por 610 metros de profundidade (interior), a uma escala aproximada de 1:33000.

O voo foi efectuado no dia 29 de Setembro de 1999, entre as 12.15h e 12.30h, o que correspondeu a uma situação de baixa mar que, nesse dia, para o Porto de Sines foi máxima às 11.48h, com o valor 0.6m, o que permitiu observar de forma mais completa a extensão da área de praia, principal objectivo do estudo.

Após a recolha das fotografias geo-referenciadas, foi necessário proceder à sua correcção geométrica, de forma a eliminar quer as distorções causadas pela lente da

³ Velocidade mínima a que o avião tem de se deslocar para não perder altitude.

⁴ Embora a linha de costa a estudar estivesse compreendida entre a praia de S.Torpes e a Ilha do Pessegueiro, por questões logísticas a oportunidade foi igualmente aproveitada para obter fotografias da área entre o cabo de Sines e a Praia de S.Torpes

câmara, quer as da curvatura da superfície terrestre. A correcção destas distorções é normalmente feita através da obtenção no terreno das coordenadas de vários pontos de controle, obtidos na área sobrevoada. Porém, neste caso, os pontos de controle foram obtidos a partir de ortofotomapas digitalizados, visto estes documentos, datados de 1979, serem igualmente importantes para posteriormente determinar as principais mudanças na paisagem nesse intervalo de 20 anos. Na operação de correcção, o *software* utilizado foi o programa *Image Analyst*, a partir de *Microstation* da *Integrgraph*, através de um modelo de transformação *AFFINE*⁵.

Este processo baseia-se no estabelecimento de correlações significativas entre elementos das imagens de controle e os mesmos elementos nas imagens a rectificar. Assim, usando a função *registering image to image*, a fotografia aérea foi rectificada com base numa imagem de controle, o ortofotomapa. Após a identificação de um elemento na imagem de controle, é feita a associação manual com o mesmo elemento, na imagem a rectificar, que deverá traduzir um padrão de semelhança, expresso num valor de correlação, que deverá ser aceite ou não pelo operador (no caso em estudo, seguindo o manual do programa, só foram aceites os pontos que apresentaram valores de correlação superiores a 0.8). Depois de terem sido validados o número suficiente de pontos de controle que permitem satisfazer o modelo de transformação (no caso do *AFFINE* são três), o programa automaticamente processa os pontos na imagem a rectificar, a partir da sua identificação na imagem de controle. O ponto de controle é transformado na fotografia, a sua correlação é calculada, e assinalado o ponto na imagem a rectificar, podendo este, mais uma vez, ser aceite ou não, em virtude do valor de correlação apresentado. Importa ter presente que a exactidão do cálculo automático será tanto mais preciso quanto maior for o rigor na determinação dos três primeiros pontos calculados manualmente.

No final, após a identificação dos pontos de controle considerados satisfatórios, e que devem estar distribuídos da forma mais uniforme possível por toda a fotografia, obtém-se um erro padrão, expresso em número de pixels, que resulta da média do desvio padrão dos erros dos vários pontos considerados na fotografia rectificada. No caso presente, e observando o Quadro 1, verifica-se que os valores variaram entre 1.44 na Praia da Oliveirinha e 2.9 na Praia de Morgavél, o que, atendendo à dimensão do pixel ser de 30 cm, significa que o erro da rectificação variou entre os 43 cm e os 87cm, valores que podem ser validados, considerando os resultados de outros estudos (LIVINGSTONE, RAPPER et al. 1999).

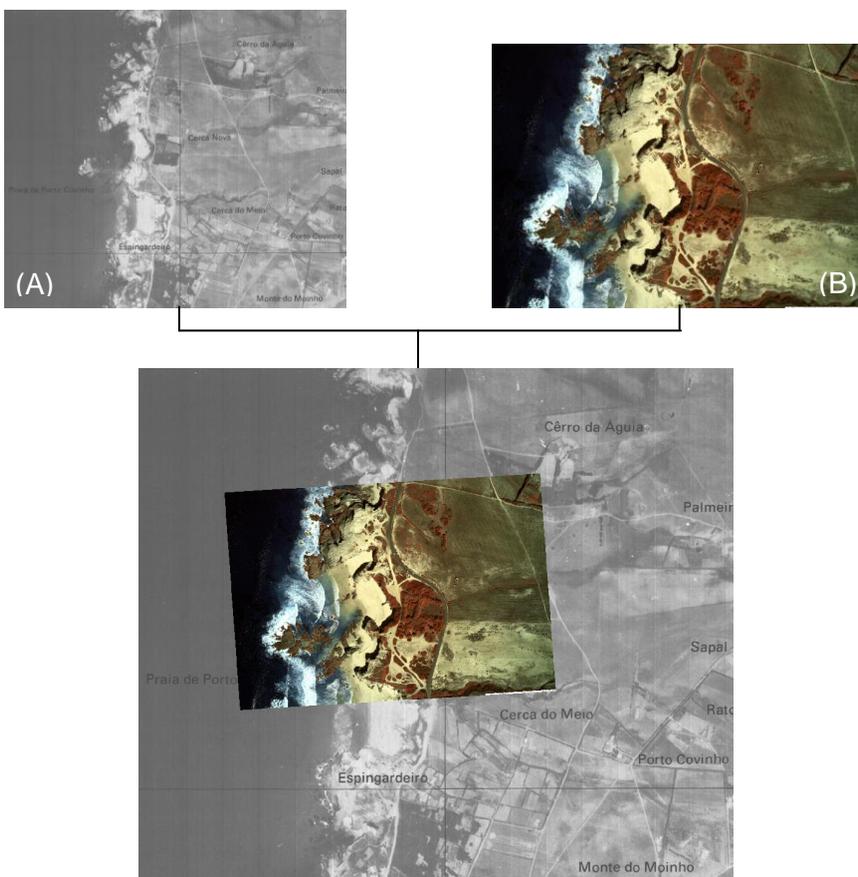
⁵ O modelo de transformação Affine resulta da aplicação da Geometria Affine. A geometria Affine preocupa-se com o estudo das propriedades geométricas dos elementos que se mantêm constantes depois de sofrer uma transformação segundo este modelo. Assim, se três pontos pertencem a uma mesma linha, as suas imagens, após sofrerem uma transformação Affine, continuarão a pertencer à mesma linha, mantendo as mesmas relações entre si. Desta forma, rectificações que sejam feitas em elementos das fotografias, não vão alterar as suas características em relação a todos os outros.

Quadro 1 - Valores de correcção das fotografias aéreas das praias

Fotografia n.º	Praia	Pontos de Controle	Erro Padrão
22	Morgavél	9	2.68
23	Morgavél	11	2.90
24	Oliveirinha	11	1.44
25	Oliveirinha	11	1.82
26	Oliveirinha	13	2.25
33	Samouqueira	14	2.09
34	Samouqueira	10	2.27
35	Praia Grande	16	2.83
36	Praia Grande	11	2.02
40	Ilha	28	2.19
41	Ilha	10	2.57

No final de todo este processo a imagem é corrigida em função do ortofotomapa, conforme ilustra a figura seguinte (Figura 6).

Figura 6 – Utilização do ortofotomapa geo-referenciado (A), como imagem de referência, para correcção das distorções da fotografia aérea digital (B) através do *software Image Analyst*.



2.3. Definição das áreas de praia e de estacionamento

Como atrás foi referido, esta área tem conhecido uma procura turística crescente, concentrada nas praias durante o Verão, o que se traduz num progressivo congestionamento, não só dessas praias, mas igualmente das vias de comunicação e dos serviços. No caso das praias, esta situação tem sido responsável por diversos problemas, como é o caso do estacionamento nas suas áreas adjacentes, que se faz na maioria das vezes de uma forma desordenada, pondo em risco valores naturais de grande sensibilidade. A evolução destas áreas e os seus impactos associados estão bem patentes quando comparamos as imagens de 1979 e 1999, reforçando a importância de definir não só a capacidade de carga das praias, mas igualmente a sua capacidade para estacionamento.

A delimitação das áreas de praia e estacionamento foi executada utilizando também o *Image Analyst*, tendo-se definido polígonos nas fotografias, atendendo a critérios estabelecidos. Neste ponto, deve ser mais uma vez salientada a sua alta resolução, neste caso 30cms, o que permitiu um grande rigor na delimitação dos polígonos e a diminuição dos erros.

2.3.1. A delimitação das áreas de praia

A delimitação de áreas de praia passíveis de utilização balnear e o cálculo de capacidades de carga não é um assunto pacífico. Vários estudos efectuados (BRETON, 1996; PEARCE e KIRK, 1986; RUYCK, 1997; YEPES, 1998), levantam o problema do cálculo claro e objectivo da capacidade de carga de uma praia. Porém, parece ser claro que, aspectos como a topografia, os acessos, ou as infra-estruturas, têm obrigatoriamente de ser considerados. No caso do litoral de Sines, as áreas de praia passíveis de utilização balnear, foram definidas de acordo com parâmetros estabelecidos pelo POOC Sines-Burgau (aprovado pela resolução do Conselho de Ministros n.º 152/98 de 30 de Dezembro). Este Plano estabelece critérios muito objectivos de definição de capacidades de carga, que incluem não só o areal existente, mas também outros factores importantes como o tipo de praia⁶, a capacidade de estacionamento, localização e topografia. Este facto deve ser ressaltado pois, quando comparado com planos similares, verifica-se que raramente estas preocupações e rigor estão presentes.

A classificação das praias é, sem dúvida, um aspecto importante para a definição da sua capacidade de carga. No caso das praias estudadas, a classificação adoptada neste estudo, de acordo com a interpretação da legislação em vigor, foi a que está presente no Quadro 2.

⁶ De acordo com o DI 309/93 as praias passíveis de uso balnear passaram a ser classificadas como: a) Praia urbana com uso intensivo; b) Praia não urbana com uso intensivo; c) Praia equipada com uso condicionado; d) Praia não equipada com uso condicionado; e) Praia com uso restrito e f) Praia com uso interdito.

Quadro 2 – Tipologia das praias do litoral de Sines em análise

Tipo	Praia	Descrição
I - Praias urbanas com uso intensivo	Praia Grande –P.Covinho	Praias adjacentes a núcleos urbanos consolidados sujeitas a forte procura
II - Praias não urbanas, com uso intensivo, designadas por praias periurbanas.	Morgavél	Praias afastadas de núcleos urbanos, sujeitas a forte procura
III - Praias equipadas com uso condicionado, designadas por praias seminaturais.	Oliveirinha Samouqueira Ilha	Praias que não se encontram sujeitas à influência directa do núcleo urbano e estão associadas a sistemas naturais sensíveis.

Em relação à classificação da tipologia apresentada no POOC, ela difere apenas no caso da Praia Grande-Porto Covinho. Esta praia, no nosso entender, deve ser classificada não como Tipo II, mas sim Tipo I, ou seja praia urbana de uso intensivo, uma vez que se encontra adjacente ao núcleo urbano de Porto Covo (distância < 500 metros entre o ponto de acesso à praia e o centro do núcleo), e mais de 50% dos seus utilizadores são daí provenientes.⁷

O zonamento das áreas de praia foi feito, seguindo em parte, o critério do POOC Sines-Burgau, que distingue três áreas:

- AUB1 - Área de areia seca a menos de 250 metros do ponto de acesso formal à praia e que se encontra entre a LMPM (Linha Média de Praia Mar) da época balnear e o máximo de 50 metros de profundidade. O índice de utilização balnear para as praias de Tipo I é de 7 m² por utilizador, e nas praias de Tipo II e III, de 15 m² por utilizador.
- AUB2 - Área de areia que se encontra a mais de 250 metros do ponto de acesso à praia. O seu índice de utilização balnear para as praias de tipo I é de 15 m² por utilizador e nas de tipo II e III, de 30 m² por utilizador.
- AUB3 - Área de areia localizada entre a LMBM (Linha Média de Baixa Mar) e LMPM (Linha Média de Praia Mar). O índice de utilização balnear para as praias de tipo I é de 15 m² por utilizador e, nas de tipo II e III, de 30 m² por utilizador.

Com base nestes critérios, a área de praia susceptível de utilização balnear é o resultado de: $AUB = AUB1 + AUB2 + AUB3$

Foram assim definidas as áreas de praia susceptíveis de utilização balnear identificadas nas fotografias aéreas digitais. Como exemplo, a Figura 7 representa o zonamento da Praia Grande – Porto Covinho, com a delimitação das várias áreas passíveis de uso balnear e áreas de estacionamento.

⁷ Trabalho de campo realizado em 1998 onde foram realizados 310 inquéritos nas praias de Morgavél, Oliveirinha, Samouqueira, Grande-Porto Covinho e Ilha.

Figura 7 - Praia Grande - Porto Covinho. Zonamento das áreas de praia em 1999 e evolução das áreas de estacionamento entre 1979 e 1999



A análise das áreas de praia, delimitadas nas fotografias, sintetizada no quadro 3, permite concluir que, nas praias estudadas, existem cerca de 205 mil m² de areal, passíveis de utilização balnear o que, de acordo com os critérios estabelecidos anteriormente para cada zona, corresponde a 10 736 utilizadores.

Quadro 3 – Capacidade de carga das praias (área e n.º de utilizadores)

Praia	AUB1		AUB2		AUB3		TOTAL	
	m ²	n.º	m ²	n.º	m ²	n.º	m ²	n.º
Morgavél	11942.2	796	0	0	33612.0	1120	45554.2	1916
Oliveirinha	13849.7	923	1178.1	39	37979.4	1266	53007.3	2228
Samouqueira	7993.4	533	0	0	17952.4	598	25945.8	1131
P. Grande -Porto Covinho	15434.1	2205	462.0	31	6224	415	22120.1	2651
Ilha	25352.5	1690	11292.7	376	22329.4	744	58974.6	2810
Total	74572.0	6147	12932.8	446	118097.2	4143	205602.0	10736

Porém, importa realçar que, à exceção da Praia Grande-Porto Covinho, todas as praias estudadas ficam situadas fora de aglomerados urbanos, não sendo o serviço de transporte público uma opção para os utilizadores dessas praias, que se deslocam em transporte individual privado. Esta é uma situação a considerar para a definição da capacidade de carga das praias, pois é necessário planear áreas de estacionamento compatíveis, o que tem de ser encarado como importante factor limitante da capacidade de carga das praias estudadas.

2.3.2. *Delimitação das áreas de estacionamento*

Pelo que atrás é referido, a importância da definição das áreas de estacionamento de apoio às praias é um aspecto de crucial importância para a definição da capacidade de carga das mesmas praias. Este aspecto ainda se torna mais relevante, quando todas elas se localizam no interior de um Parque Natural. A praia da Oliveirinha é apenas um exemplo, onde existe uma área de dunas não consolidadas, que todos os anos é degradada pelo estacionamento caótico fora das áreas delimitadas. Outros exemplos dizem respeito à Praia da Samouqueira e Praia Grande – Porto Covinho (Figura 7), onde o estacionamento junto às arribas vai destruindo a vegetação existente e acelerando a sua erosão.

Relativamente à delimitação das áreas de estacionamento das praias estudadas, ela foi feita através da identificação de áreas de solo a nu junto às praias, complementada com o trabalho de campo realizado durante Agosto de 1998 e 1999. Assim foram identificadas as áreas utilizadas para estacionamento, sob a forma de polígonos delimitados nas fotografias aéreas digitais.

Estas áreas de estacionamento foram, por sua vez, divididas em duas categorias:

- Estacionamento Ordenado – Áreas de solo a nu, compacto, com boa acessibilidade, de delimitação clara, podendo estar impermeabilizados e que têm como principal função o estacionamento de veículos dos utentes das praias adjacentes.
- Estacionamento Não Ordenado – Áreas informais de estacionamento adjacentes às praias, sem uma delimitação precisa, não pavimentadas e por vezes de difícil acessibilidade.

Os resultados da análise das fotografias e da informação do trabalho de campo, onde para além das áreas de estacionamento foi igualmente calculado o número de

veículos correspondente⁸, é apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Áreas utilizadas para estacionamento em 1999

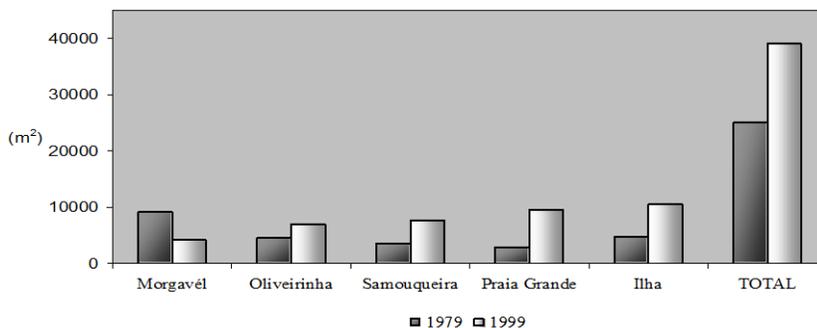
Praias	Ordenado	Veículos	N/Ordenado	Veículos	Total área	Total
	m ²	n.º	m ²	n.º	m ²	veículos
Morgavél	1588	64	2607	104	4195	164
Oliveirinha	3547	141	3491	140	7038	281
Samouqueira	2876	115	4896	195	7773	310
PraiaGrandeP. Covinho	4370	174	5220	208	9590	382
Ilha	3762	150	6777	271	10539	421
Total	16143	646	22991	920	39135	1558

Pela análise deste quadro, é perfeitamente claro que a área utilizada para estacionamento não ordenado é claramente superior à área de estacionamento ordenado, representando, no caso da praia de Morgavél, mais de 60% do total da área de estacionamento. Este facto ainda se torna mais relevante, quando se estabelece a evolução das áreas de estacionamento, utilizando os ortofotomapas de 1979, Quadro 5 e Figura 8.

Quadro 5 - Áreas utilizadas para estacionamento

Praia	1979	1999	Δ 1979-99
	(m ²)	(m ²)	(%)
Morgavél	9161	4195	-45.8
Oliveirinha	4570	7038.5	54.7
Samouqueira	3586.5	7772.5	116.7
Praia Grande – P. Covinho	2950.7	9590	225.0
Ilha	4840	10539	117.7
TOTAL	25108.2	39135	55.9

Figura 8 – Variação das áreas de estacionamento entre 1979 e 1999



Exceptuando o caso de Morgavél, onde a área de estacionamento diminuiu nestes

⁸ O POC Sines Burgau utiliza como indicador o valor de 25 m² por veículo, considerando já o espaço necessário para circulação. Se no estacionamento ordenado esse valor é fiável, já no caso do não ordenado o valor peca por excesso, em virtude da forma caótica de estacionamento dos veículos.

20 anos por razões muito particulares⁹, nas restantes praias a situação alterou-se radicalmente, com especial destaque para Praia Grande-Porto Covinho, onde cresceu mais de 200 %, valor que demonstra bem a procura crescente que esta área tem conhecido e os problemas daí inerentes.

2.4. A definição das capacidade de carga das praias

Face ao exposto, parece claro que a capacidade de carga das praias em estudo, não pode ser definida apenas pela capacidade das áreas de praia passíveis de utilização balnear. Se no caso das praias tipo I, uma considerável parte da procura desloca-se a pé, valores que podem variar entre 30 e 60%, nas praias de tipo II e III, o estacionamento deve ser condicionante dessa capacidade de carga.

No caso presente - um Parque Natural - não se afigura possível criar áreas de estacionamento à medida da capacidade da praia, e devemos igualmente ser realistas aceitando que se os transportes públicos podem ajudar a minorar o problema não o resolvem. Assim, com os valores estabelecidos sobre a capacidade de utilização balnear da praia e das áreas de estacionamento, a capacidade de carga deverá ser definida pelo menor dos dois valores. No caso das praias em estudo, e atendendo aos espaços de estacionamento ordenado, identificados nas fotografias aéreas digitais, a sua capacidade de carga a considerar deverá ser a seguinte:

Quadro 6 - Capacidade de Carga das Praias em Estudo

Praia	Capacidade de carga¹⁰
Morgavél	224
Oliveirinha	493
Samouqueira	402
Praia Grande – Porto Covinho	1404 ¹¹
Ilha	525
TOTAL	3048

Estes valores são importantes, na medida em que funcionam como indicadores das situações de equilíbrio, atendendo aos espaços de estacionamento ordenado existentes. Porém, este facto não implica que, caso outros espaços de estacionamento ordenado sejam criados, como preconiza o POOC Sines-Burgau, estes valores não venham a ser modificados, respeitando a capacidade de utilização balnear das praias. Como referido anteriormente, em relação ao estacionamento desordenado, impõem-se medidas de gestão para travar a acelerada destruição da vegetação e erosão no topo das arribas adjacentes às praias referidas, e neste ponto, a

⁹ Até 1993, o caminho municipal 1109 pavimentado, que liga actualmente S.Torpes a Porto Covo, terminava na praia de Morgavél, sendo o seu troço terminal utilizado como área de estacionamento. Esta situação, modificou-se com o prolongamento do caminho municipal até Porto Covo, passando Morgavél a ser uma área de passagem e não o fim do caminho municipal.

¹⁰ Considerando no caso do estacionamento, o número de veículos compatível com a área existente e um número médio de 3.5 indivíduos por veículo (BRETON, 1996, CONSULMAR, 1998).

¹¹ No caso da Praia Grande-Porto Covinho, além da capacidade de estacionamento, foi ainda atribuída 30% da capacidade de utilização da praia a residentes em Porto Covo, sem necessidade de se deslocarem em viatura privada.

metodologia aqui em análise pode-se revelar bastante eficaz para a monitorização periódica destas áreas.

Para além deste aspecto, a análise dos ortofotomapas e das fotografias aéreas digitais possibilitou ainda constatar as alterações profundas na paisagem, com os consequentes desequilíbrios, que o já referido caminho municipal 1109, entre Porto Covo e S.Torpes veio aqui introduzir. Esta estrada, de direcção Norte-Sul, construída paralelamente à linha de costa, atravessa áreas sensíveis, como é o caso de alguns campos dunares, chegando mesmo a invadir em alguns locais o Domínio Público Marítimo, possibilitando um acesso indiscriminado à linha de costa, favorecendo o pisoteio, a destruição da vegetação e a abertura de novos trilhos junto às arribas, com a consequente erosão.

Conclusão

Face às perspectivas de desenvolvimento que se adivinham para o litoral de Sines, a monitorização regular, com o uso de fotografias aéreas digitais, apresenta-se como um meio privilegiado para, de uma forma rigorosa e regular, aferir e controlar perturbações numa área tão sensível quanto esta, e onde as mudanças registadas podem ser muito rápidas, exigindo uma constante actualização da informação.

Durante a época balnear, as fotografias aéreas digitais, poderão ser utilizadas para monitorizar regularmente o efectivo uso destas praias, possibilitando a contagem de utilizadores, e assim definir capacidades de carga de forma rigorosa, fornecendo informações preciosas para a intervenção das autoridades no ordenamento desta faixa litoral.

Para além da informação rigorosa e de grande detalhe na utilização de fotografias aéreas digitais, deve ainda ser salientado o reduzido custo económico, quando comparado com outros meios de detecção remota. Assim, para pequenas áreas, inferiores a 100km², a redução de custos, pode praticamente chegar a 50% dos custos das fotografias aéreas convencionais, para uma resolução de 50 cm. Caso a resolução passe para 100 cm a disparidade de custos torna-se ainda maior, justificando a sua utilização, baseado apenas no critério do custo económico, para áreas até 625 km², como demonstram vários estudos (KOH, 2000). A esta vantagem deve ser ainda adicionada, como demonstra o exemplo de Sines, a sua fácil manipulação através de *software* apropriado, permitindo uma exploração nos mais diversos campos de investigação.

Estas vantagens permitem concluir que o potencial de utilização das fotografias aéreas digitais é enorme, com tendência a aumentar, o que poderá contribuir para uma maior integração da detecção remota com as ciências sociais, nomeadamente através do estabelecimento de padrões de ocupação de áreas litorais turísticas, analisando comportamentos espaciais e assim, identificar padrões de atracção-repulsão.

Todo este conhecimento obtido sobre o território, pode contribuir para que os agentes responsáveis possam actuar de uma forma mais eficaz sobre a sua gestão.

Agradecimentos

À Dra. Saudade Pontes a ajuda, mais que imprescindível, na delimitação das áreas de utilização balnear e de estacionamento sobre as fotografias aéreas digitais.

Bibliografia

- BOBBE, T., 1997. Applications of a Colour Infrared Digital Camera System as a Remote Sensing Tool for Natural Resource Management. The First North American Symposium on Small Format Aerial Photography. October 14-17, Minnesota, USA.
- BRETON, F., CLÁPES, J. *et al.* 1996. The recreational use of beaches and consequences for the development of the new trends in management: the case of the beaches of the metropolitan region of Barcelona (Catalonia, Spain). *Ocean and Coastal Management* 32 (nº. 3): pp. 153-180.
- CONSULMAR 1998. Plano de Ordenamento da Orla Costeira Sines Burgau. Relatório Técnico.
- GOODPASTURE, A.V., 1996. Digital Imaging and GPS Technology for Resource Management. *Earth Observation Magazine*. Vol.5 (10), pp. 45-47.
- INE, 2001. Censos 2001, Resultados Preliminares Região do Alentejo. Informação à Comunicação Social. www.ine.pt.
- LIVINGSTONE, D., RAPPER, J., and MCCARTHY, T., 1999. Integrating aerial videography and digital photography with terrain modelling: an application for coastal geomorphology. *Geomorphology* (29): pp. 77-92.
- KOH, A., EDWARDS, E., 2000. A Processing Chain for the Extraction of DEMs and the Production of Countoured Orthophotomaps for Catchement and Coastal Management Using CIR Digital Aerial Photography. *Geocoast vol.1* (1). www.UKCoastalZone.com.
- PEARCE, D. G., KIRK R. M 1986. Carrying capacity for coastal tourism. *Industry and Environment Volume 9*(1): pp. 3-6
- RINDFUSS, R. R., STERN, P. C. 1998. Linking Remote Sensing and Social Science. *In People and Pixels*. National Academy Press, Washington, EUA. Pp 1-23
- RUYCK, M. C., SOARES, A. G., et al. 1997. Social Carrying capacity as a management tool for sandy beaches. *Journal of Coastal Research* 13(3): pp.822-830
- YEPES, V., 1998. Planificacion e Gestion Turistica de Playas- Curso sobre Gestion Integral de la Costa 7-8 Julho.Organizado por Cedex, Madrid, Espanha.