The background of the cover is a grayscale photograph of a coastal scene. In the foreground, there is a body of water with lily pads. In the middle ground, a white bird, possibly a heron or egret, is captured in flight, its wings spread wide. The background shows a coastline with trees and a bright sky. The text is overlaid on this image.

**Universidade do Algarve**

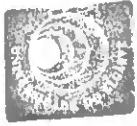
**Unidade de Ciências e Tecnologias dos Recursos Aquáticos**

**CARTOGRAFIA E ESTIMATIVA DA BIOMASSA DE  
MACRÓFITAS AQUÁTICAS NAS LAGOAS DA VELA E DAS  
BRAÇAS (CENTRO-LITORAL DE PORTUGAL) UTILIZANDO  
TÉCNICAS DE DETECÇÃO REMOTA**

**Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em  
Estudos Marinhos e Costeiros - opção Gestão Costeira**

**Isabel Cristina Alface**

**FARO  
1996**



**Universidade do Algarve**

**Unidade de Ciências e Tecnologias dos Recursos Aquáticos**

**CARTOGRAFIA E ESTIMATIVA DA BIOMASSA DE  
MACRÓFITAS AQUÁTICAS NAS LAGOAS DA VELA E DAS  
BRAÇAS (CENTRO-LITORAL DE PORTUGAL) UTILIZANDO  
TÉCNICAS DE DETECÇÃO REMOTA**

**Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em  
Estudos Marinhos e Costeiros - opção Gestão Costeira**

**Isabel Cristina Alface**

**FARO  
1996**

UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
SERVIÇO DE DOCUMENTAÇÃO

910/18 JJ367

5745  
ALF-CAR

1

Este Mestrado foi financiado por uma Bolsa de Mestrado  
JNICT - Programa CIÊNCIA (BM/2417/91-IG).

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do programa de investigação  
"Técnicas Inovadoras na Simulação Ecológica de Sistemas Lacustres"  
(projecto STRDA/C/AMB/41/92),  
subsidiado pela JNICT - Programa STRIDE.

## AGRADECIMENTOS

Ao programa de investigação "Técnicas Inovadoras na Simulação Ecológica de Sistemas Lacustres" (projecto STRDA/C/AMB/41/92), subsidiado pela JNICT/programa STRIDE, no âmbito do qual a presente dissertação foi desenvolvida.

Ao Professor Doutor Tomasz Boski, da Universidade do Algarve, por ter aceite a orientação deste trabalho; pelo seu empenho na forma como conseguiu o estágio no ITC (Holanda) e, ainda, pela paciência demonstrada no período longo que decorreu entre a parte prática e a entrega da presente dissertação.

Ao International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Holanda, na pessoa do Dr. Van Zuidam, por ter possibilitado a frequência de M. Sc. GIS Module in Geoinformation Systems for Earth Resources Surveys.

À Engenheira Jacinta Fernandes, pela integração deste trabalho no programa de investigação "Técnicas Inovadoras na Simulação Ecológica de Sistemas Lacustres"; pela orientação do trabalho de campo e laboratorial, disponibilidade e interesse demonstrados durante todas as fases do trabalho e, fundamentalmente, pela prestimosa amizade com que sempre soube aconselhar e ajudar.

Aos colegas do programa de investigação César Bolito, João Cuña e Raquel Machás, pelo espírito de equipa demonstrado.

Ao colega Paulo Fernandes, pela forma simpática e prestável com que se prontificou na disponibilização de bibliografia sobre fotografia aérea.

Às minhas colegas e amigas Vera Bettencourt, Laura Ribeiro (que de uma forma muito especial sempre me incentivaram e apoiaram em momentos mais difíceis) e Filomena Correia (por ter partilhado a fase holandesa da minha vida e, simultaneamente, pela forte motivação que foi descobrirmos, em conjunto, os Sistemas de Informação Geográfica).

A todos os restantes colegas de mestrado, que partilharam de forma tão positiva a autêntica aventura do 1º EMAC.

Aos meus pais e irmã, por todo o apoio familiar prestado, sem o qual não teria sido possível, entre outras coisas, a minha estadia na Holanda.

Ao meu marido, pela paciência, estímulo, ajuda e muita compreensão demonstrada ao longo de todo o mestrado.

Ao meu filho Abel Bruno que, de tanto ajudar no processamento de texto, até aprendeu a utilizar o computador (na limitação dos seus cinco anos) !!!

## RESUMO

As zonas húmidas constituem ecossistemas de grande importância em termos de biodiversidade e produtividade, podendo a vegetação aquática, que normalmente lhes está associada, contribuir, de forma significativa, para a sua caracterização como unidade de paisagem. Utilizando técnicas de detecção remota, procede-se neste trabalho à análise da evolução da paisagem numa importante zona húmida do centro-litoral de Portugal (as Lagoas da Vela e das Braças e respectivas áreas envolventes) através da caracterização, cartografia e análise multitemporal da respectiva vegetação. Definiram-se as principais unidades de paisagem (áreas com diferente ocupação vegetal) na área envolvente das Lagoas, por fotointerpretação, calibrada com levantamentos de campo, de quatro séries de fotografias aéreas verticais (anos de 1965, 1974, 1982 e 1990), a preto e branco, à escala de 1:15 000, sendo a informação transferida para um mapa de base e digitalizada no Sistema de Informação Geográfica ILWIS 1.4. Por comparação das áreas das unidades consideradas foi possível verificar que, ao longo das últimas décadas, a mancha de pinhal se tem consolidado, enquanto as culturas agrícolas se reduziram, verificando-se, ao mesmo tempo, a disseminação da *Acacia sp.* Para a cartografia da vegetação lacustre foram também utilizadas fotografias aéreas, de infravermelho e coloridas, oblíquas, de Agosto de 1993, à escala aproximada de 1:8 000. Após correcção de escalas e transferência para um mapa de base, a informação proveniente da fotointerpretação foi digitalizada no Sistema de Informação Geográfica ILWIS 1.4. A definição e caracterização das principais manchas de macrófitas aquáticas cartografadas foram acompanhadas com trabalho de campo, realizado em Agosto de 1993, que consistiu na análise da composição florística e cálculo da biomassa de macrófitas, por determinação do peso seco do material vegetal recolhido, em parcelas de amostragem de 1m<sup>2</sup>. Nas principais manchas identificadas, as espécies mais conspícuas na Lagoa da Vela foram *Myriophyllum sp.*, *Nymphaea alba* e *Typha sp.*, enquanto na Lagoa das Braças foram *Myriophyllum sp.*, *Phragmites sp.* e *Typha sp.* O cruzamento dos resultados da amostragem da biomassa com os resultados da quantificação das áreas das principais manchas de vegetação digitalizadas, permitiu estimar a biomassa total de macrófitas aquáticas presente nestas duas lagoas, em 227 ton para a Lagoa da Vela (ocupando esta vegetação 27% da superfície total da lagoa) e 120 ton para a Lagoa das Braças (ocupando 97% da superfície total). O valor da biomassa média na Lagoa da Vela foi de 1.013 Kg/m<sup>2</sup>, enquanto na Lagoa das Braças foi de 0.441 Kg/m<sup>2</sup>, sendo estes elevados valores, e a presença de *Nymphaea alba* e *Myriophyllum sp.* entre as espécies mais conspícuas, indicadores do estado trófico avançado em que se encontram as lagoas.

## ABSTRACT

Wetlands are ecosystems of great importance in terms of biodiversity and productivity, and the aquatic vegetation normally associated with them can contribute, in a significant way, to its characterization as a land use unit. Using remote sensing techniques, this work presents an analysis of the evolution of the land use in one important wetland landscape located on the central coast of Portugal (the Vela and Braças Lakes and surrounding areas) by the characterization, cartography and multitemporal analysis of its vegetation. The main land use units (areas with different vegetal occupation) on the area surrounding the lakes were defined by photointerpretation, calibrated with field work, from four sets of black and white vertical aerial photographs (years of 1965, 1974, 1982 and 1990), with a 1:15 000 scale. The information was transferred to a base map and digitized in the Geographic Information System ILWIS 1.4. Comparing the areas of the mentioned units, it was possible to ascertain, along the last decades, the consolidation of the area of pine woods, the reduction of farming lands and the spreading of *Acacia sp.* For the cartography of the aquatic vegetation, infrared and coloured aerial photographs (oblique, from August 1993, approximate scale of 1:8 000) were also used. After correction of the scales and transfer to a base map, the information from the photointerpretation was digitized in the Geographic Information System ILWIS 1.4. In August 1993, local analysis of the floristic composition and collection of macrophytes in 1 m<sup>2</sup> quadrats were done, in order to characterize the horizontal stratification of aquatic macrophytes in each one of the two lakes and defined the cartographic units. The most conspicuous species on the Vela Lake were *Myriophyllum sp.*, *Nymphaea alba* and *Typha sp.*, while on the Braças Lake those were *Myriophyllum sp.*, *Phragmites sp.* and *Typha sp.* Crossing samples and digitized data, the total biomass of aquatic macrophytes was estimated in 227 ton for Vela Lake and 120 ton for the Braças Lake (respectively 27% and 97% of the total lake areas). The high values of average biomass (1.013 Kg/m<sup>2</sup> and 0.441 Kg/m<sup>2</sup>, respectively), and the presence of *Nymphaea alba* and *Myriophyllum sp.* among the most conspicuous species, are indicators of the advanced trophic condition of the lakes.

# ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS DAS PAISAGENS LITORAIS .....	1
1.2 - DETECÇÃO REMOTA EM ESTUDOS DE VEGETAÇÃO .....	11
1.3 - AS LAGOAS DA VELA E DAS BRAÇAS .....	18
1.4 - OBJECTIVOS DO TRABALHO .....	24
2. MÉTODOS .....	26
2.1 - ANÁLISE MULTITEMPORAL .....	26
2.1.1 - Fotointerpretação .....	26
2.1.2 - Transferência para o mapa base.....	32
2.1.3 - Digitalização .....	33
2.2 - CARTOGRAFIA DA VEGETAÇÃO AQUÁTICA E ESTIMATIVA DA BIOMASSA DE MACRÓFITAS .....	34
2.2.1 - Fotointerpretação. Transferência para o mapa base. Digitalização.....	35
2.2.2 - Amostragem de vegetação aquática.....	36
2.2.3 - Procedimento laboratorial.....	38
2.3 - TRATAMENTO DOS DADOS .....	38
2.3.1 - Análise multitemporal .....	38
2.3.2 - Cartografia da vegetação aquática e estimativa da biomassa total de macrófitas .....	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
3.1 - ANÁLISE MULTITEMPORAL .....	41
3.2 - CARTOGRAFIA DA VEGETAÇÃO AQUÁTICA E ESTIMATIVA DA BIOMASSA TOTAL DE MACRÓFITAS .....	48
4. CONCLUSÕES .....	59
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - Produtividade relativa das zonas húmidas em relação a outros ecossistemas (adaptado de US FISH AND WILDLIFE SERVICE, 1984 <i>in</i> FARINHA & TRINDADE, 1994) .....	5
FIGURA 1.2 - Resposta espectral da vegetação (adaptado de HOFFER, 1978 <i>in</i> RODRIGUES, 1990) .....	15
FIGURA 1.3 - Localização da zona de estudo .....	20
FIGURA 2.1 - Pontos principais e transferidos (adaptado de FERNANDES, 1994) .....	27
FIGURA 2.2 - Linha de vôo (adaptado de FERNANDES, 1994) .....	27
FIGURA 2.3 - Linha limite à área útil (adaptado de FERNANDES, 1994) .....	28
FIGURA 2.4 - Área útil de trabalho ou área efectiva (adaptado de Van ZUIDAM & Van ZUIDAM-CANCELLADO, 1978 <i>in</i> FERNANDES, 1994) .....	29
FIGURA 2.5 - Requisitos para uma boa visão estereoscópica (adaptado de Van ZUIDAM & Van ZUIDAM-CANCELLADO, 1978 <i>in</i> FERNANDES, 1994) .....	30
FIGURA 3.1 - Cartografia da ocupação do solo na zona envolvente das Lagoas da Vela e das Braças, entre 1965 e 1990 .....	43
FIGURA 3.2 - Cartografia da vegetação aquática da Lagoa da Vela (Agosto 1993) .....	49
FIGURA 3.3 - Cartografia da vegetação aquática da Lagoa das Braças (Agosto 1993) .....	52

## ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1.1 - Tipos de Zonas Húmidas segundo a Convenção de Ramsar (adaptado de COSTA, 1995) .....	6
QUADRO 1.2 - Diferentes possibilidades e valores das zonas húmidas (US FISH AND WILDLIFE SERVICE, 1984 <i>in</i> FARINHA & TRINDADE, 1994) .....	7
QUADRO 1.3 - Trabalhos desenvolvidos no âmbito do estudo da vegetação e de zonas húmidas, utilizando diferentes tipos de sensores de detecção remota .....	17
QUADRO 1.4 - Morfometria das Lagoas da Vela e das Braças e respectivas áreas de drenagem .....	22
QUADRO 3.1 - Evolução das áreas de ocupação do solo na zona envolvente das Lagoas da Vela e das Braças, entre 1965 e 1990 .....	42
QUADRO 3.2 - Variação relativa das unidades de ocupação do solo na zona envolvente das Lagoas da Vela e das Braças, entre 1965 e 1990 .....	44
QUADRO 3.3 - Áreas ocupadas e produção de biomassa das principais manchas de macrófitas da Lagoa da Vela .....	48
QUADRO 3.4 - Áreas ocupadas e produção de biomassa das principais manchas de macrófitas da Lagoa das Braças .....	53

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 - IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS DAS PAISAGENS LITORAIS

Portugal continental, devido à sua localização geográfica, encontra-se na zona de contacto entre duas regiões biogeográficas distintas (a região mediterrânica e a sub-região atlântica da região siberiana), cada uma delas com expressões territoriais e climáticas bem diferentes. Da interpretação dos factores climáticos próprios de cada uma delas e da sua interacção sobre as bases litológica e edáfica resulta uma extraordinária diversidade biofísica, modelada ainda pela intervenção dos sucessivos povos que, desde há milénios, dela têm dependido (M.A.R.N., 1995).

As características físicas que condicionam actualmente a componente biológica do nosso país nem sempre se fizeram sentir da mesma maneira e com a mesma intensidade. Em épocas geológicas diferentes a situação foi bem distinta da actual, resultando destas profundas variações climáticas comunidades biológicas distintas.

Na opinião de MASCARENHAS & BARATA (1992) o solo e a paisagem devem ser considerados como verdadeiros arquivos históricos e naturais, uma vez que neles estão inscritos vestígios e marcas deixadas pelos nossos antepassados, não só sob a forma de espólio material diverso (estruturas arquitectónicas, arqueológicas, objectos, etc.), como também paisagens agrárias e urbanas modeladas pelo trabalho paciente das gerações que nos precederam.

Uma breve caracterização da paisagem foca principalmente o coberto vegetal dominante, pois é esta a componente do ecossistema mais distinta da paisagem e que determina as condições de vida de outras espécies. Por outro lado, as formações vegetais naturais têm também interesse patrimonial, em particular na paisagem mediterrânica, fortemente antropizada, onde subsistem em geral sob a forma de ilhas e corredores numa matriz agrária. Estas formações apresentam, com frequência, grande valor conservacionista, pois, muitas vezes, são importante habitat de espécies faunísticas e localizam-se em zonas que, com frequência, são também refúgio de espécies vegetais raras.

Na Europa Meridional as paisagens nas quais se reflecte exclusivamente o jogo entre os factores climáticos, orográficos e pedológicos, são raras. No nosso país apenas se conservam em alguns parques; porém, mesmo as manchas de floresta, que ainda hoje usufruímos, não devem ser consideradas como relíquias de uma cobertura vegetal clímax, mas sim como bosques geridos pelas

comunidades humanas, com objectivos específicos, nomeadamente como reservas de caça e como fontes de matéria-prima para construção e aquecimento (LEMOS & BAPTISTA, 1992).

Na opinião de KANDEL (1995), o desenvolvimento da população humana e o da tecnologia são tais que modificam o estado físico do nosso planeta de uma maneira que deixou de ser irrelevante. Também FERRO (1986) defende que a alteração da paisagem se ressentiu muito mais da intervenção humana (em termos de vegetação, por exemplo, a maior parte das plantas actualmente cultivadas na Europa foram introduzidas na Idade Média ou depois dos Descobrimentos) do que de causas naturais, como os avanços do mar e os fenómenos sísmicos e vulcânicos.

Segundo FERRO (1986) a feição actual da "paisagem antrópica" resulta duma série muito complexa de acontecimentos repetidos no tempo. Para compreender as suas características torna-se necessário partir das condições originais e seguir as transformações sucessivas, época por época. Infelizmente, nem sempre se podem obter tais resultados ao reconstituir as condições de uma paisagem de dada época, embora possam ser vários os instrumentos utilizáveis na reconstituição do ambiente natural passado.

O território português sofreu intervenção antrópica, mais ou menos marcada. A partir da análise das comunidades vegetais remanescentes e da documentação histórica, é possível inferir qual seria o ecossistema natural em tempos passados. Outrora, o coberto vegetal natural seria principalmente a floresta, de influência mista mediterrânico-atlântica. As espécies florestais predominantes seriam os carvalhos (género *Quercus*), dominando uma ou outra espécie conforme as regiões do país (MELO & PIMENTA, 1993).

Assim, Portugal é um país florestal por excelência. Os solos são, de um modo geral, esqueléticos e pobres, inadequados para a agricultura. Grosseiramente, a zona Norte teria potencialmente uma paisagem do tipo floresta temperada de folha caduca, enquanto no Sul predominariam os bosques mediterrânicos, com espécies arbóreas de menor porte adaptadas a períodos prolongados de seca (M.A.R.N., 1991).

No litoral português, bastante extenso, podem observar-se situações distintas que, em termos genéricos, se caracterizam pela existência de troços arenosos, onde a vegetação tem um papel preponderante na formação e manutenção do sistema dunar e troços rochosos onde se podem encontrar biótopos com o maior número de endemismos portugueses, encontrando-se ainda ao longo do litoral vários estuários, rios e lagoas costeiras (M.A.R.N., 1995).

A orla costeira portuguesa constitui assim, no seu todo, um vasto sistema onde coexistem ecossistemas diversificados com valores geológicos, florísticos, faunísticos e paisagísticos de grande interesse, resultado de uma estreita dependência e interacção de processos naturais, no âmbito do qual não se pode ignorar a acção do homem. De facto, é nos distritos litorais que se concentra 76% da população portuguesa, responsável por 85% do PIB (M.A.R.N., 1995).

Estes números traduzem a elevada densidade demográfica e a industrialização do litoral, com as respectivas implicações em termos de ocupação urbana e do território em geral, geração de elevadas cargas de poluição e pressão sobre o meio e os recursos. Assim, e uma vez que o litoral português é extraordinariamente rico, sob o ponto de vista dos recursos, alguns têm vindo a ser explorados com amplitude crescente ao longo deste século. É o caso do turismo, na sequência do qual a zona litoral tem vindo a ser intensivamente ocupada (DIAS, 1993).

A ocupação do litoral tem tido, em geral, como consequência, a forte degradação de muitas estruturas naturais (nomeadamente os corpos dunares), assim depauperando a zona nas suas potencialidades protectivas das áreas mais interiores. Simultaneamente, verifica-se que intervenções antrópicas várias têm perturbado o sistema, nomeadamente através da modificação drástica de um dos seus parâmetros fundamentais: o abastecimento sedimentar, que tem diminuindo de forma extraordinariamente intensa ao longo do presente século (DIAS *et al*, 1994).

Na opinião de FIGUEIRA (1993) torna-se necessária a criação de uma estratégia de gestão costeira. Essa estratégia deverá ter como instrumentos principais, por um lado, a política de ordenamento do território, através da qual se definem os objectivos da gestão da zona costeira, e, por outro, um sistema de gestão costeira. Este sistema destina-se a caracterizar um determinado troço de costa no que respeita aos vários aspectos com ela relacionados (características físicas, ambientais, utilização humana, etc.). Inclui, ainda, o conhecimento das acções ambientais (agitação, vento, etc.) e antrópicas (turismo, exploração de inertes, etc.) e do comportamento da costa relacionado com essas acções.

A zona litoral é, certamente, a zona com mais potencialidades de toda a região continental, constituindo interface múltipla entre a hidrosfera, a litosfera, a atmosfera e a biosfera. É, por isso, sede de processos complexos, muitos dos quais são, ainda, mal conhecidos. A actuação desses processos confere a esta zona uma dinâmica muito intensa, da qual resulta a sua constante mutabilidade. Estas complexidade e variabilidade inerentes aos sistemas naturais aí presentes estão na origem das suas grandes potencialidades mas, simultaneamente, tornam-na numa zona cuja gestão é difícil (DIAS, 1993).

Portugal tem uma costa com cerca de 800 quilómetros, caracterizada por marés bidiárias com uma amplitude de cerca de três metros. Estas características fazem com que existam ao longo do litoral várias zonas húmidas de grande interesse, para além das próprias águas marinhas de baixa profundidade. Os estuários, as lagoas costeiras e as rias apresentam-se como as mais importantes, resultando do encontro das águas e marés oceânicas com a água doce proveniente de cursos de água (COSTA, 1995).

Contudo, segundo TEIXEIRA (1994, *in* FARINHA & TRINDADE, 1994) as zonas húmidas representam, actualmente, uma área escassa do nosso planeta, cobrindo apenas cerca de 3% do território europeu e menos de 2% da superfície total dos continentes.

O interesse do Homem pelas zonas húmidas remonta a um passado distante, uma vez que desde sempre se terá apercebido da extraordinária riqueza biológica das referidas zonas, onde encontrava alimentação abundante e regularmente distribuída ao longo do ano. As zonas húmidas constituíram também áreas privilegiadas para a fixação de comunidades orientadas essencialmente para actividades mercantis, que foram crescendo em função da riqueza acumulada, exercendo assim impactos significativos sobre a dinâmica biológica destes habitats. Contudo, segundo D.H.K.D. (1992) com o aumento da escala e intensidade da sua utilização, consequência da industrialização, do turismo e da expansão demográfica, a capacidade das zonas húmidas em providenciar estes serviços, sem afectar o seu equilíbrio ecológico, diminuiu.

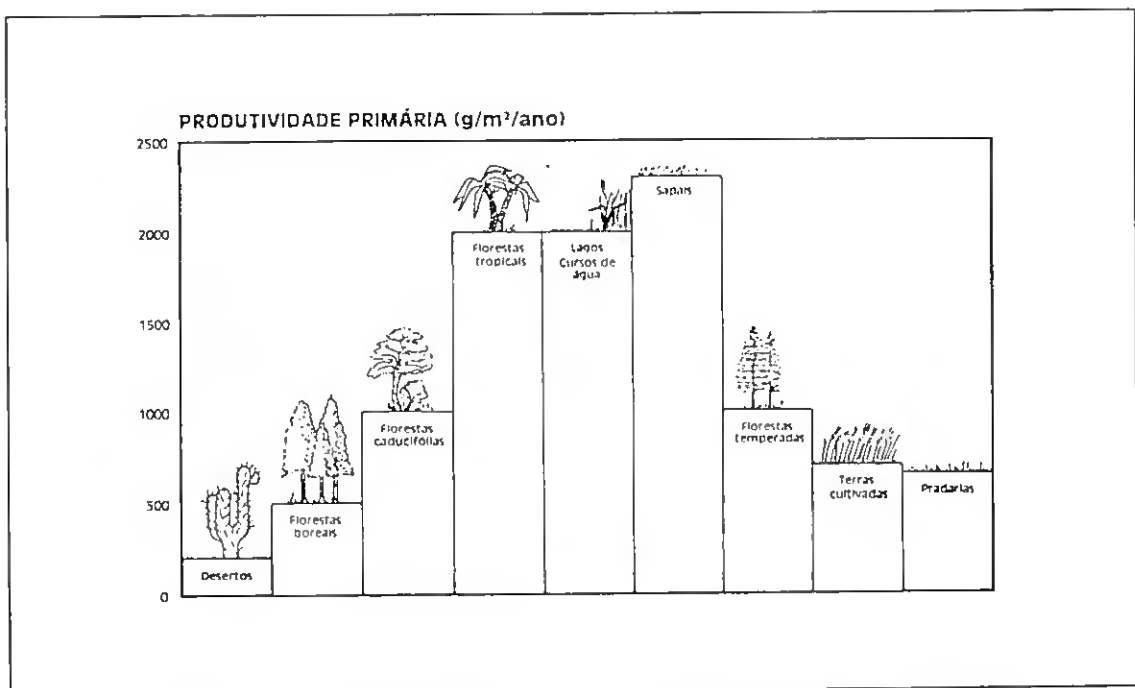
Adoptando a definição da Convenção de Ramsar (designação mais comum da Convenção sobre Zonas Húmidas de Importância Internacional Especialmente para Aves Aquáticas), zonas húmidas são "zonas de pântano, charco, turfeira ou água, naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo águas marinhas cuja profundidade na maré baixa não exceda os seis metros".

As zonas húmidas ocupam as zonas de transição entre os sistemas aquáticos e os terrestres, partilhando as características de ambos. Estas zonas têm por vezes uma periodicidade sazonal, encontrando-se inundadas durante uma época do ano e secas durante o resto do ano. Pode ainda verificar-se a alternância de água doce com água salobra ou mesmo salgada, conferindo características diferentes a uma zona húmida durante o ano. A fauna e flora demonstram, por seu lado, um elevado dinamismo, com constantes migrações de aves e crescimentos imprevisíveis de plantas em determinadas épocas (COSTA, 1995).

As zonas húmidas constituem um dos mais ricos e produtivos ecossistemas da biosfera, onde a produtividade biológica chega a atingir níveis superiores aos das explorações agrícolas altamente artificializadas. Com efeito, os

conhecimentos actuais, embora ainda longe da compreensão total do papel das zonas húmidas, atestam a sua importância vital na regulação hídrica e no equilíbrio de outros sistemas ecológicos. Quando se modificam os sistemas naturais das zonas húmidas, alteram-se as suas potencialidades que, longe de se limitarem à agricultura, à aquacultura ou ao seu potencial hidroeléctrico, também se expressam na riqueza biológica das suas margens, na flora submersa e flutuante, nos aluviões e na produção primária (FIG. 1.1). Esta última constitui a base da cadeia alimentar de numerosas espécies de moluscos, crustáceos, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Para além de zonas de alimentação são locais privilegiados para descanso, abrigo, reprodução e hibernação de várias espécies de aves migradoras (FARINHA & TRINDADE, 1994).

Estas zonas constituem meios de recepção de material de origem terrestre, mineral e orgânica, que aí sofre complexas transformações conducentes à reciclagem e libertação de nutrientes (CORREIA & CIDADÃO, 1991); ao mesmo tempo, a sua escassa profundidade permite que a luz atinja frequentemente o fundo, determinando uma grande riqueza e conseqüentemente, uma actividade acentuada que envolve o fitobentos e o fitoplâncton.



**FIGURA 1.1 - Produtividade relativa das zonas húmidas em relação a outros ecossistemas (adaptado de US FISH AND WILDLIFE SERVICE, 1984 in FARINHA & TRINDADE, 1994).**

Segundo COSTA (1995) é possível diferenciar uma grande variedade de tipos de zonas húmidas, de acordo com a sua origem, a sua localização geográfica e clima, regime hídrico, salinidade e parâmetros químicos da água, vegetação dominante, características do solo e sedimentos.

Existe uma grande interacção entre o balanço hídrico, a geomorfologia da zona, as características físico-químicas da água e a composição da flora e da fauna, o que torna estes ecossistemas bastante complexos e diversos. Consoante a localização geográfica (fundamentalmente a latitude e a proximidade em relação ao oceano) e a origem da zona húmida, esta pode demonstrar características que a incluem num dos vários tipos de zonas húmidas existentes (QUADRO 1.1).

**QUADRO 1.1 - Tipos de Zonas Húmidas segundo a Convenção de Ramsar (adaptado de COSTA, 1995).**

MARINHAS E COSTEIRAS	CONTINENTAIS	ARTIFICIAIS
Águas pouco profundas	Deltas	Aquaculturas
Bancos de areia	Cursos de água*	Açudes e tanques
Recifes de coral	Leitos de cheia	Terrenos irrigados
Falésias rochosas	Lagos*	Planícies aluviais
Praias de areia ou seixos	Pauis*	Salinas
Águas estuarinas	Turfeiras	
Barragens/albufeiras		
Bancos de vasa	Zonas húmidas alpinas	Pedreiras/areiros
Sapais	e de tundra	ETARs**
Mangais e florestas de maré	Arbóreas	Canais
Lagoas costeiras*	Oásis	
	Geotérmicas	

\* Podem ser classificados em permanentes, sazonais ou temporais, e de água doce, salobra ou salgada.

\*\* Estações de Tratamento de Águas Residuais

Algumas perturbações têm vindo a afectar a dinâmica destes ecossistemas, destacando-se a poluição e a pressão humana. A poluição das zonas húmidas, proveniente sobretudo de efluentes urbanos e industriais, e de fertilizantes, herbicidas e pesticidas utilizados nas actividades agrícolas, tem vindo a aumentar rapidamente nos últimos anos, enquanto a pressão humana se faz sentir através de actividades recreativas variadas (desportos náuticos, pesca,

caça) e do interesse nestas zonas para a criação de campos de golfe, marinas e urbanizações com fins turísticos (FARINHA & TRINDADE, 1994).

Considerando o amplo espectro das potencialidades das zonas húmidas e os seus valores naturais, ambientais e sócio-culturais (QUADRO 1.2) será de referir que as mesmas requerem acções integradas de gestão, com o objectivo pleno da sua conservação e/ou recuperação.

**QUADRO 1.2 - Diferentes possibilidades e valores das zonas húmidas (US FISH AND WILDLIFE SERVICE, 1984 *in* FARINHA & TRINDADE, 1994).**

<p>1. VALORES NATURAIS</p> <ul style="list-style-type: none"><li>❖ Reserva Genética</li><li>❖ Habitat Privilegiado de Fauna e Flora Diversificada e Abundante</li><li>❖ Áreas de Reprodução e "Nursery" para Várias Espécies Animais</li><li>❖ Património Natural Insubstituível</li></ul>
<p>2. QUALIDADE AMBIENTAL</p> <ul style="list-style-type: none"><li>❖ Armazenamento Natural da Água</li><li>❖ Regulador do Equilíbrio Climático</li><li>❖ Controlo Natural de Contaminação</li></ul>
<p>3. VALOR SÓCIO-CULTURAL</p> <ul style="list-style-type: none"><li>❖ Defesa Natural Contra as Cheias</li><li>❖ Barreira Natural de Protecção às Zonas Costeiras</li><li>❖ Redução da Erosão e Controlo da Perda de Sedimentos</li><li>❖ Educação e Investigação Científica</li><li>❖ Caça e Pesca</li><li>❖ Desportos Náuticos</li><li>❖ Outras Actividades de Lazer</li><li>❖ Produção de Recursos</li><li>❖ Habitat de Comunidades Humanas</li><li>❖ Património Estético</li></ul>

FARINHA & TRINDADE (1994) inventariaram em Portugal continental 49 sítios como zonas húmidas, descritos com as suas características, fauna, flora e

ameaças. Da totalidade dos locais identificados, são considerados diversos tipos de zonas húmidas portuguesas: as zonas estuarinas, as lagoas costeiras, os cursos de água, as lagoas e pauis e as zonas húmidas artificiais. As lagoas e pauis representam as zonas húmidas continentais de água doce; as lagoas são formações mais ou menos extensas de água com uma determinada profundidade, enquanto que os pauis são geralmente depressões ligeiras que apresentam um manto de água permanente ou temporário.

Segundo LACROIX (1992) os organismos que se estabelecem nas zonas húmidas, caracterizadas por uma delimitação incerta entre a terra e a água, desenvolveram importantes mecanismos adaptativos ao meio, como resposta ao factor "disponibilidade de água", atendendo a que regularmente existem períodos em que esta escasseia. Algumas espécies vegetais revelam sucesso adaptativo devido ao desenvolvimento de caules subterrâneos ricos em reservas (rizomas), enquanto outras o devem ao desenvolvimento de poderosos sistemas radiculares. Assim, as distintas características físico-químicas e biológicas dos meios aquático e terrestre conduziram, mediante a selecção natural, a formas de vida diferentes. As plantas aquáticas, submetidas a condições ambientais particulares, desenvolveram estratégias adaptativas, especializando-se (MACHÁS, 1995).

Macrófitas são plantas macroscópicas; esta designação é suficientemente abrangente para englobar o grupo das plantas vasculares (angiospérmicas), o das algas com incrustações de depósitos calcários (carófitas) e o das algas filamentosas (ENGEL, 1985). Macrófitas aquáticas são, segundo COLE (1988), as grandes plantas dos reservatórios de água - incluindo as formas com passado terrestre que se adaptaram ao meio aquático.

As macrófitas aquáticas evoluíram de uma grande diversidade de grupos, apresentando, frequentemente, uma extrema plasticidade na estrutura e morfologia, face a mudanças ambientais. Este facto, conjugado com a grande heterogeneidade das condições ambientais dos habitats litorais, é responsável pela diversidade dos sistemas de classificação ecológica das macrófitas aquáticas (WETZEL, 1993).

Segundo GOLDMAN & HORNE (1983) as macrófitas aquáticas fixas não apresentam, geralmente, necessidade de desenvolver mecanismos específicos para garantir a sua nutrição, uma vez que, devido a estarem fixas ao substrato, podem absorver nutrientes dos sedimentos litorais e da coluna de água. No que respeita às macrófitas flutuantes LACROIX (1992) refere-se à existência de vários mecanismos para assegurar a nutrição, como, por exemplo, a existência de heterotrofismo parcial: a macrófita flutuante pode alimentar-se de organismos zooplactónicos que captura dentro de pequenas vesículas unidas na base das folhas.

As macrófitas impedem a passagem de luz e retardam os movimentos da água, originando gradientes verticais de temperatura. A sua degradação liberta para o meio nutrientes e metais pesados e pode, ainda, ser responsável pela libertação de odores nocivos para o Homem e remoção do oxigénio dissolvido da água (ENGEL, 1985).

As macrófitas são bons indicadores para mudanças da dureza e concentração de carbonatos na água podendo, pois, ser utilizadas como indicadores biológicos da qualidade da água (KOHLENER, 1976, 1982 *in* SCHMIDER & OTTOW, 1984), uma vez que a sua respiração e fotossíntese causam flutuações diárias de pH, alcalinidade e concentração de oxigénio e dióxido de carbono dissolvidos (ENGEL, 1990a).

BROWN (1987) estudou a evolução do estado trófico de um lago, constatando que o aumento do estado de eutrofização é acompanhado por mudanças da flora aquática, nomeadamente o desaparecimento de algumas espécies e o aumento da densidade de outras.

A classificação de um lago, no que diz respeito ao seu estado trófico, tem sido efectuada tendo em consideração vários parâmetros: concentração de nutrientes e/ou de clorofila, transparência da água, produtividade primária, abundância de vegetação litoral e predominância de determinadas espécies. Os lagos eutrofizados possuem concentrações elevadas de nutrientes, produtividade elevada, vegetação litoral abundante e populações de plâncton densas com frequente ocorrência de florescências ("blooms"). Nos lagos oligotróficos típicos a concentração de nutrientes é baixa, as plantas litorais são escassas e as florescências de plâncton são raras, pelo que as águas são normalmente transparentes (ODUM, 1983; JORGENSEN, 1980). Os lagos mesotróficos, comparativamente aos dois tipos referidos anteriormente, apresentam uma produtividade intermédia (THOMANN & MUELLER, 1987).

Na sequência da classificação do estado trófico dos lagos, baseada na concentração de nutrientes, vários autores mencionam que a presença e abundância de determinadas espécies de plantas nos ecossistemas aquáticos podem ser usadas como indicadores do seu estado de eutrofização, estabelecendo uma divisão entre lagos oligotróficos e eutróficos (LANDNER & WAHLGREN, 1986; SCHMIDER & OTTOW, 1984).

MELZER (1974, *in* SCHMIDER & OTTOW, 1984) refere que espécies como *Chara vulgaris*, *Nitella mucronata*, *Potamogeton nodosus* são indicadores biológicos de águas oligotróficas, enquanto que *Ceratophyllum demersum* e *Lemna minor* são indicadores de eutrofização avançada. Com o aumento do grau de eutrofização a *Chara sp.* é substituída por *Ceratophyllum demersum*, *Hippuris vulgaris*, *Nymphaea alba* e *Nuphar lutea*; *Ceratophyllum demersum*, *Hippuris vulgaris*,

*Nymphaea alba*, *Myriophyllum spicatum*, *Myriophyllum verticillatum* e *Nymplodes peltata* são referidos como exemplos de espécies com grandes exigências nutritivas.

Num estudo realizado durante três anos, em três lagos com diferentes níveis tróficos (oligotrófico, mesotrófico e eutrófico), SCHMIDER & OTTOW (1984) utilizaram as macrófitas como indicador do estado de eutrofização. Este estudo confirmou que espécies como a *Chara vulgaris*, *Nitella mucronata*, *Potamogeton trichoides* e *Juncos articulatus* podem ser indicadores de lagos oligotróficos enquanto que as espécies *Ceratophyllum demersum*, *Hippuris vulgaris*, *Nymphaea alba*, *Myriophyllum spicatum*, *Myriophyllum verticillatum* exigem concentrações elevadas de nutrientes. Constataram, ainda, que espécies como *Potamogeton lucens* e *Sparganium emersum* não podem ser utilizadas como indicadores biológicos do estado trófico de um lago porque ocorrem igualmente em lagos oligotróficos, mesotróficos e eutróficos (SCHMIDER & OTTOW, 1984).

O controlo da degradação dos ecossistemas aquáticos, nomeadamente o controlo da eutrofização das massas de água, tem consistido, essencialmente, na remoção de sedimentos por dragagem, na utilização de técnicas de colheita de plantas e aplicação de herbicidas (ENGEL, 1990b) e em processos de oxigenação de fundo (THOMANN & MUELLER, 1987), sendo as mais utilizadas a colheita de plantas e a aplicação de herbicidas.

A colheita de plantas poderá ser manual ou mecânica, resultando de ambas impactes que se traduzem na produção de resíduos vegetais que provocam turvação e se depositam nas margens, ao mesmo tempo que se verifica, por exemplo, a ressuspensão de sedimentos com consequente libertação de poluentes na coluna de água, a remoção de habitats, a turbidez da água e as florescências ("blooms") de algas (CLARK, 1992; ENGEL, 1990b).

Segundo ENGEL (1990b), qualquer das formas de colheita, principalmente a mecânica, pode alterar a composição das comunidades de plantas, já que a remoção de espécies competidoras e a limpeza do leito poderão permitir o crescimento da novas espécies dominantes.

Como tentativa de minimizar os distúrbios, ENGEL (1990b) menciona a necessidade e os benefícios de criar sistemas de classificação, nacionais ou regionais, de modo a estabelecer critérios de selecção do local a interencionar. Refere, ainda, que a gestão correcta integra várias técnicas e que o seu uso sensato poderá promover o controlo das plantas sem danificar o ecossistema.

Se, por um lado, há situações graves que exigem intervenções do tipo das atrás descritas, por outro, é urgente começar a controlar o fenómeno através do

controlo das causas, ou seja, das fontes de poluição. As cargas poluentes provenientes de fontes de poluição pontual, como sejam a descarga directa de efluentes domésticos e industriais, tem vindo a reduzir a sua importância relativa, devido à generalização do tratamento em ETAR's (Estações de Tratamento de Águas Residuais). Assim, o controlo das fontes de poluição difusa, que é considerada em muitos casos como a principal origem de poluição da água (WEINBERG, 1990), é o aspecto mais preocupante. Nesse sentido, torna-se necessário desenvolver programas e incentivos ao correcto uso do solo e à implementação de práticas agrícolas menos poluentes.

Uma técnica que recentemente ganhou projecção internacional, designada por ecotecnologia (um tipo específico de técnica ecológica de restauração de ecossistemas), tem como objectivo reduzir a entrada de poluentes, sobretudo de origem difusa, nos ecossistemas aquáticos, através da criação de uma zona húmida a montante do mesmo. Esta técnica inclui dois aspectos:

1. Proteger o ecossistema de danos antes e durante o desenvolvimento de uma actividade humana e minimizar o impacto negativo proveniente da exploração de recursos

2. Reduzir a superfície afectada e impedir a sua progressão, ou criar uma nova área ecológica, que purifique as massas de água e a atmosfera, através da introdução de espécies de fauna e flora provenientes do ecossistema original (YAN & ZHANG, 1992; STRAKRABA, 1993).

Esta técnica, de fundamentação ecológica, baseada na utilização de plantas aquáticas, pode ser utilizada no controlo e recuperação de ecossistemas eutrofizados, sem os danos causados aos ecossistemas pela aplicação das tradicionais técnicas de controlo referidas. Apesar de não constituir uma técnica preventiva, no verdadeiro sentido, a utilização de plantas aquáticas parece consistir num meio eficiente de controlar a eutrofização, através da redução das cargas afluentes aos ecossistemas afectados.

## 1.2 - DETECÇÃO REMOTA EM ESTUDOS DE VEGETAÇÃO

A adopção do termo "deteccção remota" remonta ao princípio dos anos 60; contudo, pode considerar-se que a história da deteccção remota começou em 1858, quando um fotógrafo francês subiu 80 metros num balão para obter imagens de uma vila próxima de Paris (PALMEIRIM, 1987/88).

Segundo BARRETT & CURTIS (1982) deteccção remota é a aquisição de dados sobre um objecto sem o tocar; contudo, também pode ser referida como o registo de informação ao longo do espectro electromagnético, desde a região dos

ultravioletas até às micro-ondas, sem contacto físico com os objectos, através de instrumentos colocados em plataformas móveis, e a análise da informação obtida recorrendo a técnicas de fotointerpretação, interpretação de imagens ou a sistemas de processamento digital (REEVES, 1975; SABINS, 1986; SEABRA *et al*, 1993).

FUSSEL (1986) sugere que o termo "remota", neste contexto, apresenta implícito o conceito de que os métodos de tratamento dos dados envolvem transformações simbólicas, antes de se poder atribuir significado a esses mesmos dados.

Alguns autores recorrem aos conceitos de ciência e arte: detecção remota é a ciência e arte de obter informação sobre um objecto, área ou fenómeno através da análise dos dados adquiridos por um instrumento que não contacta com o objecto, área ou fenómeno em investigação (LILLESAND & KIEFER, 1987).

Com efeito, o registo dos dados à distância pelos sensores e o seu tratamento com equipamento de processamento de imagens empregando "software" com algoritmos complexos e base estatística, é uma actividade que pode ser considerada científica. Mas fotointerpretação requer experiência, acompanhada de treino e conhecimentos teóricos aprofundados, indispensáveis para que se possa atribuir significado aos dados captados pelo sensor. Este aspecto pode, indubitavelmente, ser chamado arte (FUSSEL, 1986).

De um ponto de vista meramente tecnológico, o conceito de detecção remota engloba o conjunto de métodos e técnicas que permitem reconhecer, ler e interpretar os arquivos históricos inseridos no solo e na paisagem (MASCARENHAS & BARATA, 1992).

Contudo, segundo DRURY (1992), a detecção remota não apresenta directamente soluções, devendo ser encarada como um conjunto de informações com aplicação geral e que tem correspondência com a escala e a diversidade dos problemas globais dum modo como não tinha sido possível antes das duas últimas décadas do século XX.

CALDER (1991) sugere que a detecção remota representa alterações tão profundas nos modos de contemplar a Terra como a revolução efectuada pela introdução do telescópio na astronomia, levando a novos modos de pensar e, eventualmente, a uma nova geografia do globo.

A detecção remota restringe-se a métodos que utilizam energia electromagnética como meio de detectar e medir características de um objecto ou fenómeno. Com esta delimitação excluem-se medições eléctricas, magnéticas e gravitacionais (SABINS, 1986).

A fotografia aérea consistiu na primeira forma de detecção remota, sendo amplamente usada para fins cartográficos, estudos de engenharia, estudos ambientais e para exploração de recursos minerais. Estas primeiras aplicações usavam apenas radiação da banda do visível do espectro electromagnético. Na década de 60 tornou-se possível a utilização de energia radiante de outros comprimentos de onda, nomeadamente do infravermelho térmico e das micro-ondas. Nesta década houve também um forte desenvolvimento dos satélites, o que proporcionou uma nova visão da superfície da Terra (SABINS, 1986).

Contudo, seja qual for o sistema de detecção remota concebido, a energia electromagnética é detectada de forma selectiva dentro de uma ou mais divisões do espectro, não havendo um instrumento único capaz de detectar a radiação dentro de todas as divisões referidas (AVERY & BERLIN, 1992).

Actualmente, com o aperfeiçoamento de técnicas e metodologias de processamento digital, a imagem de satélite tem vindo a substituir em alguns domínios de aplicação os métodos tradicionais (utilização da fotografia aérea); simultaneamente, verifica-se uma crescente integração de dados de detecção remota em Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), devido a estes constituírem importante ferramenta de manipulação de informação geográfica, de grande utilidade a nível da gestão ambiental (BESSA, 1994).

A importância dos dados obtidos por detecção remota é muito grande e encontra aplicações em variadíssimas disciplinas. Para todas elas, porque a superfície da Terra se encontra coberta em grande parte por vegetação, esta aparece como elemento de primordial importância a entender nas imagens, ou porque é ela o objecto de estudo, ou porque é informação a remover das imagens, ou ainda porque fornece informações indirectas sobre o objecto de estudo. Torna-se, portanto, necessário conhecer quais as interacções entre a energia electromagnética, as folhas das plantas constituintes de um coberto vegetal e a superfície da Terra subjacente, para interpretar a resposta espectral composta tal como é registada pelo sensor. É então possível explorar as formas pelas quais esta informação pode ser usada, à escala local, regional ou nacional (PERDIGÃO, 1987).

A principal origem da energia que o nosso planeta recebe do espaço que o rodeia é o Sol, sendo a quantidade de energia oriunda de outros corpos celestes muito pequena e praticamente desprezável. De facto, aquele astro constitui a fonte quase absoluta da energia da energia que sustenta a vida na Terra (PEIXOTO, 1961a, 1961b; SABINS, 1986; BAKULIN *et al*, 1988). As características espectrais da vegetação, tal como de qualquer outro objecto da superfície terrestre, são determinadas pela interacção entre a energia electromagnética proveniente do Sol e a matéria, verificando-se que o comportamento da radiação das diferentes regiões do espectro electromagnético depende,

fundamentalmente, de variações na composição e estrutura das plantas em que incide (BARRET & CURTIS, 1982).

As plantas possuem, em geral, uma estrutura complexa, sendo constituídas por várias camadas de folhas sobrepostas segundo geometrias diversas e por outras estruturas vegetais tais como ramos e troncos. A interacção entre a radiação solar e a copa da vegetação determina a quantidade de energia radiante que é absorvida, reflectida ou transmitida pelas folhas e a energia disponível para os processos da fotossíntese e da evapotranspiração.

A intensidade com a qual a radiação de qualquer comprimento de onda é reflectida pelas formações vegetais depende fundamentalmente das propriedades espectrais das folhas e do substrato. Contudo, outros factores como a área, a orientação e a forma das folhas, a presença de material senescente e de outras estruturas vegetais além das folhas, a influência da atmosfera, a geometria sol-alvo-sensor, a exposição e o declive do terreno e ainda a existência de sombras afectam a qualidade e a quantidade de radiação solar reflectida pelas fitocenoses (CURRAN, 1983a; WEISER *et al*, 1986).

Assim, embora a assinatura espectral da vegetação seja a resposta integrada dos vários elementos referidos, o maior contributo é dado pelas folhas. A cor da folha é o resultado da reflexão da luz pelos pigmentos, principalmente clorofila, caroteno e xantófila, cujas proporções diferentes de espécie para espécie determinam as diferenças em cor tal como as observamos em condições normais (PERDIGÃO, 1987). A energia não absorvida é em grande parte reflectida, o que dá à maioria das plantas a cor verde - estas absorvem na região do azul ( $0.45\mu\text{m}$ ) e na do vermelho ( $0.65\mu\text{m}$ ), donde resulta a sua cor verde; ao contrário, uma planta de cor castanha não absorve na região do azul e do vermelho (TUCKER, 1980).

Os vários componentes celulares (estomas, membrana celular, cristais, citoplasma, água), bem como a interface ar-célula, têm índices de refacção diferentes o que, associado ao seu arranjo irregular, conduz a refacções e reflexões internas múltiplas. Os comprimentos de onda correspondentes ao infravermelho são os mais afectados por estas variações, uma vez que estes comprimentos de onda são reflectidos, em cerca de 80%, pelas folhas. Uma vez que o mesófilo é mais ou menos desenvolvido consoante as espécies vegetais, resultam diferenças sensíveis entre as curvas de reflectância das diversas plantas (GIRARD, 1978 *in* PERDIGÃO, 1987).

Assim, a resposta espectral da vegetação fotossinteticamente activa é complexa, sendo função do comprimento de onda (FIG 1.2). A vegetação apresenta uma baixa reflectância na região espectral do visível ( $0.4\mu\text{m}$  -  $0.7\mu\text{m}$ ), uma elevada reflectância na região do infravermelho próximo ( $0.7\mu\text{m}$  -  $1.3\mu\text{m}$ ) e um comportamento variável no infravermelho médio ( $1.3\mu\text{m}$  -  $2.5\mu\text{m}$ ) (MILTON &

MOUAT, 1989). Verifica-se que os pigmentos fotossintéticos têm uma importância fundamental na resposta da vegetação na região espectral do visível, enquanto que no infravermelho próximo esse papel se deve essencialmente à estrutura interna das folhas. Na região do infravermelho médio o comportamento espectral da vegetação é determinado principalmente pelo da água existente nos tecidos foliares (BARRET & CURTIS, 1982).

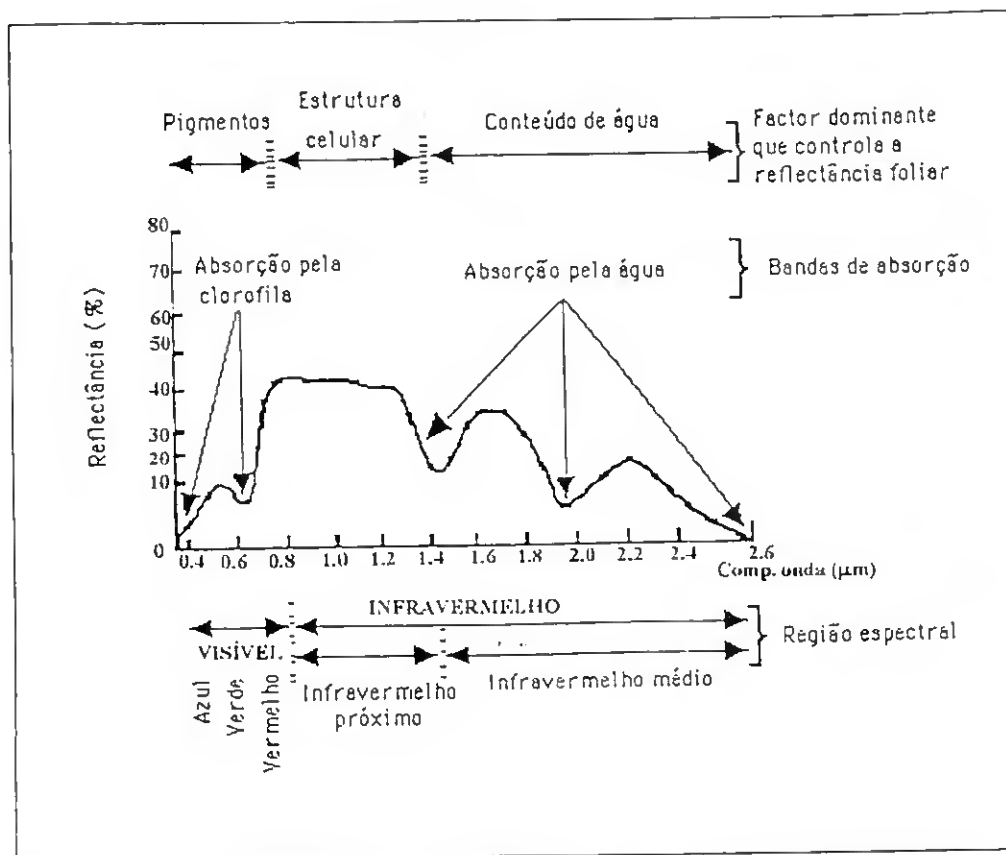


FIGURA 1.2 - Resposta espectral da vegetação (adaptado de HOFFER, 1978 in RODRIGUES, 1990).

Na utilização de técnicas de detecção remota em estudos de vegetação interessa obter, por um lado, um forte sinal da componente vegetal e, por outro lado, o maior contraste possível entre o sinal da vegetação e o do substrato envolvente (TUCKER, 1979). A maior diferença entre a resposta da vegetação e a do substrato, dentro da radiação visível, ocorre na região  $0.62\mu\text{m} - 0.68\mu\text{m}$ . Esta é, efectivamente, a gama de comprimentos de onda, da região espectral referida, mais utilizada nos estudos de vegetação (TUCKER & SELLERS, 1986).

Sabe-se existir interferência do vapor de água atmosférico nos valores da reflectância da vegetação, em certas zonas da região espectral  $0.74\mu\text{m} - 1.1\mu\text{m}$ ;

como tal, há uma selecção da zona  $0.79\mu\text{m} - 0.90\mu\text{m}$ , denominada "janela atmosférica" que é uma zona espectral de interferência mínima do referido componente atmosférico. Simultaneamente, constata-se nesta zona uma diferença acentuada entre a resposta da vegetação e a do substrato (TUCKER & SELLERS, 1986). Também existe influência do vapor de água da atmosfera na região  $1.3\mu\text{m} - 2.5\mu\text{m}$ , em determinadas gamas de comprimento de onda, motivo pelo qual HOFFER (1978) escolheu apenas duas zonas de interferência mínima ( $1.55\mu\text{m} - 1.75\mu\text{m}$  e  $2.1\mu\text{m} - 2.3\mu\text{m}$ ) que, simultaneamente, permitem obter enorme contraste radiométrico entre a componente vegetal e o substrato que coloniza.

Assim, os estudos de detecção remota de vegetação podem usar a informação radiométrica das regiões espectrais  $0.62\mu\text{m} - 0.68\mu\text{m}$  e  $0.79\mu\text{m} - 0.90\mu\text{m}$  para inferir, respectivamente, a concentração de pigmentos presentes e a densidade da fitomassa e, ainda, informação das regiões  $1.55\mu\text{m} - 1.75\mu\text{m}$  e  $2.1\mu\text{m} - 2.3\mu\text{m}$ , para determinação do teor hídrico das folhas. Contudo, tem-se verificado que a absorção da radiação solar pelos pigmentos fotossintéticos está fortemente correlacionada com a quantidade de água presente nos tecidos foliares. Consequentemente, apenas se pode usar duas regiões espectrais nos referidos estudos, nomeadamente a zona superior do visível ( $0.62\mu\text{m} - 0.68\mu\text{m}$ ) e a região  $0.79\mu\text{m} - 0.90\mu\text{m}$  do infravermelho próximo (PALTRIDGE & BARBER, 1988 *in* RODRIGUES, 1990).

Compreende-se, assim, que os estudos sobre vegetação utilizem as regiões espectrais do vermelho e do infravermelho próximo. De facto, a vegetação apresenta uma grande diferença entre os valores da reflectância nas duas regiões espectrais citadas, nomeadamente, fraca reflectância no vermelho e elevada reflectância no infravermelho próximo. Tem-se verificado que esta diferença aumenta proporcionalmente à quantidade de vegetação presente (SCHNEIDER *et al*, 1985).

Pelo contrário, a componente substrato possui uma diferença mais atenuada entre os valores da reflectância nas duas regiões referidas. Assim, variações de reflectância nestas duas gamas de comprimento de onda serão mais sensíveis a mudanças do coberto vegetal do que variações da reflectância numa única gama de comprimento de onda (TUCKER & SELLERS, 1986). CURRAN (1983b) verificou que, dentro de certos limites, as variações da reflectância nas duas regiões espectrais, consideradas em conjunto, são independentes do tipo de solo e de mudanças na irradiância solar. No QUADRO 1.3 são referidos alguns dos trabalhos desenvolvidos, desde os anos 60, no âmbito do estudo da vegetação e de zonas húmidas, recorrendo a técnicas de detecção remota (com utilização de diversos tipos de sensores).

**QUADRO 1.3 - Trabalhos desenvolvidos no âmbito do estudo da vegetação e de zonas húmidas, utilizando diferentes tipos de sensores de detecção remota.**

ESTUDO	TIPO DE SENSOR UTILIZADO	REFERÊNCIA
Distribuição de Macrófitas Aquáticas	Fotografia aérea, filme preto/branco	EDWARDS & BROWN, 1960
Monitorização de Plantas Aquáticas	Fotografia aérea, filmes colorido e infravermelho colorido	BENTON Jr. & NEWNAM, 1976
Cartografia de Zonas Húmidas Costeiras	Fotografia aérea, filme infravermelho colorido	McEWEN et al, 1976
Cartografia de Zonas Húmidas	Fotografia aérea, filme infravermelho colorido	BROWN, 1978
Erva com Deficiência de Água	Radiómetro	TUCKER, 1978
Cartografia e Classificação de Zonas Húmidas	Fotografia aérea, filme infravermelho colorido	CARTER et al, 1979
Cartografia de Vegetação	Fotografia aérea, filme infravermelho colorido	GAMMON & CARTER, 1979
Cartografia de Zonas Húmidas	Fotografia aérea, filme preto/branco	MEAD & GAMMON, 1981
Distribuição de Macrófitas Submersas	Fotografia aérea, filme preto/branco	SCHLOESSER & MANNY, 1984
Biomassa de Macrofitobentos Estuarino	Fotografia aérea, falsa cor	MEULSTEE et al, 1986
Inventariação de Vegetação Aquática	Fotografia aérea, filme colorido	SCHLOESSER et al, 1988
Identificação de Blooms e Estimativa da Concentração de Pigmentos Estuarinos	Satélite AVHRR e CZCS	STÜMPF & TYLER, 1988
Amostragem de Vegetação	Fotografia aérea, filme colorido	WILLIAMSON, 1988
Cartografia de Macrófitas Aquáticas	Satélite LANDSAT TM e MSS	GAO & COLEMAN, 1990
Modelo de Probabilidade para Estudo da Produtividade Primária	Satélite LANDSAT TM	LIRA et al, 1990
Cartografia de Áreas Florestais	Satélite LANDSAT TM	DEEN, 1991
Estimativa da Concentração de Clorofila, em Diferentes Géneros de Algas de Água Doce	Radiómetro	QUIBELL, 1992
Medição de Áreas de Zonas Húmidas	Fotografia aérea, filme preto/branco	LYON & GREENE, 1992
Análise de um Lago Eutrofizado	Satélite LANDSAT TM	DEKKER & PETERS, 1993
Monitorização de Vegetação com Utilização de um SIG	Fotografia aérea, filme preto/branco	NELDNER et al, 1995

A geometria do coberto vegetal, no que se refere ao seu tamanho e forma, permite ter a percepção de textura, o que pode ter uma importância enorme na identificação de classes de vegetação. A orientação variável das folhas origina reflexões internas múltiplas. O grau de abertura de um copado comanda a

importância das sombras, dos ramos e folhas inferiores e da influência da resposta espectral do solo na reflectância total medida sobre o copado e, portanto, na tonalidade obtida sobre a imagem. A variabilidade de resposta espectral depende da densidade de povoamento e interferência solo/vegetação daí resultante, das associações e distribuições relativas de espécies vegetais num determinado coberto, bem como existências de fenologias não uniformes dentro dele (PERDIGÃO, 1987).

A radiação que atinge um coberto vegetal pode ou não atingir o solo subjacente, dependendo da densidade ou biomassa de vegetação. A interacção com o solo subjacente diminui à medida que a densidade ou a biomassa aumentam, até se alcançar a reflectância espectral assintótica para um dado comprimento de onda, altura em que aumentos na densidade ou biomassa não provocam alterações na resposta espectral do coberto vegetal. Tal situação pode ser explicada devido ao coberto ter já uma densidade e espessura (número de camadas de folhas) que impedem a penetração da irradiação espectral incidente até às camadas de folhas mais baixas, sendo, nesta altura, a contribuição espectral do solo nula (para esse comprimento de onda). Como tal, a influência relativa da resposta espectral do solo na reflectância do coberto vegetal está inversamente relacionada com a biomassa ou densidade de vegetação (TUCKER & MILLER, 1977).

### 1.3 - AS LAGOAS DA VELA E DAS BRAÇAS

As Lagoas de Quiaios ficam localizadas na faixa costeira portuguesa, a norte do Cabo Mondego, concelho de Figueira da Foz, distrito de Coimbra; segundo a Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos (NUTS), a zona de estudo integra-se na unidade Baixo Mondego (FIG. 1.3). É constituída por um conjunto de quatro lagoas de água doce - Vela, Braças, Salgueiros e Teixoeiro - separadas entre si por escassas centenas de metros e classificadas como zonas húmidas por FARINHA & TRINDADE (1994).

Do ponto de vista geológico a referida zona integra-se na Orla Mesocenozóica Ocidental, que corresponde a uma bacia de sedimentação instalada no bordo ocidental do Maciço Hespérico, a qual teve origem durante o Mesozóico, quando da formação de um fosso tectónico de direcção NNE-SSW, relacionado com as fases precoces da abertura do Atlântico Norte (DIAS *et al*, 1994).

Geomorfologicamente, a faixa continental adjacente ao litoral entre Espinho e Nazaré corresponde, de forma geral, a uma zona aplanada e de baixa altitude. O relevo mais importante é a Serra da Boa Viagem (257m de altura máxima),

assim como algumas arribas. Para além destes relevos, toda a restante área pode ser considerada como pertencente a uma planície costeira (VANNEY & MOUGENOT, 1981; BETTENCOURT & ÂNGELO, 1992) de grande uniformidade topográfica, estando talhadas sobre ela várias plataformas plio-pleistocénicas, resultantes de acções de acumulação e abrasão marinhas (CARVALHO, 1952).

O conjunto das referidas plataformas traduz-se no relevo característico da região da Gândara (norte da Serra da Boa Viagem), situando-se a plataforma mais elevada (plataforma Murtede-Cordinhã) entre 100 e 135m. Mais abaixo encontra-se uma extensa planície que sobe para Este até aos 90m e vai baixando até 30m a Oeste, que se denomina plataforma Cantanhede-Mira. Quiaios situa-se sobre esta plataforma de depósitos marinhos, acumulados durante diferentes épocas geológicas, eolizados à superfície pelos ventos quaternários e dando origem à formação de dunas litorais (CARVALHO, 1952).

As dunas, holocénicas, existem ao longo de quase toda a área entre Espinho e Nazaré, apenas sendo interrompidas por obstáculos naturais ou por estruturas portuárias e povoações. Podem distinguir-se dois tipos principais de dunas, sendo um correspondente ao cordão dunar frontal e o segundo às dunas interiores, que se podem diferenciar em vários sistemas, com formas e orientações distintas (BETTENCOURT & ÂNGELO, 1992). Para o interior do cordão dunar frontal existe, frequentemente, uma depressão com algumas dezenas de metros de largura (paralela à linha de costa) que contacta com o vasto campo dunar formado pelas dunas interiores. A grande dimensão dos campos dunares reflecte bem um fornecimento sedimentar extremamente abundante que ocorreu em tempos recentes, tendo sido os sedimentos litorais remobilizados pelos fortes ventos que ainda hoje se fazem sentir nesta região. Tal transporte eólico intenso provocou, durante séculos, a invasão dos terrenos de cultivo e das próprias habitações existentes em toda a região. São de longa data as tentativas, geralmente bem sucedidas, de estabilizar o avanço das dunas para o interior.

A zona de estudo está inserida numa região que apresenta acentuados contrastes entre a sua fachada mais litoral e a área mais interior. Assim, como factores geográficos determinantes, são de referir as sub-regiões do Baixo Mondego e da Gândara. Segundo GASPAR (1970, *in* COELHO, 1989), o Baixo Mondego constitui o limite sul da Beira Litoral, enquanto a Gândara é definida por CRAVIDÃO (1988), como o território de solo arenoso situado a norte da Serra da Boa Viagem. A zona húmida das Lagoas de Quiaios situa-se, exactamente, nos limites sul da Gândara e norte do Baixo Mondego.

A fixação humana na zona litoral do distrito de Coimbra, onde o Mondego desde sempre se tem apresentado como o elo referenciador comum das características morfológicas, hidrográficas e climáticas, tem um passado remoto; o outeiro de Santa Olaia está identificado como um povoado

implantado no que devia ser uma ilha no estuário do Mondego, entre os séculos VIII e IV a.C. (MATTOSO, 1992).

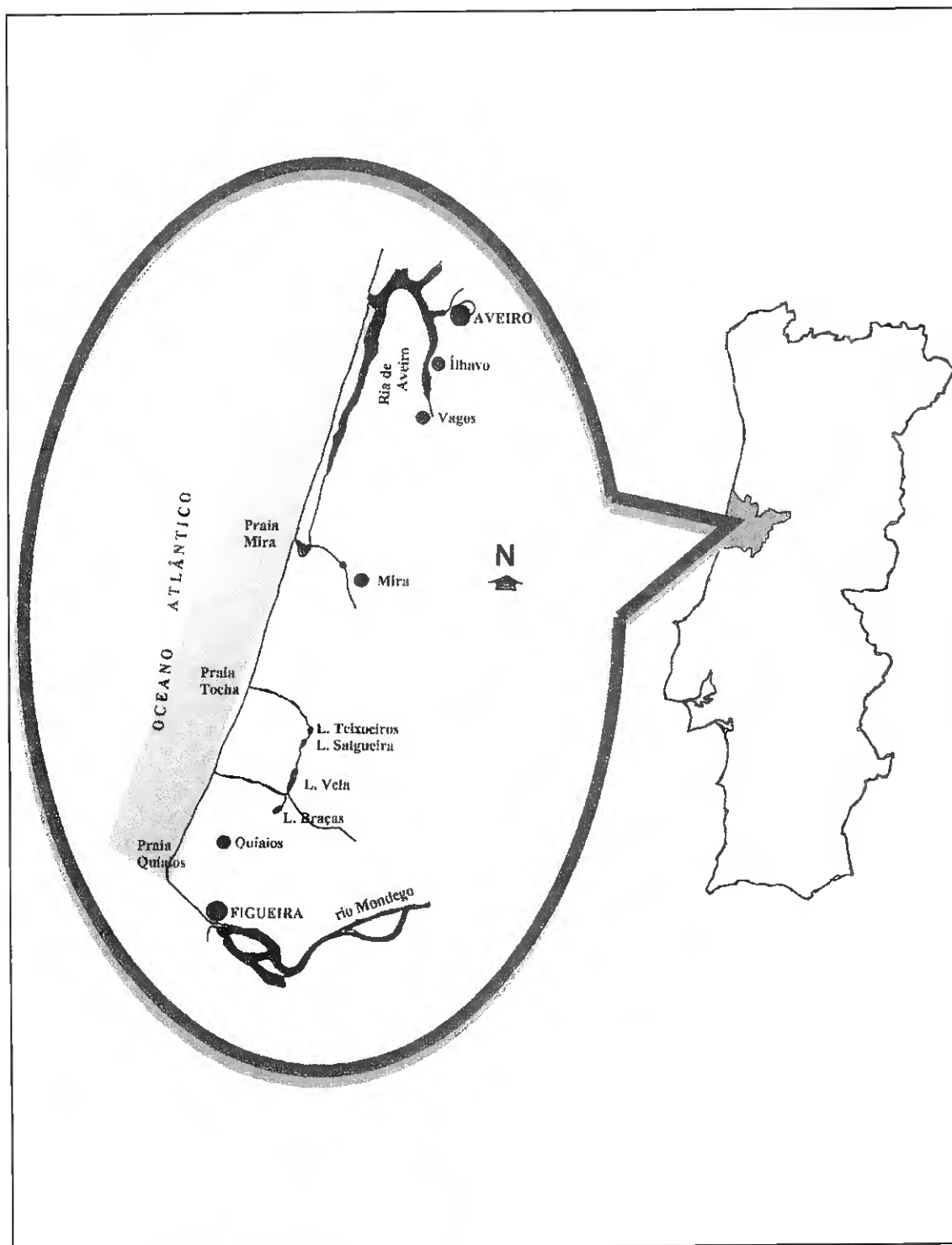


FIGURA 1.3 - Localização da zona de estudo.

Por contraste, a região gandraesa é um espaço recentemente ocupado; domínio de extensos areais, incultos, matos e baldios, manteve-se praticamente despovoado até ao final da Idade Média. Contudo, o lugar de Quiaios é conhecido desde o séc. IX, apresentando-se como excepção ao extenso vazio que domina toda a região (CRAVIDÃO, 1988). Só a partir do século XVII a ocupação deste espaço ganhou expressão significativa, devido ao movimento arroteador e à introdução de novas técnicas de cultivo e de novas plantas.

Porém, as terras cultivadas eram frequentemente invadidas pelas areias dunares, sujeitas à acção contínua dos ventos dominantes, numa onda que tudo submergia e numa extensão que, segundo FREITAS (1940), chegava a atingir 20 metros em cada ano. Assim, por este processo destrutivo, todos os anos desapareciam alguns hectares de terrenos cultivados, o que levou, no início deste século, a trabalhos de fixação das areias com pinheiro bravo. Em 1940 a zona envolvente das Lagoas de Quiaios estava povoada de pinheiro bravo, dando lugar, em volta das povoações, à cultura arvense e à vinha. O milho e a batata aparecem referenciados como as principais produções.

Tradicionalmente, a adubação das terras de cultura era conseguida com a apanha, corte ou recolha de algas marinhas - sargaço, moliço ou limos. A pesca de caranguejo pequeno em cardumes, o pilado, também utilizado como fertilizante das terras, era, como a apanha de algas, uma importante faina que interessava à lavoura, mas que tinha lugar no mar. Em Quiaios, era com o pilado que se conseguia um maior volume de fertilizante, misturando-o com estrume e mato e utilizando-o como estrumação geral, com exclusão do milho (OLIVEIRA *et al*, 1990).



Após a década de 50, porém, estes métodos tradicionais de fertilização deixaram praticamente de ser utilizados, uma vez que foram suplantados pela generalização dos adubos químicos. O resultado imediato da utilização da adubação química foi a redução dos períodos de pousio dos solos, que eram de cinco a sete anos, mas nas chamadas terras galegas chegavam a atingir os onze anos (FEIO, 1970 *in* RIBEIRO, 1991).

DINIZ (1983) refere, para o ano de 1968, a utilização de plantas marinhas nas explorações agrícolas, a par do uso de adubo químico, correctivo calcário e estrume. Só que, enquanto o adubo e o estrume são usados, no distrito de Coimbra, em cerca de 90% dos níveis de exploração, as plantas marinhas só o são em 6% e o correctivo calcário em 2%.

Assim, toda esta região que durante muitos séculos se apresentou como um imenso vazio, sofreu a sua primeira grande alteração, em termos de ocupação do solo, com o povoamento de pinheiro bravo; a partir dos anos 50, com a

intensificação das práticas agrícolas e a substituição dos métodos tradicionais de fertilização pela adubação química, deu-se a segunda grande modificação.

Actualmente, a ocupação do solo é dominada por uma densa arborização de pinheiro bravo, nas dunas alinhadas ao longo da costa. Para o interior sucedem-se as areias ganderesas, onde se semeia milho de rega, associado ao feijão e abóbora, muitas vezes em rotação de Outono-Inverno com ferrejos e batata; a produção de gado bovino tem assumido importância crescente nos últimos anos. O tipo de povoamento rural é disperso, aparecendo as casas disseminadas ao acaso, sem nenhuma ligação entre si.

Do ponto de vista hidrológico, as Lagoas de Quiaios encontram-se situadas na área do Sistema Aquífero Arenoso do Vouga, constituído fundamentalmente por dois aquíferos sobrepostos: um, freático, em areias finas e outro, subjacente e semi-confinado, que se desenvolve nas areias médias grosseiras (FERNANDES *et al.*, 1993; M.P.A.T., 1992). Os aquíferos encontram-se claramente interconectados hidráulicamente, pois o nível lodoso que os separa apresenta uma permeabilidade suficiente para permitir a drenagem do aquífero superior para o inferior. A recarga dos aquíferos tem origem exclusiva na precipitação atmosférica que cai directamente sobre a área.

As lagoas localizam-se em depressões existentes no terreno, estando as características morfométricas das duas maiores lagoas mencionadas no QUADRO 1.4. A água das lagoas corresponde ao afloramento do nível freático livre, sendo o balanço hídrico das mesmas influenciado, ainda, pelas águas de escorrência superficial e subterrânea, pela precipitação caída directamente nas lagoas e pelo caudal das valas de saída. A flutuação do nível da água nas lagoas acompanha de perto a variação da piezometria do aquífero livre.

**QUADRO 1.4 - Morfometria das Lagoas da Vela e das Braças e respectivas áreas de drenagem.**

PARÂMETRO	LAGOA DA VELA	LAGOA DAS BRAÇAS
Área máxima (ha)	70	30
Profund. máxima (m)	2.5	2
Comprim. máximo (Km)	6	2
Área de drenagem (ha)	600	450
Zona florestal (%)	50	75
Zona agrícola (%)	30	15
Zona húmida (%)	15	10
Estradas, casas, etc. (%)	5	insignif.

A zona envolvente das lagoas apresenta uma ocupação do solo dominada por *Pinus sp.* a Oeste e terrenos agrícolas a Este, registando-se ainda alguns agregados populacionais dispersos e um elevado número de efectivos pecuários (vacarias). Actualmente, com a intensa utilização de fertilizantes sintéticos, juntamente com a aplicação de estrumes e a escorrência/infiltração proveniente das vacarias, existem elevadas cargas de nutrientes que afluem ao ecossistema lacustre, sobretudo por via subterrânea. Assim, a entrada de cargas poluentes nas lagoas resulta, essencialmente, de poluentes de origem difusa, uma vez que não existem inventariadas fontes de poluição pontual.

Em termos biológicos, o ecossistema das lagoas é bastante rico e encontra-se em processo visível de eutrofização, evidenciado pelas elevadas densidades fitoplanctónicas que se registam e pelas concentrações de nutrientes presentes, nomeadamente, na Lagoa da Vela (BARROS *et al.*, 1993; FERNANDES *et al.*, 1995a). De facto, podem-se observar densidades de  $1.7 \times 10^2$  a  $5.4 \times 10^4$  cel/ml, que se situam na gama de valores de  $10^2$  a  $10^6$  cel/ml, referidos por MARGALEF (1983), como sendo característicos de lagos eutróficos.

A comunidade fitoplanctónica é constituída, maioritariamente, por clorofíceas (*Coelastrum astroideum*, *Sphaerocystis sp.* e *Crucigenia quadrata*), cianofíceas (*Chroococcus dispersus*, *C. turgidus*, *Microcystis aeruginosa*, *Aphanothece sp.* e *Oscillatoria sp.*), e, em menor número, por diatomáceas (*Cyclotella sp.*), crisofíceas (*Dynobryon sp.*) e criptofíceas (*Cryptomonas sp.* e *Rhodomonas sp.*) (FIGUEIREDO, 1995; LOURENÇO, 1995).

Na comunidade zooplanctónica, onde se registam densidades da ordem dos 200 ind/l, assiste-se ao domínio dos rotíferos (*Keratella cochlearis*, *Brachionus calyciflorus* e *Polyartha remata*), relativamente às densidades mais baixas de copépodes (*Acanthocyclops robustus*) e cladóceros (RODRIGUES *et al.*, 1993). Tal como é referido por VASCONCELOS (1990), a maior representatividade dos rotíferos numa população de zooplâncton é característico de sistemas eutrofizados.

Relativamente à fauna, a comunidade ornitológica é constituída preferencialmente por galeirões (*Fulica atra*), observando-se um número de efectivos relativamente elevado. Verifica-se, ainda, a presença de outras espécies, como, por exemplo, patos trombeteiros (*Anas clypeata*) e patos reais (*Anas platyrhynchos*). Cerca de 50% das espécies ornitológicas presentes nas lagoas estão classificadas, pela Convenção de Berna, com o estatuto de estritamente protegidas (p.e. *Acrocephalus scirpaceus*) e cerca de 30% com o estatuto de protegidas (p.e. *Netta rufina*, *Fulica atra*, *Aythya fuligula*) (IAV, 1994 in MACHÁS, 1995).

No que diz respeito à comunidade piscícola, que possibilita uma actividade piscatória razoável, as espécies existentes em maior número são carpas (*Cyprinus carpio*) e achigãs (*Micropterus salmonoides*), espécies introduzidas nas lagoas (dados cedidos pelo Dep. Zoologia da Universidade de Coimbra).

O ciclo sazonal da concentração de azoto e fósforo, a dominância de cianobactérias e de rotíferos, as alterações sazonais na composição específica da comunidade de cladóceros, a elevada densidade de plantas aquáticas e a baixa profundidade apresentados, nomeadamente na Lagoa da Vela, são indicadores típicos de ecossistemas eutróficos (BARROS, 1994; FERNANDES *et al.*, 1995b).

A comunidade de macrófitas apresenta uma variação sazonal da sua composição florística, tendo MACHÁS (1995) identificado, na Lagoa da Vela, uma espécie de Charophytas, duas espécies de Chlorophytas, uma espécie de Pteridófitas e quarenta e uma espécies de Espermatófitas (angiospérmicas). Entre estas haverá a salientar, por constituírem as populações mais importantes, as espadanas (*Thypha sp.*), juncos (*Juncus sp.*), pinheirinhas (*Myriophyllum sp.*), nenúfares (*Nymphaea alba*) e caniços (*Phragmites sp.*)

A elevada densidade relativa de algumas espécies e a classificação de *Nymphaea alba* e *Myriophyllum verticillatum* como espécies "abundantes" na Lagoa da Vela, de *Ceratophyllum sp.*, *Lemna sp.* como espécies "comuns" e de *Chara sp.* como espécie "rara" são indicadores do estado trófico avançado em que se encontra a lagoa (MACHÁS, 1995).

#### 1.4 - OBJECTIVOS DO TRABALHO

A vegetação desempenha papel de relevo no funcionamento das zonas húmidas. O estudo da vegetação na zona envolvente das Lagoas da Vela e das Braças, e da própria vegetação aquática, pretende contribuir para um melhor conhecimento do funcionamento dos ecossistemas, que poderá servir de base ao ordenamento e gestão integrada das Lagoas da Vela e das Braças, no âmbito da região onde estão inseridas.

O conhecimento da evolução da ocupação do solo, na zona envolvente das lagoas, revela-se importante para a compreensão destes ecossistemas, atendendo à influência que os poluentes provenientes dessas zonas têm exercido na alteração dos seus estados tróficos. A grande proliferação de macrófitas aquáticas, apresentando uma distribuição estratificada

horizontalmente, devida à própria morfologia lacustre, torna desejável a sua cartografia.

Assim, o presente trabalho tem por objectivos:

1) efectuar a análise da variação da paisagem ocorrida na área envolvente das Lagoas da Vela e das Braças, nas últimas dezenas de anos (1965-1990) - análise multitemporal;

2) elaborar a cartografia da vegetação aquática;

3) estimar a biomassa de macrófitas aquáticas nas referidas lagoas.

A análise multitemporal consiste na recriação da evolução histórica de um determinado local, a partir de diferentes imagens desse mesmo local, recolhidas em ocasiões distintas, as quais poderão ser analisadas através da utilização de técnicas de detecção remota e fotointerpretação. A sua integração num Sistema de Informação Geográfica (SIG) revela-se adequada, atendendo às características espaciais que o SIG aborda. A combinação destas técnicas e o seu cruzamento com dados resultantes de trabalho de campo serão explorados neste estudo.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 - ANÁLISE MULTITEMPORAL

Para a análise multitemporal das Lagoas da Vela e das Braças e área envolvente foram utilizadas quatro coberturas aéreas verticais (adquiridas no ex-Instituto Geográfico e Cadastral por serem as únicas conhecidas para a zona de estudo), com as seguintes características:

DATA	ESCALA APROX.	FILME	VÔO	ALTITUDE
8 Agosto 1965	1:15 000	p/b	FAP	7 500 pés
28 Junho 1974	1:15 000	p/b	FAP	----
24 Maio 1982	1:15 000	p/b	FAP	8 000 pés
5 Outubro 1990	1:15 000	p/b	IGC	7 500 pés

#### 2.1.1 - Fotointerpretação

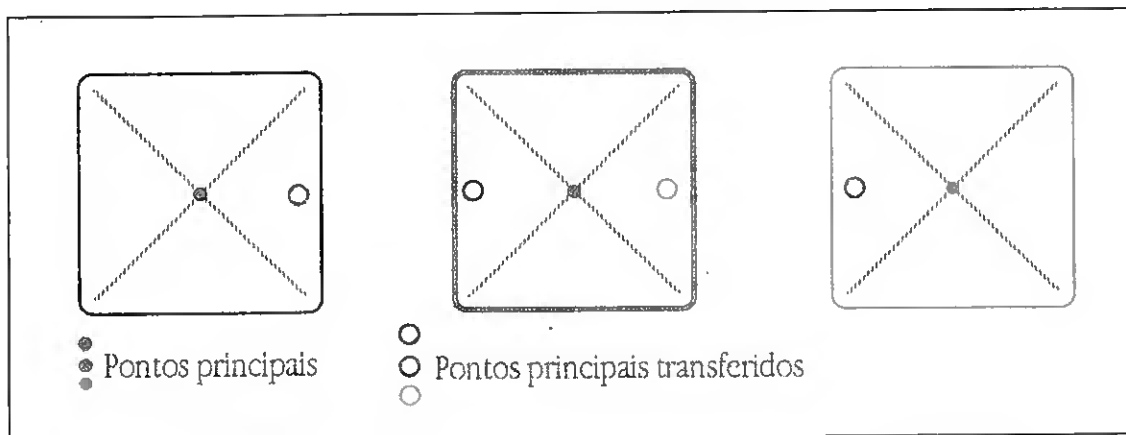
Para se efectuar a fotointerpretação procedeu-se ao seguinte conjunto de operações de preparação (FERNANDES, 1994):

- Determinar e marcar os pontos principais, em todas as fotografias que se pretendiam analisar.

- Marcar um círculo, com cerca de 1cm de diâmetro, na posição aproximada das imagens correspondentes aos pontos principais, na zona de sobreposição longitudinal das fotografias adjacentes.

- Transferir os pontos principais, de forma precisa, para as fotografias adjacentes e marcá-los sistematicamente ao longo da fiada - pontos principais transferidos (FIG. 2.1).

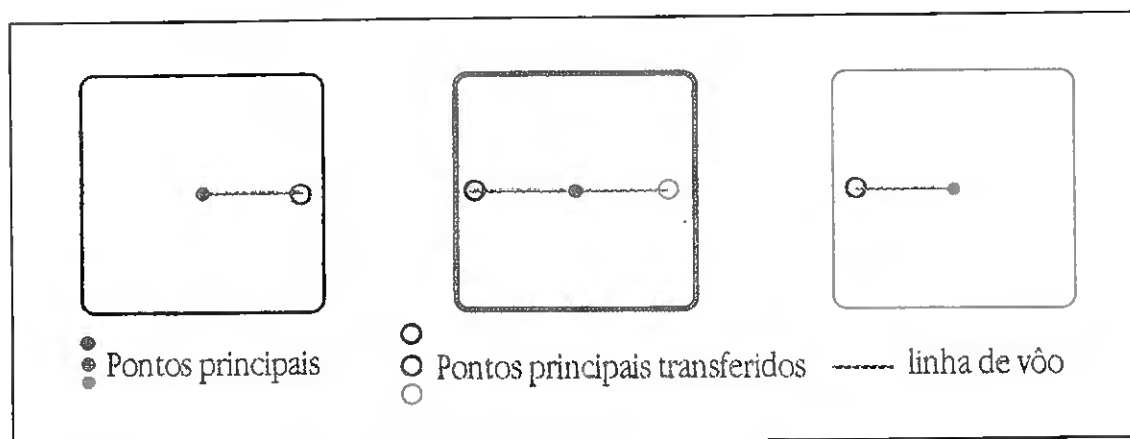
- Com régua e caneta ligar o ponto principal e os pontos principais transferidos, em cada uma das fotografias, ao longo de cada fiada; esta linha deve ser marcada com traços finos e curtos, de forma a esconder o mínimo de informação na fotografia.



**FIGURA 2.1- Pontos principais e transferidos (adaptado de FERNANDES, 1994).**

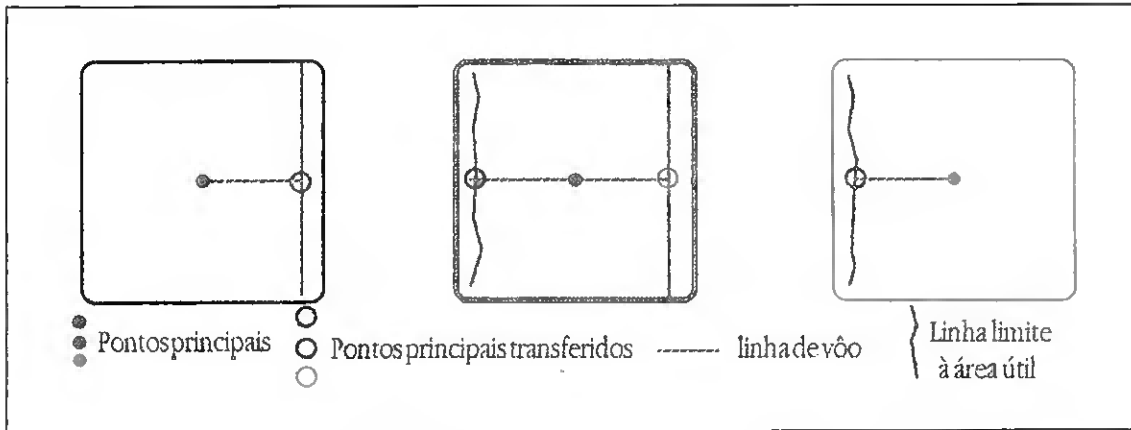
- As linhas marcadas, desta forma, em cada fotografia, representam segmentos da linha de vôo (FIG. 2.2); estes segmentos devem sobrepôr-se totalmente, sempre que se vêem duas fotografias adjacentes em estereoscopia.

- Na primeira fotografia de uma das fiadas a fotointerpretar traça-se uma linha perpendicular à linha de vôo, a partir do ponto principal transferido. Esta linha é, em seguida, transferida para a fotografia adjacente, marcando-se pontos significativos quanto à sua posição topográfica; seguidamente, unem-se esses pontos por segmentos de recta.



**FIGURA 2.2 - Linha de vôo (adaptado de FERNANDES, 1994).**

- Na outra metade da linha de vôo repete-se o procedimento inicial, isto é, traça-se uma perpendicular à linha de vôo, que é transferida para a fotografia seguinte, e assim sucessivamente até ao fim da fiada (FIG. 2.3).



**FIGURA 2.3 - Linha limite à área útil (adaptado de FERNANDES, 1994).**

- Depois de definir a área média de sobreposição entre fotografias de duas fiadas adjacentes, marca-se uma linha a dividir em duas partes, aproximadamente iguais, a área de sobreposição, sendo o procedimento de transferência, para a fiada adjacente, idêntico ao já descrito. A área definida por estas linhas é a área útil de trabalho ou área efectiva (FIG. 2.4).

- A área útil de trabalho é, portanto, a parte central de cada fotografia, definida pelas linhas limite de sobreposição lateral e longitudinal. É nesta área que as distorções assumem os menores valores, nela devendo incidir os trabalhos de fotointerpretação.

A orientação correcta de um par estereoscópico só é possível recorrendo a aparelhos estereofotogramétricos, que restabeleçam espacialmente as posições em que as fotografias foram obtidas, reconstruindo os feixes de raios que originaram as imagens. A intersecção, no espaço, dos raios homólogos, forma um modelo tridimensional do terreno, em escala reduzida, que pode ser ajustado e orientado, correspondendo estas operações à eliminação das paralaxes verticais e ao controlo da escala e nivelamento do modelo (Van ZUIDAM & Van ZUIDAM-CANCELLADO, 1978).

Na observação estereoscópica, não sendo possível corrigir as deformações que afectam as fotografias, visto estarem colocadas no mesmo plano (mesa) à altura da observação, consegue-se formar um modelo espacial do terreno que é satisfatório para os trabalhos de fotointerpretação.

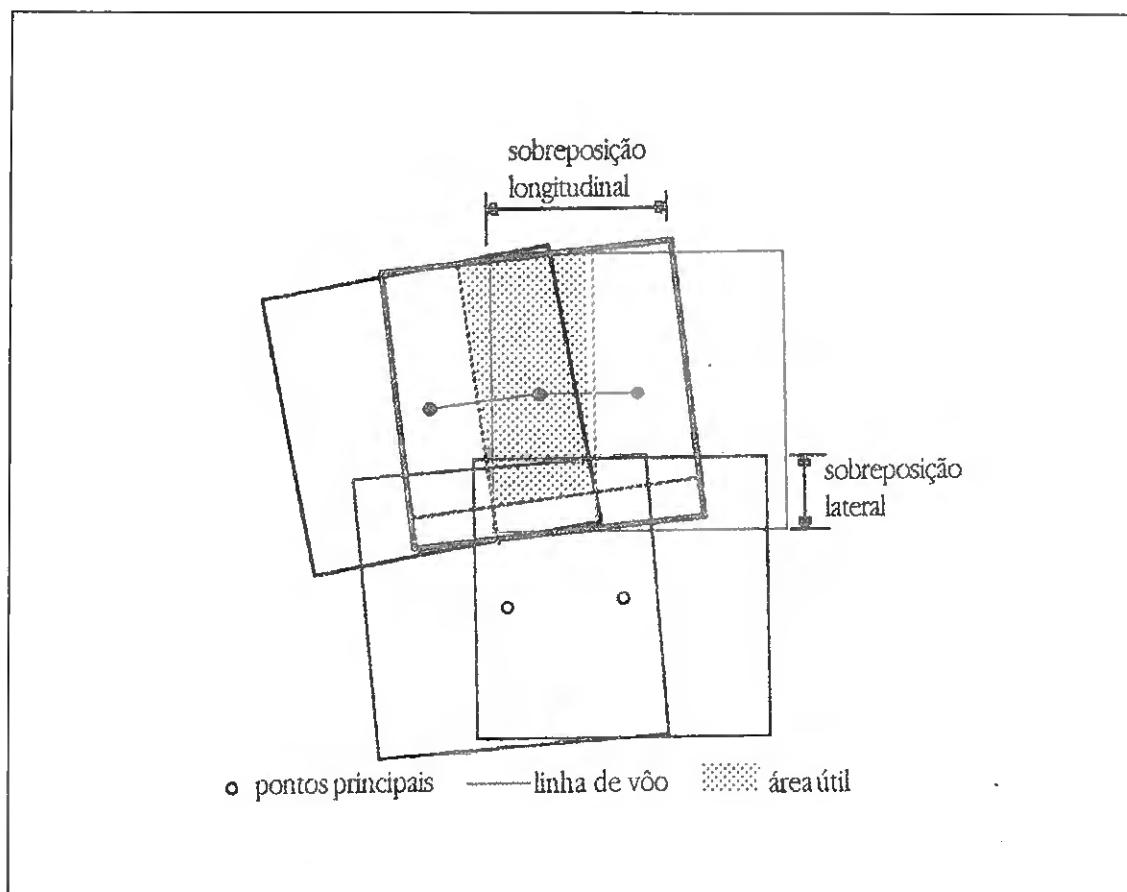


FIGURA 2.4- Área útil de trabalho ou área efectiva (adaptado de Van ZUIDAM & Van ZUIDAM-CANCELLADO, 1978 in FERNANDES, 1994).

Para orientar correctamente um estereopar, sob um estereoscópio de espelhos, procedeu-se da seguinte forma:

- Determinar a base do estereoscópio: colocar uma régua graduada de 30cm, sobre a mesa, e observá-la através do estereoscópio, orientada segundo o seu eixo longitudinal (de outro modo surgem duas imagens cruzadas) e, com o zero da régua no centro do campo de visão da ocular esquerda, ver qual o traço da régua que se sobrepõe ao zero. A leitura do valor do traço coincidente com o zero da régua corresponde ao valor da base do estereoscópio para o observador em causa.

- Traçar sobre uma cartolina ou folha plana um segmento de recta com cerca de 65cm.

- Fixar a fotografia da esquerda com fita-cola, alinhando a linha de vô, previamente assinalada nas margens, quando da preparação das fotografias para fotointerpretação, com o segmento anteriormente referido.

- Proceder de igual forma para a fotografia da direita, afastando-a da anterior uma distância igual à base do estereoscópio, para o que se pode recorrer às imagens de um dos pontos principais.

- Com o estereopar assim montado observou-se, com o estereoscópio de espelhos correspondente à base usada na orientação, comodamente, a área da zona de sobreposição das fotografias em estereoscopia (FIG. 2.5). Por vezes, nas zonas mais afastadas do centro das fotografias, foi necessário rodar o cartão, ou o estereoscópio, para se conseguir um perfeito alinhamento entre a linha de vôo e o eixo longitudinal do estereoscópio.

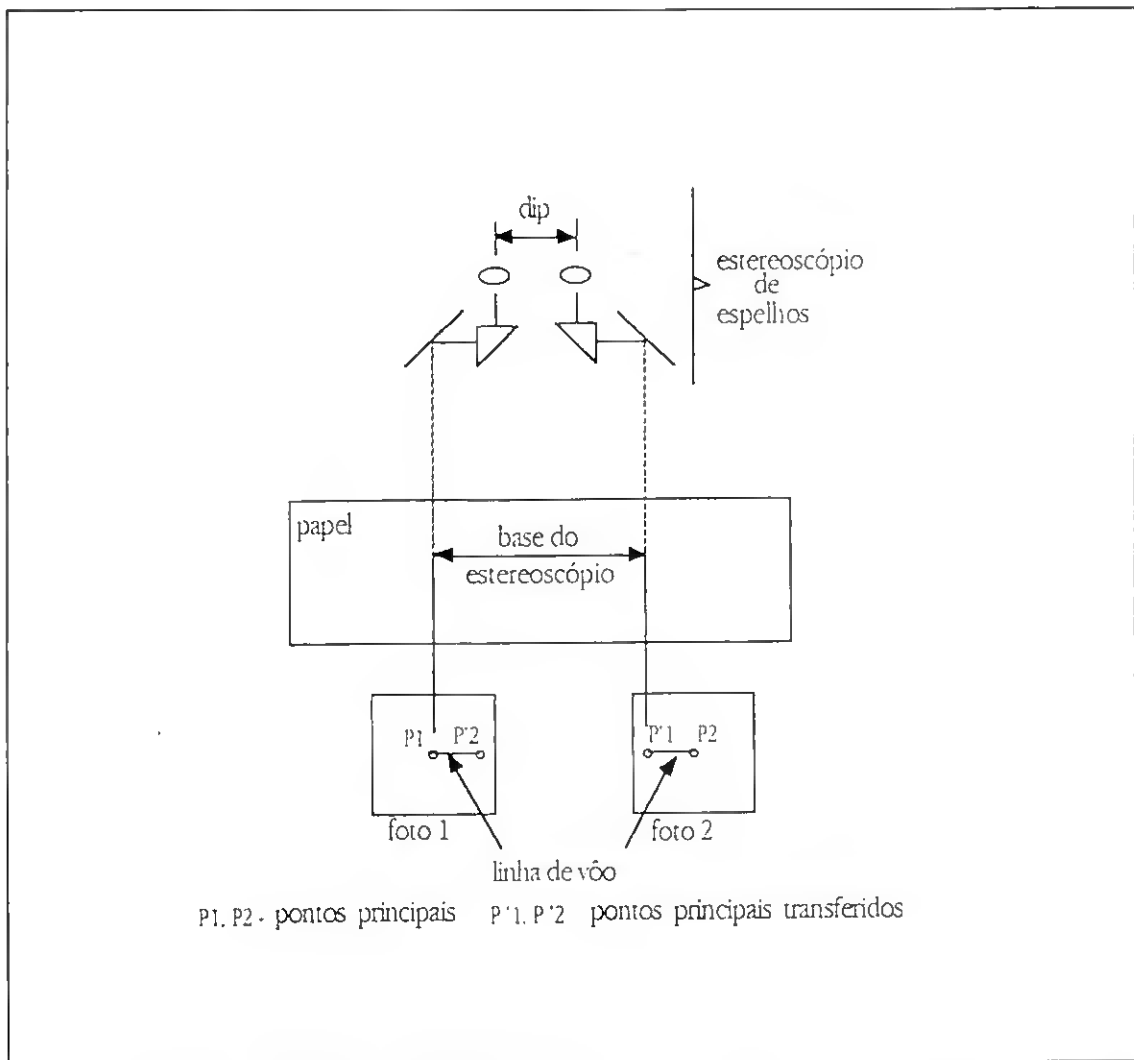


FIGURA 2.5 - Requisitos para uma boa visão estereoscópica (adaptado de Van ZUIDAM & Van ZUIDAM-CANCELLADO, 1978 in FERNANDES, 1994).

A definição das unidades de paisagem, nas fotografias aéreas, foi feita recorrendo a diversos indicadores (SOUZA-OTTO, 1975; LILLESAND & KIEFER, 1987):

- Conhecimento do contexto geográfico em que se procedeu a fotointerpretação: a localização geográfica, a geologia, a litologia, as espécies vegetais espontâneas e os sistemas predominantes de exploração do solo foram previamente estudados, através de levantamentos de campo, de forma a tornar possível a tarefa de fotointerpretação.

- Resolução da imagem fotográfica, condicionada pela escala. A escala utilizada (1:15 000) permitiu identificar doze distintas unidades de paisagem.

- Dimensão relativa dos objectos: considerando a escala referida, a comparação entre as dimensões de um objecto desconhecido e as de objectos já identificados foi uma das formas de eliminar hipóteses erradas na identificação desse objecto.

- Contorno, ou seja, a projecção plana do perímetro dos objectos. Em visão tridimensional a altura dos objectos pode também ser observável e, neste caso, o critério de fotointerpretação foi a forma dos mesmos, ou seja, as suas figuras geométricas. Este critério de interpretação pode ser referido a objectos simples, em que o contorno define um só objecto, e a objectos complexos, em que o contorno limita um polígono, geralmente fechado, onde se incluem vários objectos simples, semelhantes ou não, mas que estão sempre relacionados entre si e, no seu conjunto, representam uma unidade de uso do território.

- Padrão, ou seja, a distribuição e arranjo dos objectos no território.

- Tom, uma vez que se tratavam de fotografias a preto e branco. O tom está relacionado com a intensidade de cinzentos, mais claros ou mais escuros, que depende, fundamentalmente, dos objectos fotografados. No entanto, o tom pode apresentar-se alterado por motivos técnicos (tipos de filme e/ou revelação) ou por causas naturais (época do ano, estado vegetativo ou fenológico das plantas, luminosidade ambiental, disponibilidade hídrica nos tecidos vegetais). Atendendo a que o tom pode variar com as condições da fotografia, não pode ser tomado como condição absoluta na identificação de uma imagem, a não ser que esta tenha sido correlacionada no campo com o objecto que esteja a ser interpretado.

- Textura, ou seja, a pequena variação de tom dentro de um contorno, mas que não pode ser analisada individualmente.

- Sombra, que se apresentou como um critério directamente relacionado com o contorno e o tamanho relativo dos objectos. A sombra permite ter uma

melhor noção da forma dos objectos, tendo-se revelado particularmente útil, para a sua fotointerpretação, as sombras de algumas espécies de árvores.

Após uma primeira análise a todo o conjunto de fotografias aéreas da zona de estudo, adquiridas no ex-Instituto Geográfico e Cadastral, procedeu-se à realização de trabalho de campo, de forma a permitir a observação directa e o contacto efectivo com os locais que constituem a região a ser estudada, no seguimento do que foram criadas as necessárias chaves de interpretação.

A elaboração de chaves de interpretação constitui um dos procedimentos fundamentais para a fotointerpretação, uma vez que estas chaves são, segundo AVERY & BERLIN (1992), uma síntese dos indicadores de referência, baseada nos contornos, tamanhos relativos, sombras, padrões, tons, texturas, resolução da imagem fotográfica e escalas das fotografias aéreas, de forma a permitir a identificação dos objectos reais a partir das suas imagens fotográficas.

O trabalho de fotointerpretação foi executado sobre um transparente indeformável (acetato), fixo na parte de trás da fotografia aérea com o auxílio de etiquetas autocolantes; contudo, o acetato deve-se poder levantar para melhorar a leitura da fotografia aérea mas, simultaneamente, deve-se poder sobrepôr de novo na fotografia com facilidade, sem se deslocar em relação à sobreposição inicial.

### **2.1.2 - Transferência para o mapa base**

A apresentação, em base cartográfica, da fotointerpretação e da observação directa, com o objectivo de demonstrar a informação compilada, consistiu uma fase posterior de síntese.

Esta informação deve ser apresentada sobre uma base cartográfica já existente (mapa base) que represente não só alguns elementos naturais (relevo e curvas de nível, linhas de água, etc.), como também os elementos humanizados mais importantes (povoações, construções isoladas, estradas e caminhos, linhas férreas, sinais e marcos geodésicos, etc.). Todos estes elementos devem servir como referências para permitir circunscrever, num mapa e no terreno, o local objecto do estudo, e assinalar, então, os usos do território existentes.

A base cartográfica a que se recorreu, no presente trabalho, foi a Carta Militar de Portugal, escala 1:25 000, zona de Quaiãos (Figueira da Foz), Série M 888, Folha 228, Edição 2 - S.C.E.P.- 1982.

Contudo, atendendo a que a fotointerpretação foi efectuada à escala 1:15 000 e que o mapa base estava à escala 1:25 000, para a sobreposição da fotointerpretação no mapa base, houve necessidade de recorrer a um instrumento fotogramétrico que levasse à escala deste a informação a transferir. Assim, recorreu-se a um projector de reflexão óptica (KEUFEL & ESSER COMPANY <sup>TM</sup>), vulgarmente denominado pantógrafo óptico, para se conseguir reduzir a escala da fotointerpretação.

Após a transferência da fotointerpretação para o mapa base, para cada ano (1965, 1974, 1982 e 1990) obteve-se um conjunto de informações sobre a ocupação do solo da área envolvente das Lagoas da Vela e das Braças, incluindo a superfície de água das próprias lagoas. Com base nos indicadores dimensão, contorno, padrão, tom, textura e sombra, calibrados com levantamentos de campo, foram definidas doze unidades homogéneas, que constituem a base da cartografia do uso do solo na referida zona de estudo:

1. Culturas agrícolas
2. *Pinus sp.* baixa densidade
3. *Pinus sp.* média densidade
4. *Pinus sp.* alta densidade
5. Poaceas baixa densidade
6. Poaceas média densidade
7. Solo arenoso nu
8. *Acacia sp.*
9. Mistura de culturas agrícolas e *Acacia sp.*
10. Mistura de culturas agrícolas, *Acacia sp.* e Poaceas
11. Superfície de água da Lagoa da Vela
12. Superfície de água da Lagoa das Braças

### 2.1.3 - Digitalização

Para a digitalização das supracitadas unidades, obtidas através da fotointerpretação transferida para o mapa base, utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica ILWIS 1.4 .

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é constituído por uma base de dados, com informação gráfica e informação alfanumérica, que permite dispôr, em qualquer momento, de um conjunto integrado de dados multisectoriais, facilmente actualizáveis e relacionáveis entre si, através de um referencial comum - um mesmo espaço geográfico.

Contudo, a mera existência das bases de dados gráficos e alfanuméricos não basta para que se possa admitir a existência de um SIG. Efectivamente, este só existe quando, para além das bases de dados, o sistema que as inclui tem também capacidades próprias para o desenvolvimento de operações complexas de análise espacial, bem como de sofisticadas possibilidades de visualização dos dados armazenados, ou dos resultados das manipulações efectuadas (C.N.I.G., 1993).

O ILWIS (Integrated Land and Water Information System) é um SIG, desenvolvido pelo I.T.C. (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences), que integra processamento de imagens e capacidades de análise espacial, bases de dados tabulares e as características convencionais de um Sistema de Informação Geográfica (I.T.C., 1993).

A digitalização é usada para transformar as informações (dados) de um mapa (carta) para um formato análogo digital. Em termos simplificados, digitalizar pode ser encarado como o processo de estabelecer valores das coordenadas X e Y, de forma a descrever a localização dos pontos, linhas e áreas.

## 2.2 - CARTOGRAFIA DA VEGETAÇÃO AQUÁTICA E ESTIMATIVA DA BIOMASSA DE MACRÓFITAS

Para a cartografia da vegetação aquática foi utilizada uma cobertura aérea oblíqua, com fotografias de infravermelho e colorida (BENTON Jr. & NEWNAM, 1976), efectuada propositadamente para este trabalho, com as seguintes características:

- Data: 4 Agosto 93 (4 P.M.);
- Altitude: entre os 1 000 e os 1 500 pés;
- Ângulo: variável de 45° a 80°;
- Condições de voo: presença de neblinas;
- Tratamento do filme: Processo E-4, congelado até 12h antes do voo, e enviado por correio expresso para revelação na Universidade de Baltimore (USA);
- Material usado: Câmera Nikon F 801S, Objectiva normal 50mm 1.4, Filtro amarelo, equivalente a WRATTEN 12 KODAK.

A utilização de fotografia de infravermelho a cores (geralmente denominada falsa cor), revela-se particularmente útil na cartografia de vegetação (MEULSTEE *et al*, 1986). Neste tipo de fotografia, os objectos que primariamente reflectem o

azul e o ultravioleta aparecem a preto, os que reflectem a verde aparecem a azul, os que reflectem a vermelho aparecem a verde e o infravermelho próximo aparece a vermelho; porque a vegetação reflecte com maior intensidade no infravermelho próximo do que no verde, aparece na fotografia de infravermelho com distintos tons de vermelho (LILLESAND & KIEFER, 1987).

O emprego do filtro WRATTEN 12 KODAK é desejável para trabalhos de índole biológica, uma vez que absorve o azul e o ultravioleta, permitindo evitar reflexos indesejáveis e prejudiciais na imagem final, que se pretende que seja o mais equilibrada possível em termos de cor, de forma a proporcionar resultados precisos (EASTMAN KODAK COMPANY, 1972).

### **2.2.1 - Fotointerpretação. Transferência para o mapa base. Digitalização**

Com as condições da cobertura fotográfica referidas anteriormente, as fotografias oblíquas resultaram a uma escala aproximada de 1:8 000. É de referir que, em cada fiada, as fotografias consecutivas não apresentavam sobreposição suficiente para constituírem pares estereoscópicos, o que não permitiu uma visão tridimensional.

Contudo, procedeu-se à fotointerpretação da vegetação aquática presente nas Lagoas da Vela e das Braças, atendendo ao conhecimento detalhado da zona de estudo e aos levantamentos de campo previamente efectuados, o que permitiu a criação das necessárias chaves de interpretação.

Após a delimitação das unidades presentes nas fotografias, houve necessidade de recorrer a instrumentos fotogramétricos de correcção das posições relativas em X, Y e Z devidas à obliquidade, de modo a que a informação pudesse ser transferida para o mapa base.

Assim, foi utilizado o "Zoom Transfer Scope" (BAUSCH & LOMB™), que permite uma amplificação contínua da imagem de 0.75x a 14x e uma ampliação do mapa base até 4x, de forma a haver uma correspondência precisa da escala da fotografia com a escala do mapa base. Simultaneamente, é possibilitada a rotação da imagem fotográfica, até 360°, de modo a obter os ajustamentos necessários, sem necessidade de mover nem a fotografia nem o mapa base. Outra característica deste instrumento, é o sistema de correcção anamórfico, o qual permite compensar as anomalias geométricas da imagem, tais como inclinação ("tilt"), relevo, curvatura da Terra e distorção da lente. Este dispositivo de correcção altera a imagem numa direcção de cada vez; um manípulo controla a proporção de alongamento ("strech") de 1:1 até 2:1, o que permite transformar a imagem numa representação geometricamente mais

precisa, sem os elevados custos da rectificação tradicional (AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, 1983).

Seguidamente à correcção e transferência da informação para o mapa base, obtiveram-se, para as Lagoas da Vela e das Braças, respectivamente, dez e seis unidades homogéneas, definidas com base nos distintos tons de vermelho e rosa, correspondentes às manchas de macrófitas com diferentes densidade e composição florísticas. Depois de calibradas com levantamentos de campo, foram também digitalizadas no Sistema de Informação Geográfica ILWIS 1.4. As unidades homogéneas, que constituem a base da cartografia de macrófitas aquáticas nas lagoas em estudo, são as seguintes:

#### LAGOA DA VELA

1. Poaceas
2. Cyperaceas, Poaceas, *Myriophyllum sp.*
3. Cyperaceas, Poaceas, *Nymphaea alba*
4. Cyperaceas, *Typha sp.*
5. *Nymphaea alba* (alta densidade)
6. *Typha sp.*, Cyperaceas, Poaceas
7. *Typha sp.*, Cyperaceas, Poaceas, *Myriophyllum sp.*, *Nymphaea alba* (baixa densidade)
8. *Typha sp.*, Cyperaceas, Poaceas, *Myriophyllum sp.*, *Nymphaea alba* (média densidade)
9. *Typha sp.* com *Myriophyllum sp.*, Cyperaceas, Poaceas, *Nymphaea alba* (baixa densidade)
10. Superfície de água

#### LAGOA DAS BRAÇAS

1. *Phragmites sp.*, *Typha sp.*, Cyperaceas
2. *Phragmites sp.*, *Typha sp.*, Cyperaceas, *Myriophyllum sp.*
3. Poaceas
4. Poaceas, mistura de vegetação terrestre
5. *Typha sp.*, mistura de vegetação terrestre
6. Solo arenoso nu

### 2.2.2 - Amostragem de vegetação aquática

A estratégia adoptada para a colheita das macrófitas, para identificação, consistiu em recolher exemplares de diferentes espécimes, nas várias zonas das lagoas. Cada exemplar foi recolhido, cuidadosamente, de forma a ser mantido o mais intacto possível, sobretudo procurando preservar as principais estruturas utilizadas na identificação (flor e folha). No campo, os exemplares foram guardados em sacos de plástico fechados com ar.

As plantas foram posteriormente herborizadas e identificadas até ao género e, sempre que possível, até à espécie, no Instituto Botânico da Universidade de Coimbra (MACHÁS, 1995), no âmbito de trabalhos desenvolvidos para o programa de investigação "Técnicas Inovadoras na Simulação Ecológica de Sistemas Lacustres", em que o presente trabalho se insere.

De acordo com o conhecimento prévio da zona de estudo e com base em fotografia aérea colorida (AUSTIN & ADAMS, 1978; SCHLOESSER *et al.*, 1988), efectuada na mesma altura em que decorreu o trabalho de campo, foram escolhidos os locais de amostragem para recolha de vegetação, para determinação da biomassa de macrófitas.

A data escolhida para a realização deste trabalho (31 JUL a 8 AGO 93) deve-se ao facto de todas as espécies de macrófitas crescerem rapidamente durante a Primavera, alcançando os picos de biomassa no Verão (WESTLAKE, 1975).

Considerando as principais manchas de macrófitas definidas nas fotografias, confirmadas no terreno através de levantamentos de campo, estabeleceram-se os seguintes critérios na escolha dos locais de amostragem:

- representatividade das manchas de macrófitas, em termos de superfície ocupada;
- inclusão das espécies mais conspícuas do ecossistema, nas manchas de macrófitas referidas anteriormente.

Nos referidos locais, foram recolhidas amostras em unidades (parcelas) de amostragem, constituídas por quadrados de 0.25m<sup>2</sup> (AHMED *et al.*, 1983; ENGEL, 1985). Em cada parcela recolheu-se a vegetação existente (corte e apanha de toda a parte "aérea" das plantas) na área da parcela; as amostras foram colocadas em sacos de plástico devidamente etiquetados.

Simultaneamente, em cada local de amostragem, foi calculada e anotada a cobertura total de plantas (em % de área ocupada), por estimativa visual (CATARINO *et al.*, 1995).

As amostras de macrófitas, recolhidas para determinação da biomassa, foram sempre tratadas após as saídas de campo. Contudo, atendendo à distância entre o local de estudo e a Universidade do Algarve, houve necessidade de conservar as amostras recolhidas a baixa temperatura, em caixas térmicas, até serem transferidas para uma câmara frigorífica, aí sendo mantidas a uma temperatura de -5°C, até serem tratadas.

### **2.2.3 - Procedimento laboratorial**

No laboratório, as amostras foram cuidadosamente lavadas em água corrente, para separação de resíduos de sedimento e epifítos, e deixadas a secar ao ar. Posteriormente, a amostra era escolhida, sendo retirada a matéria morta e as raízes. Segundo ENGEL (1985), as raízes não se deverão incluir na medição da biomassa por normalmente quebrarem durante a amostragem.

O material assim escolhido era pesado, constituindo o peso húmido total da amostra. Sempre que o volume da amostra era muito elevado, após a obtenção do peso húmido total, efectuava-se uma sub-amostra, nunca inferior a 10% do peso total da amostra, de acordo com A.P.H.A. (1985), para determinações do peso seco.

O peso seco foi obtido por secagem do material vegetal numa estufa (MEMMERT) a 105°, até atingir peso constante (de 24 a 48h) (A.P.H.A., 1985; ENGEL, 1985). Depois de arrefecerem num exsiccador, as amostras foram pesadas numa balança de precisão (PRECISA 1212M - 0.001g).

## **2.3 - TRATAMENTO DOS DADOS**

### **2.3.1 - Análise multitemporal**

Após a digitalização das doze unidades paisagísticas definidas na zona envolvente das Lagoas da Vela e das Braças, foram obtidas directamente do Sistema de Informação Geográfica ILWIS 1.4 as áreas das unidades digitalizadas, expressas em m<sup>2</sup>, e os respectivos mapas da ocupação do solo.

A comparação dos valores absolutos das áreas das unidades paisagísticas e as suas variações relativas permitem analisar a evolução da paisagem, na zona de estudo, entre os anos de 1965 e 1990.

A variação relativa (expressa em %) das unidades de paisagem foi calculada através da diferença entre os valores absolutos de cada par de anos ( $t$ ,  $t+\Delta t$ ), dividida pelo valor absoluto da área da unidade no ano  $t$ .

### 2.3.2 - Cartografia da vegetação aquática e estimativa da biomassa total de macrófitas

A biomassa é expressa em termos de peso seco, sendo a biomassa de cada parcela calculada por (A.P.H.A.,1985):

$$PS = ps/pf * PF$$

PS - peso seco ( $g/m^2$ )

ps - peso seco da sub-amostra (g)

pf - peso húmido da sub-amostra (g)

PF - peso húmido da amostra ( $g/m^2$ )

Para cada mancha cartografada calculou-se a biomassa média, como a média das biomassas das parcelas amostradas nessa área:

$$bm = \Sigma PS / n$$

bm - biomassa média da mancha de macrófitas ( $g/m^2$ )

PS- peso seco ( $g/m^2$ )

n - número de parcelas por mancha

Por digitalização das unidades correspondentes às principais manchas de macrófitas existentes nas Lagoas da Vela e das Braças, foram obtidas directamente do Sistema de Informação Geográfica ILWIS 1.4 as áreas das unidades digitalizadas, expressas em  $m^2$ . Foi também produzido um mapa das manchas de macrófitas aquáticas (dez unidades definidas para a Lagoa da Vela e seis unidades para a Lagoa das Braças), atendendo às diferentes composição florística e densidade.

Para cada mancha de macrófitas foi calculada a respectiva biomassa total:

$$bi = bm * A$$

bi - biomassa total da mancha  $i$  (Kg)

bm - biomassa média da mancha de macrófitas ( $Kg/m^2$ )

A - área da mancha ( $m^2$ )

A estimativa da biomassa total de macrófitas, em cada uma das lagoas (Lagoa da Vela e Lagoa das Braças), é dada por:

$$B_t = \sum b_i$$

$B_t$  - biomassa total de macrófitas (Kg)

$b_i$  - biomassa total da mancha  $i$  (Kg)

A biomassa média de cada lagoa foi calculada através de:

$$B_m = B_t / a_t$$

$B_m$  - biomassa média da lagoa (Kg/m<sup>2</sup>)

$B_t$  - biomassa total de macrófitas (Kg)

$A_t$  - área total da lagoa (m<sup>2</sup>)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - ANÁLISE MULTITEMPORAL

A área total estudada, em termos da evolução da ocupação do solo, foi seleccionada de forma a abranger em simultâneo as Lagoas da Vela e das Braças (afastadas, aproximadamente, dois quilómetros entre si), num total de 913 hectares.

No QUADRO 3.1 encontram-se os valores das áreas ocupadas pelas diferentes unidades de paisagem, nos anos de 1965, 1974, 1982 e 1990, sendo a respectiva cartografia apresentada na FIG. 3.1.

As unidades paisagísticas identificadas na área estudada podem agrupar-se, "grosso modo", de acordo com as diferentes formas de ocupação do solo - agrícola e florestal - às quais há a acrescentar as superfícies de água das próprias lagoas e áreas de solo nu.

Enquanto a Lagoa da Vela apresenta uma fronteira nítida entre a superfície de água e a mancha de culturas agrícolas ou a mancha florestal constituída essencialmente por *Pinus sp.*, na Lagoa das Braças esta situação não se verifica, uma vez que, entre a superfície de água da lagoa e as áreas ocupadas com culturas agrícolas ou *Pinus sp.*, existe uma faixa intermédia (zona de interface), presente em todos os anos estudados. Assim, na zona envolvente da Lagoa das Braças, existem manchas de gramíneas (*Poaceae*) de baixa e média densidades, de *Acacia sp.*, zonas onde se misturam culturas agrícolas e *Acacia sp.* ou culturas agrícolas, *Acacia sp.* e gramíneas (*Poaceae*).

Relativamente ao pinhal, verifica-se existirem unidades de baixa, média e alta densidades; enquanto as unidades de *Pinus sp.* de baixa densidade vão diminuindo ao longo dos anos, as unidades de *Pinus sp.* de média densidade vão aumentando e as unidades de *Pinus sp.* de alta densidade só aparecem a partir de 1974. Atendendo a que as áreas onde se situam estes pinhais foram arborizados a partir de 1925 (FREITAS, 1940), em 1965 a área ocupada (351 ha) por *Pinus sp.* de baixa densidade era muito superior à área ocupada (100 ha) por *Pinus sp.* de média densidade. O pinhal estava ainda a desenvolver-se, não se chegando, tão pouco, a alcançar alta densidade. À medida que os anos passam, as manchas de *Pinus sp.* de baixa densidade vão sendo substituídas pelas de *Pinus sp.* de média e alta densidades. Atinge-se, assim, no final do período de estudo (1990), o valor mais reduzido (14 ha) da área ocupada por

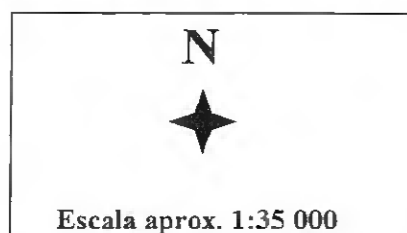
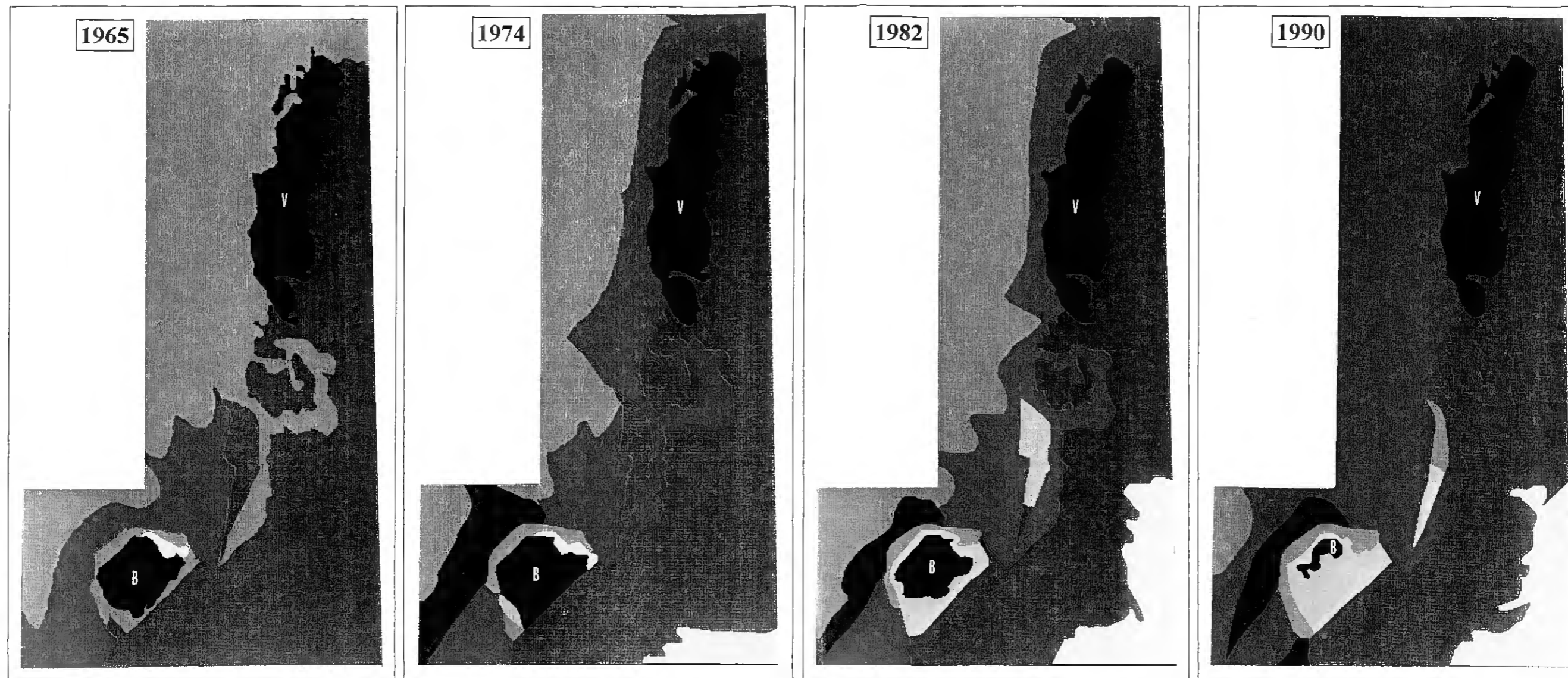
*Pinus sp.* de baixa densidade, enquanto *Pinus sp.* de média densidade regista o valor mais elevado (416 ha) (QUADRO 3.1).







QUADRO 3.1 - Evolução das áreas de ocupação do solo na zona envolvente das Lagoas da Vela e das Braças, entre 1965 e 1990.

UNIDADES DE OCUPAÇÃO DO SOLO	1965	1974	1982	1990
	Área ocupada (ha)	Área ocupada (ha)	Área ocupada (ha)	Área ocupada (ha)
1. Culturas agrícolas	357	332	287	286
2. <i>Pinus sp.</i> baixa densidade	351	203	239	14
3. <i>Pinus sp.</i> média densidade	100	203	185	416
4. <i>Pinus sp.</i> alta densidade	---	42	25	27
5. Poaceas baixa densidade	---	---	16	27
6. Poaceas média densidade	5	2	---	4
7. Solo arenoso nu	---	2	---	---
8. <i>Acacia sp.</i>	8	8	7	13
9. Mistura de culturas agrícolas e <i>Acacia sp.</i>	2	23	56	54
10. Mistura de culturas agrícolas, <i>Acacia sp.</i> e Poaceas	---	---	12	4
11. Superfície de água da Lagoa da Vela	67	72	69	64
12. Superfície de água da Lagoa das Braças	23	26	17	4
<b>TOTAL</b>	913	913	913	913

Constata-se, assim, que as máximas variações de densidade de *Pinus sp.* se verificam entre o início e o fim do período de estudo, com uma redução de 96% da área ocupada com *Pinus sp.* de baixa densidade e um aumento de 316% da área ocupada com *Pinus sp.* de média densidade (QUADRO 3.2).

A área correspondente a *Pinus sp.* de alta densidade situa-se, exclusivamente, a Oeste da Lagoa das Braças, na única zona que no início do período de estudo já se apresentava coberta com *Pinus sp.* de média densidade (FIG. 3.1). Esta



	1. Culturas agrícolas
	2. <i>Pinus sp.</i> baixa densidade
	3. <i>Pinus sp.</i> média densidade
	4. <i>Pinus sp.</i> alta densidade
	5. Poaceas baixa densidade
	6. Poaceas média densidade







	7. Solo arenoso nu
	8. <i>Acacia sp.</i>
	9. Mistura de culturas agrícolas e <i>Acacia sp.</i>
	10. Mistura de culturas agrícolas, <i>Acacia sp.</i> e Poaceas
	11. Superfície de água da Lagoa da Vela
	12. Superfície de água da Lagoa das Braças

FIGURA 3.1 - Cartografia da ocupação do solo na zona envolvente das Lagoas da Vela e das Braças, entre 1965 e 1990.

situação leva a supor ter sido a partir desta zona, na direcção do litoral, que se iniciou a sementeira do pinhal, cujo objectivo principal era proceder à fixação das areias, de modo a permitir o cultivo das terras agrícolas no interior. As suas características dunares, quer em termos de vegetação típica quer em termos de mobilidade, transformaram-se, assim, no que é actualmente uma área florestal consolidada.

**QUADRO 3.2 - Variação relativa das unidades de ocupação do solo na zona envolvente das Lagoas da Vela e das Braças, entre 1965 e 1990.**

UNIDADES DE OCUPAÇÃO DO SOLO	1974	1982		1990		
	Variação	Variação	Variação	Variação	Variação	Variação
	65-74	65-82	74-82	65-90	74-90	82-90
1. Culturas agrícolas	- 7%	-20%	-14%	-20%	-14%	0%
2. <i>Pinus sp.</i> baixa densidade	-42%	-32%	+18%	-96%	-93%	-94%
3. <i>Pinus sp.</i> média densidade	+103%	+85%	-10%	+316%	+105%	+125%
4. <i>Pinus sp.</i> alta densidade	---	---	-40%	---	-36%	+8%
5. Poaceas baixa densidade	---	---	---	---	---	+69%
6. Poaceas média densidade	-60%	---	---	-20%	+100%	---
7. Solo arenoso nu	---	---	---	---	---	---
8. <i>Acacia sp.</i>	0%	-13%	-13%	+63%	+63%	+86%
9. Mistura de culturas agrícolas e <i>Acacia sp.</i>	+1050%	+2700%	+143%	+2600%	+135%	-4%
10. Mistura de culturas agrícolas, <i>Acacia sp.</i> e Poaceas	---	---	---	---	---	-67%
11. Superfície de água da Lagoa da Vela	+7%	+3%	-4%	-4%	-11%	-7%
12. Superfície de água da Lagoa das Braças	+13%	-26%	-68%	-83%	-85%	-76%

Sinal (-) representa redução de área;

Sinal (+) representa aumento de área;

--- representa impossibilidade de cálculo da variação por ausência de dados em qualquer dos anos.

Durante o período estudado, a área correspondente às culturas agrícolas foi decrescendo: de 357 ha em 1965 passou para 286 ha em 1990 (QUADRO 3.1). Acompanhando o decréscimo das áreas de ocupação agrícola, verifica-se o

aumento das áreas correspondentes às manchas com mistura de culturas agrícolas e *Acacia sp.*, evidenciando a importância crescente que a introdução desta espécie exótica assumiu. Utilizada de início como planta ornamental (FREITAS, 1940), a acácia tem a capacidade de se disseminar com muita facilidade, sendo considerada actualmente como uma infestante. Contudo, ao contrário de outros tipos de infestantes, não empobrece os solos, podendo coexistir com outras espécies vegetais (CONTREIRAS, com. pess. 1996).

O aumento das áreas das manchas com culturas agrícolas e com *Acacia sp.*, ao longo do período estudado, corresponde, efectivamente, ao crescimento e disseminação desta espécie, coexistindo em manchas onde se mistura com outras espécies. Esse aumento verificou-se, fundamentalmente, entre 1965 e 1982, período em que a área ocupada cresceu 27 vezes, constatando-se uma ligeira diminuição entre 1982 e 1990 (QUADRO 3.2). No entanto, esta diminuição deverá ser resultante da redução das culturas agrícolas associadas à *Acacia sp.*, já que a área ocupada por esta espécie isoladamente continuou a aumentar.

Contudo, existe uma mancha constituída exclusivamente por *Acacia sp.*, formando uma faixa à volta da Lagoa das Braças, que se manteve praticamente constante até 1982, apresentando um aumento de 86% no final do período de estudo (entre 1982 e 1990) (QUADRO 3.2).

A introdução bem sucedida de uma espécie exótica pode ser caracterizada por uma mudança na composição da comunidade e por mudanças a longo prazo na abundância das diferentes populações. Quando uma nova espécie se consegue estabilizar, pode fazê-lo desalojando uma ou várias espécies nativas ou pode simplesmente vir a ser mais uma espécie na comunidade (PIMM & HYMAN, 1987). No presente caso, o aumento das manchas com *Acacia sp.* coincide com a sua grande disseminação na zona, a qual acontece quer esteja associada a culturas agrícolas, quer se apresente como espécie isolada.

As áreas correspondentes às manchas de culturas agrícolas são ocupadas, fundamentalmente, por milho e batata, aos quais aparecem muitas vezes associados o feijão e a abóbora, assim como as forragens, em unidades de cultura tão pequenas que se torna impossível a sua discriminação em unidades individuais. Realça-se, ainda, a rotação das diferentes culturas nos mesmos talhões, o que representa um obstáculo adicional à sua cartografia individualizada.

A importação das culturas do milho e da batata verificou-se, no nosso país, durante a época dos Descobrimentos, sendo ambos originários do continente americano. Segundo RIBEIRO (1991), a introdução do milho de maçaroca representou uma revolução pacífica na economia agrícola, uma vez que este cereal apresenta uma produtividade, por hectare, três ou quatro vezes superior à

do trigo e do centeio (cereais até à data cultivados). Entretanto, se bem que a difusão da cultura da batata tenha ocorrido em Portugal nos finais do séc. XVIII, já em meados do séc. XVII se praticava em Quiaios o cultivo de tal planta. NETO (1994) levanta a hipótese deste tubérculo poder ter chegado a Quiaios por via marítima, uma vez que era frequente a ocorrência de naufrágios na costa de Quiaios e, assim, a batata aí ter chegado proveniente de um navio naufragado.

No que respeita à superfície de águas das Lagoas da Vela e das Braças, ocorreram situações distintas para cada uma das lagoas. Enquanto a Lagoa da Vela manteve uma superfície líquida praticamente constante ao longo do período de estudo, independentemente de pequenas variações sazonais devidas à alternância de épocas secas e chuvosas, a Lagoa das Braças foi apresentando um decréscimo bastante significativo, já que a sua superfície líquida, com 23 ha no início do período de estudo (1965), se reduziu a 4 ha no fim desse período (1990) (QUADRO 3.1).

A diferença de comportamento da superfície líquida entre as duas lagoas, atendendo à idêntica constituição dos solos em que se inserem, e ao facto de a sua recarga ser resultante apenas da precipitação atmosférica, poderá ser devida, nomeadamente, à maior bacia de recepção da Lagoa da Vela, tornando mais fácil a recarga do aquífero de que esta faz parte. Além disso, junto à Lagoa das Braças há captação de águas subterrâneas, para abastecimento público, por parte dos Serviços Municipalizados da Figueira da Foz. A água é captada no aquífero semi-confinado, subjacente ao aquífero livre que alimenta a lagoa. Especialmente nas épocas mais secas e de maior consumo, os caudais captados são de tal grandeza que se verifica redução de pressão hidrostática no aquífero inferior. Devido à interconexão existente entre os dois aquíferos, existe drenância do aquífero livre para o semi-confinado, com a consequente redução progressiva da superfície de água livre da lagoa.

As diferenças nos valores das áreas das superfícies líquidas, para as diferentes observações, poderão estar igualmente relacionadas com a altura do ano hidrológico em que foram realizadas. Em Portugal, considera-se que o ano hidrológico tem início em 1 de Outubro, pois, na média dos anos, as reservas de água da bacia hidrográfica (humidade da zona insaturada do solo e água dos aquíferos) atingem o mínimo no final de Setembro (QUINTELA, 1995). É normalmente dividido em época chuvosa e época seca, tendo a primeira início em Outubro, quando se verificam as primeiras precipitações significativas, e decorrendo até Maio; neste mês inicia-se a época seca, que findará no mês de Setembro.

Na Lagoa das Braças, as medições efectuadas em 1965 e 1974, indiciariam uma situação normal, em função do ano hidrológico. Os valores registados são da

mesma ordem de grandeza, observando-se um ligeiro aumento da superfície de água entre 1965 e 1974 (13%) (QUADRO 3.2), o que poderá ser explicado pelo facto da imagem de 1965 ter sido tomada em Agosto e a de 1974 em Junho. De facto, devido à evaporação e à infiltração, deverá em situações normais observar-se uma pequena redução de área da lagoa do mês de Junho para o mês de Agosto. A partir daqui a situação muda: a área da superfície de água da lagoa no mês de Maio de 1982, final da época chuvosa, é já bastante inferior (entre 26 e 68%) às áreas dos anos anteriores, em época seca; em 1990, em Outubro, início da época chuvosa, o valor da superfície líquida é demasiado baixo (redução entre 76 e 85%) para poder ser explicado apenas através da falta de precipitação. A exploração do aquífero semi-confinado deverá explicar o abaixamento progressivo do nível da água na Lagoa das Braças, eventualmente conjugado com fenómenos de assoreamento da própria lagoa.

À medida que se verificou a redução da área da superfície de água da Lagoa das Braças, verificou-se um aumento da área ocupada por gramíneas (Poaceae) de baixa densidade. À medida que o nível da água vai baixando, as gramíneas foram invadindo os espaços deixados livres. O espaço ocupado por gramíneas atingiu, no final do período de estudo, uma área equivalente à área da superfície de água da mesma lagoa no início do estudo (QUADRO 3.1), tornando-se o espaço correspondente à Lagoa das Braças numa paisagem que em tudo se assemelha a um prado de gramíneas, rodeado de espadanas e caniços.

Para além da alteração observada no espaço correspondente à Lagoa das Braças, não houve uma alteração evidente no padrão de arranjo da paisagem e de ocupação do solo, na área de estudo. O peso relativo dos usos agrícola e florestal não se alteraram significativamente, tendo-se até assistido a uma ligeira redução da área agrícola. Deste modo, a aceleração do estado trófico da lagoa não poderá ser justificada pela alteração dos usos do solo, mas sim pela alteração da intensidade de uso.

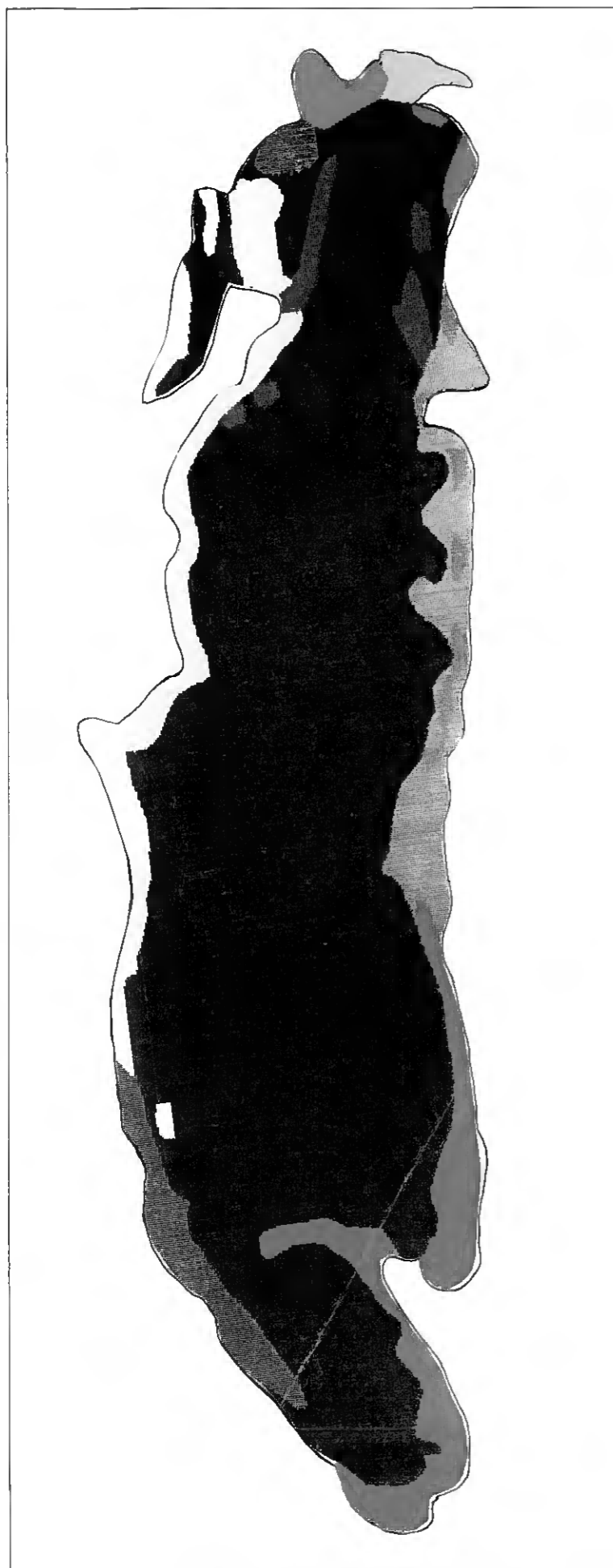
Após o abandono dos métodos tradicionais de fertilização e o início da utilização generalizada dos adubos químicos (fins da década de 50), deixou de ser praticada a colheita de “limos” (designação utilizada localmente para qualquer tipo de macrófita). Apesar desta alteração do tipo de fertilização dos solos cultivados, o tipo de culturas não se alterou, verificando-se, porém, um maior rendimento das mesmas, ao mesmo tempo que passou a haver uma acentuada afluência de nutrientes às lagoas. Como consequência do aumento da produtividade agrícola, passou a verificar-se uma maior rotação dos espaços cultivados. Essa maior rotação das culturas obrigou a que afluíssem às lagoas cargas de nutrientes ainda mais elevadas, provenientes das zonas agrícolas limítrofes, que foram causando, ao longo dos anos, um enriquecimento progressivo das suas águas com consequentes alterações estruturais na comunidade aquática.











### 3.2 - CARTOGRAFIA DA VEGETAÇÃO AQUÁTICA E ESTIMATIVA DA BIOMASSA TOTAL DE MACRÓFITAS

A cartografia da vegetação aquática da Lagoa da Vela, tendo como referência Agosto de 1993, é apresentada na FIG. 3.2. No QUADRO 3.3 encontram-se os valores das áreas ocupadas pelas respectivas manchas de vegetação aquática e a correspondente biomassa.

**QUADRO 3.3 - Áreas ocupadas e produção de biomassa das principais manchas de macrófitas da Lagoa da Vela.**

PRINCIPAIS MANCHAS DE MACRÓFITAS	Área	Área	Biomassa	Biomassa	Biomassa
	ocupada (m <sup>2</sup> )	ocupada (%)	média (Kg/m <sup>2</sup> )	total (Kg)	total (%)
1. Poaceaes	14 360	1.71	1.080	15 509	6.83
2. Cyperaceaes, Poaceaes, <i>Myriophyllum sp.</i>	53 891	6.43	1.240	66 825	29.42
3. Cyperaceaes, Poaceaes, <i>Nymphaea alba</i>	28 384	3.39	0.875	24 836	10.94
4. Cyperaceaes, <i>Typha sp.</i>	5 879	0.70	0.738	4 339	1.91
5. <i>Nymphaea alba</i> (alta densidade)	20 626	2.46	0.604	12 458	5.49
6. <i>Typha sp.</i> , Cyperaceaes, Poaceaes	49 247	5.88	1.183	58 259	25.65
7. <i>Typha sp.</i> , <i>Myriophyllum sp.</i> , Cyperaceaes, Poaceaes, <i>Nymphaea alba</i> (baixa densidade)	9 201	1.10	0.773	7 112	3.13
8. <i>Typha sp.</i> , <i>Myriophyllum sp.</i> , Cyperaceaes, Poaceaes, <i>Nymphaea alba</i> (média densidade)	38 966	4.65	0.873	34 017	14.98
9. <i>Typha sp.</i> com <i>Myriophyllum sp.</i> , Cyperaceaes, Poaceaes, <i>Nymphaea alba</i> (baixa densidade)	3 590	0.43	1.044	3 748	1.65
<b>TOTAL</b>	<b>224 144</b>	<b>26.76</b>	<b>1.013</b>	<b>227 103</b>	<b>100.00</b>
10. Superfície de água	613 574	73.24			
<b>TOTAL</b>	<b>837 718</b>	<b>100.00</b>			



	1. Poaceas
	2. Cyperaceas, Poaceas, <i>Myriophyllum sp.</i>
	3. Cyperaceas, Poaceas, <i>Nymphaea alba</i>
	4. Cyperaceas, <i>Typha sp.</i>
	5. <i>Nymphaea alba</i> (alta densidade)
	6. <i>Typha sp.</i> , Cyperaceas, Poaceas
	7. <i>Typha sp.</i> , <i>Myriophyllum sp.</i> , Cyperaceas, Poaceas, <i>Nymphaea alba</i> (baixa densidade)
	8. <i>Typha sp.</i> , <i>Myriophyllum sp.</i> , Cyperaceas, Poaceas, <i>Nymphaea alba</i> (média densidade)
	9. <i>Typha sp.</i> com <i>Myriophyllum sp.</i> , Cyperaceas, Poaceas, <i>Nymphaea alba</i> (baixa densidade)
	10. Superfície de água

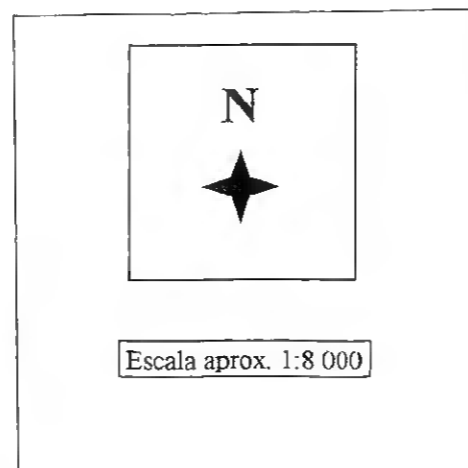


FIGURA 3.2 - Cartografia da vegetação aquática da Lagoa da Vela (Agosto 1993).

A vegetação da Lagoa da Vela apresenta uma distribuição estratificada horizontalmente, devido à morfologia da própria lagoa, o que permite a individualização de manchas. Contudo, apesar da homogeneidade relativa, estas manchas apresentam um certo grau de heterogeneidade na sua composição florística.

As macrófitas aquáticas identificadas são todas angiospérmicas (Espermatophytas), distribuídas pelas seguintes famílias: Poaceae ou Gramineae, Cyperaceae, Haloragaceae, Nymphaeaceae e Typhaceae. As manchas são na sua maioria formadas por diferentes espécies em associação, com dominância de uma ou duas, havendo em alguns casos manchas com populações mais homogêneas. As espécies mais conspícuas, identificadas na Lagoa da Vela, foram *Myriophyllum sp.* (Haloragaceae), *Nymphaea alba* (Nymphaeaceae) e *Typha sp.* (Typhaceae).

Das macrófitas aquáticas presentes na Lagoa da Vela, as gramíneas (Poaceae) são as que maior representatividade têm, uma vez que, para além de se constituírem como manchas individualizadas, estão presentes na maioria de todas as outras manchas de macrófitas.

Como já foi referido, as margens da Lagoa da Vela não apresentam distribuição homogênea de macrófitas. Assim, na margem oeste existem, fundamentalmente, nenúfares, que chegam a constituir tapetes monoespecíficos (mancha nº 5 - *Nymphaea alba* com alta densidade). Imediatamente adjacentes a estas manchas monoespecíficas observa-se, na zona superior da referida margem, uma mancha com associação de *Nymphaea alba* de média densidade com *Typha sp.*, Cyperaceae, Poaceae e *Myriophyllum sp.* (mancha nº 8). Na zona inferior da mesma margem, *Nymphaea alba* aparece associada às Cyperaceae e às Poaceae (mancha nº 3). A margem sul da Lagoa da Vela é constituída por uma mancha de Cyperaceae, Poaceae e *Myriophyllum sp.* (mancha nº 2), que se estende pela zona inferior da margem este, enquanto na zona superior continuam a existir Cyperaceae e Poaceae mas associadas com *Typha sp.* (mancha nº 6). O topo norte da lagoa é a zona que apresenta maior riqueza de espécies, constituindo as várias manchas aí existentes um autêntico mosaico representativo de todas as macrófitas existentes na Lagoa da Vela (FIG. 3.2 e QUADRO 3.3).

A área ocupada pelas distintas manchas de macrófitas aquáticas varia entre 53 891 m<sup>2</sup> (6.43% da superfície total da lagoa) e 3 590 m<sup>2</sup> (0.43% da superfície total da lagoa), que correspondem, respectivamente, à mancha de Cyperaceae, Poaceae e *Myriophyllum sp.* e à mancha de *Typha sp.* com *Myriophyllum sp.*, Cyperaceae, Poaceae e *Nymphaea alba*. São também estas manchas que apresentam os valores maior (66 825 Kg) e menor (3 748 Kg) de biomassa,

representando, respectivamente, 29.42% e 1.65% da biomassa total de macrófitas aquáticas da Lagoa da Vela (QUADRO 3.3).

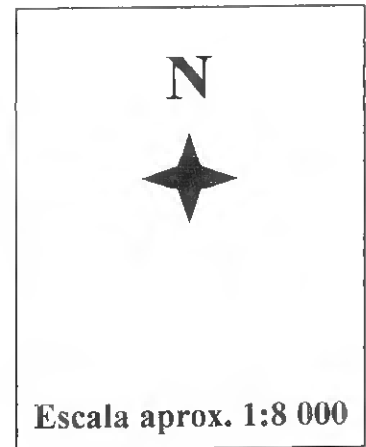
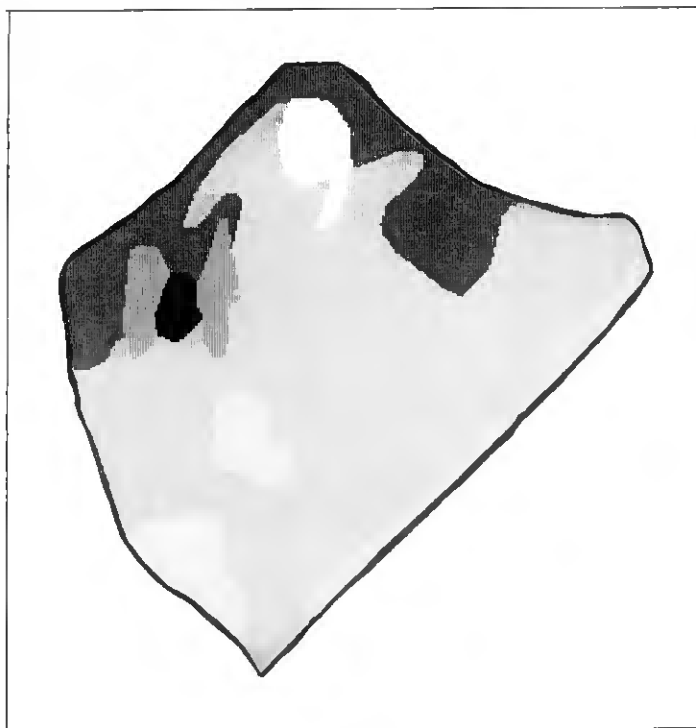
Considerando o total da área ocupada pelas principais manchas de macrófitas aquáticas (224 144 m<sup>2</sup>), em relação à superfície total da Lagoa da Vela (837 718 m<sup>2</sup>), em Agosto de 1993, constata-se que as referidas manchas de macrófitas ocupam 26.76% da superfície total da lagoa, com uma biomassa total estimada em 227x10<sup>3</sup> Kg e uma biomassa média de 1.013 Kg/m<sup>2</sup> (QUADRO 3.3).







A cartografia da vegetação da Lagoa das Braças, tendo como referência Agosto de 1993, é apresentada na FIG. 3.3, encontrando-se no QUADRO 3.4 os valores das áreas ocupadas pelas respectivas manchas de vegetação e a biomassa de macrófitas estimada.

As macrófitas identificadas na Lagoa das Braças são todas angiospérmicas (Espermatophytas) e estão distribuídas pelas seguintes famílias: Poaceae ou Gramineae, Cyperaceae, Haloragaceae e Typhaceae. As manchas correspondem, "grosso modo", à dominância de uma ou mais famílias, verificando-se que, em algumas das manchas, há famílias representadas por uma única espécie. As espécies mais conspícuas foram *Myriophyllum sp.* (Haloragaceae), *Phragmites sp.* (Poaceae) e *Typha sp.* (Typhaceae).

Em Agosto de 1993 a Lagoa das Braças apresentava-se completamente seca. Contudo, apesar do espaço lacustre não apresentar água, verifica-se a existência das mesmas espécies aquáticas ou ribeirinhas de zonas húmidas, com excepção de nenúfares (*Nymphaea alba*), devido à existência de humidade muito perto da superfície do solo.

Das macrófitas aquáticas presentes na Lagoa das Braças, a família das gramíneas (Poaceae) é a mais representativa, constituindo autênticos prados. Na zona norte da lagoa existe uma mancha de solo completamente nu, ou seja, sem qualquer tipo de vegetação, correspondendo à zona onde a água permaneceu durante mais tempo. As margens noroeste e nordeste da lagoa apresentam uma mancha contínua de *Phragmites sp.*, *Typha sp.*, Cyperaceae e *Myriophyllum sp.* (mancha nº 2), enquanto na zona sul existem duas manchas de *Phragmites sp.*, *Typha sp.* e Cyperaceae (mancha nº 1), associação esta que se estende numa estreita faixa ao longo de toda a margem sueste da lagoa. De referir a existência de manchas de Poaceae com mistura de vegetação terrestre (mancha nº 4) e de *Typha sp.* com mistura de vegetação terrestre (mancha nº 5), que correspondem às primeiras zonas da lagoa a secarem, e que, entretanto, começaram a desenvolver vegetação típica dos ecossistemas terrestres - FIG. 3.3 e QUADRO 3.4.



	1. <i>Phragmites sp.</i> , <i>Typha sp.</i> , Cyperaceaes
	2. <i>Phragmites sp.</i> , <i>Typha sp.</i> , Cyperaceaes, <i>Myriophyllum sp.</i>
	3. Poaceaes
	4. Poaceaes, mistura de vegetação terrestre
	5. <i>Typha sp.</i> , mistura de vegetação terrestre
	6. Solo arenoso nu

**FIGURA 3.3 - Cartografia da vegetação aquática da Lagoa das Braças (Agosto 1993).**

QUADRO 3.4 - Áreas ocupadas e produção de biomassa das principais manchas de macrófitas da Lagoa das Braças.

PRINCIPAIS MANCHAS DE MACRÓFITAS	Área ocupada (m <sup>2</sup> )	Área ocupada (%)	Biomassa média (Kg/m <sup>2</sup> )	Biomassa total (Kg)	Biomassa total (%)
1. <i>Phragmites sp.</i> , <i>Typha sp.</i> , Cyperaceaes	26 218	9.62	0.441	11 562	9.63
2. <i>Phragmites sp.</i> , <i>Typha sp.</i> , Cyperaceaes, <i>Myriophyllum sp.</i>	44 699	16.42	0.292	13 052	10.87
3. Poaceaes	180 043	66.08	0.504	90 742	75.59
4. Poaceaes, mistura de vegetação terrestre	3 417	1.25	0.646	2 207	1.84
5. <i>Typha sp.</i> , mistura de vegetação terrestre	9 656	3.54	0.257	2 482	2.07
<b>TOTAL</b>	264 033	96.91	0.441	120 045	100.00
6. Solo arenoso nu	8 414	3.09			
<b>TOTAL</b>	272 447	100.00			

A área ocupada pelas diversas manchas de macrófitas aquáticas, varia entre 180 043 m<sup>2</sup> (66.08% da superfície total da lagoa) e 3 417 m<sup>2</sup> (1.25 % da superfície total da lagoa), correspondendo, respectivamente, à mancha de Poaceaes e à mancha de Poaceaes com mistura de vegetação terrestre. São também estas manchas que apresentam os valores maior (90 742 Kg) e menor (2 207 Kg) de biomassa, representando, respectivamente, 75.59% e 1.84% da biomassa total de macrófitas aquáticas da Lagoa das Braças (QUADRO 3.4).

Considerando o total da área ocupada pelas principais manchas de macrófitas aquáticas (264 033 m<sup>2</sup>), em relação à superfície total ocupada pelo espaço lacustre da Lagoa das Braças (272 447 m<sup>2</sup>), em Agosto de 1993, constata-se que as referidas manchas de macrófitas ocupam 96.91% da superfície total do espaço lacustre, com uma biomassa total estimada em 120x10<sup>3</sup> Kg e uma biomassa média de 0.441 Kg/m<sup>2</sup> (QUADRO 3.4).

A superfície relativa ocupada pelas macrófitas aquáticas, nas Lagoas da Vela e das Braças, respectivamente 26.76% e 96.91%, pode considerar-se bastante elevada. GAO & COLEMAN (1990) sugerem o termo "infestados" para sistemas lacustres com percentagens de macrófitas aquáticas superiores a 12%, enquanto SCHLOESSER & MANNY (1986) referem como elevadas as situações em que

macrófitas aquáticas foram encontradas em 30% do substrato amostrado. As macrófitas são responsáveis por variações físicas, químicas e biológicas nos ecossistemas aquáticos e as suas elevadas percentagens de ocupação interferem com os usos destes ecossistemas, uma vez que reduzem o valor estético, prejudicam o uso recreativo (lazer, navegação, natação e pesca) e provocam alterações na qualidade de água. Segundo WETZEL (1993), em lagoas pouco profundas, a flora litoral contribui significativamente para a produtividade, podendo regular o mecanismo de todo o ecossistema lacustre. As plantas aquáticas armazenam nutrientes e metais pesados, conferem estabilidade aos sedimentos, retardam as florescências ("blooms") de fitoplankton e induzem a claridade da água (ENGEL, 1985). Contudo, a sua respiração e fotossíntese causam flutuações diárias de pH, alcalinidade e concentração de oxigénio e dióxido de carbono dissolvidos (ENGEL, 1990a). Nestes ecossistemas assume importância primordial a variação de oxigénio dissolvido, verificando-se que, devido à fotossíntese, o oxigénio dissolvido apresenta valores máximos ao fim do dia; contudo, durante a noite, o consumo de oxigénio (respiração) é tal que leva a que os seus valores mínimos sejam registados ao início da manhã. Em condições extremas, a carência de oxigénio pode provocar mortalidades elevadas na comunidade piscícola (THOMANN & MUELLER, 1987).

As lagoas e os lagos em processo de eutrofização apresentam, na generalidade, abundância de macrófitas aquáticas com redução do número de espécies (MORGAN, 1970; JUPP & SPENCE, 1977; PHILLIPS *et al*, 1978). A evolução do estado trófico do ecossistema pode ser acompanhada através de modificações geradas na flora aquática, funcionando as macrófitas aquáticas como importantes bioindicadores; num estudo realizado no decorrer do processo de eutrofização de um lago, na Florida, verificou-se a diminuição do número de espécies à medida que processo de eutrofização avançava, tendo esse número aumentado quando começou a recuperação do lago (BROWN, 1987).

SCHMIDER & OTTOW (1984) referem *Nymphaea alba* e *Myriophyllum sp.*, entre outras, como espécies com grandes exigências nutritivas; sendo abundantes apenas em lagos eutróficos, constituem indicadores biológicos de eutrofização. No caso da Lagoa da Vela, estas duas espécies podem ser consideradas das mais conspícuas deste ecossistema, chegando, no caso dos nenúfares (*Nymphaea alba* de alta densidade), a constituir tapetes monoespecíficos de extensão considerável (QUADRO 3.3). Confirma-se, assim, a classificação do estado trófico da Lagoa da Vela como eutrófica, já efectuada em estudos anteriores (BARROS, 1994; MACHÁS, 1995).

Os valores de biomassa média nas Lagoas da Vela e das Braças (1.013 e 0.441 Kg/m<sup>2</sup>, respectivamente) estão ambos acima dos referidos por SCHLOESSER & MANNY (1984, 1986) como valores de biomassa elevados (entre 0.103 a 0.427 Kg/m<sup>2</sup>).; SCHLOESSER *et al* (1985) num estudo de crescimento de macrófitas

aquáticas obtiveram valores de biomassa, no pico do crescimento - entre Julho e Outubro - a variar entre 0.118 e 0.427 Kg/m<sup>2</sup>; ENGEL (1988) no pico da biomassa de macrófitas, num estudo sobre o papel e interações de macrófitas submersas, obteve valores entre 0.130 e 0.200 Kg/m<sup>2</sup>. Atendendo aos valores atrás referidos, deverão ser considerados como elevados os resultados obtidos para a biomassa média na Lagoa das Braças e bastante elevados os valores atingidos na Lagoa da Vela.

Embora a vegetação aquática seja parte integrante dos ecossistemas aquáticos, o seu crescimento excessivo constitui um verdadeiro desafio à gestão do mesmos. Torna-se necessário um conhecimento detalhado do funcionamento desses ecossistemas, de modo a conseguir uma optimização da sua gestão. Uma das formas que tradicionalmente parecia contribuir para uma gestão equilibrada das Lagoas da Vela e das Braças, era a apanha de "limos, utilizados como forma de adubação dos terrenos agrícolas confinantes com as lagoas, como atrás já foi referido. A utilização destes fertilizantes, de origem natural, permite a incorporação, nas culturas, de matéria orgânica, mas também de quantidades apreciáveis de certos nutrientes (SANTOS, 1995). A colheita sistemática das macrófitas aquáticas, associada à sua utilização como fertilizante natural constituíram, durante muitos anos, uma forma equilibrada de gestão destes ecossistemas aquáticos.

Se não forem tomadas adequadas medidas de gestão ambiental, o processo natural deste ecossistema será, em última análise, um acelerado caminho até à sua extinção. Em condições naturais, o processo de extinção geológica das lagoas ocorre lentamente mediante o aumento das concentrações de nutrientes, crescimento de biomassa de macrófitas, acumulação de detritos orgânicos e progressiva deficiência de oxigénio (HASLER, 1982). A eutrofização é um processo natural, extremamente lento, durante o qual um ecossistema aquático se vai transformando lentamente num pântano e mais tarde num ecossistema terrestre (LANDNER & WAHLGREN, 1986); contudo, as actividades antrópicas referidas anteriormente induzem a aceleração deste processo. O controlo das macrófitas, como medida de gestão das lagoas, poderá ser fundamentado na cartografia efectuada, que permite simultaneamente seleccionar as áreas onde intervir e estimar a biomassa recolhida.

Dentro das actividades antrópicas, a captação de água para abastecimento, na zona da Lagoa das Braças, é uma actividade que necessita ser regulamentada com base em princípios de gestão integrada, de modo a evitar que a lagoa seque periodicamente.

A cartografia e estimativa da biomassa de macrófitas aquáticas, nas Lagoas da Vela e das Braças, foi efectuada com base em fotointerpretação de fotografias oblíquas. A área total reproduzida nas fotografias oblíquas, sendo

consideravelmente maior do que a abrangida pelas fotografias verticais, apresenta diferentes ângulos de observação. Assim, na opinião de SOUZA-OTTO (1975), este tipo de fotografias não deverá ser utilizado por si só, podendo antes constituir um precioso auxiliar ou complemento das fotografias verticais e dos mapas. Contudo, no presente estudo, constituíram o único elemento de trabalho utilizado. Atendendo, também, que a área abrangida por este tipo de fotografia tem forma trapezoidal, com uma dupla variação de escala (decrecente no sentido da maior base e crescente no sentido da menor), será de admitir que, mesmo após as correcções fotogramétricas efectuadas, a probabilidade de se terem cometido erros é relativamente elevada.

Conhecido que é o actual desenvolvimento das técnicas e métodos de tratamento digital de imagens de satélite, e das possibilidades oferecidas em termos de análise ambiental, a escolha, entre a utilização de fotografia aérea ou imagem de satélite, exceptuando as limitações de ordem material, deverá ser feita em função da escala de análise. A imagem de satélite aplica-se bem ao estudo de grandes unidades geológicas, morfológicas, pedológicas, biogeográficas e de uso e ocupação do solo. LILLESAND & KIEFER (1987) reconhecem que o uso destas imagens atinge grande eficácia, sobretudo no tratamento de vastas áreas territoriais (às escalas regional, nacional e mesmo internacional). A interpretação da fotografia aérea está vocacionada para a análise da forma e textura do objecto e das suas relações com o meio em que se insere, para um discernimento detalhado do suporte físico e das actividades humanas; ela é apontada como o documento mais adequado para tratar territórios à escala local (TENEDÓRIO, 1989). Atendendo às dimensões das Lagoas da Vela e das Braças, foi um critério de escala que levou a utilizar, no presente trabalho, exclusivamente, fotografia aérea; contudo, os elevados custos implicados na aquisição de imagens da satélite, contribuíram também para a não utilização destas técnicas.

Segundo PALMEIRIM (1987/88), entre as áreas de investigação que mais têm vindo a ser beneficiadas pelo aparecimento de imagens de satélite, encontra-se o estudo de fenómenos biológicos em grande escala geográfica. Com a utilização de imagens de satélite é possível cartografar grandes extensões rapidamente, constituindo, actualmente, a classificação da cobertura do solo, a partir de imagens de satélite, uma operação muito vulgarizada. As imagens de Landsat Thematic Mapper (TM), Multispectral Scanner (MSS) e SPOT são, devido à sua alta resolução espacial, as mais frequentemente utilizadas para classificar a cobertura do terreno, residindo a vantagem da utilização destas imagens, mais uma vez, na possibilidade de trabalhar com grandes áreas.

Uma metodologia de estimação rápida e precisa da biomassa de macrófitas aquáticas foi desenvolvida e testada por MEULSTEE *et al* (1986), relacionando a biomassa com a densidade da cor presente na fotografia aérea. Demonstra-se

que é possível utilizar fotografia aérea de falsa cor, não só para cartografar a vegetação aquática, mas também para avaliar a biomassa dessa mesma vegetação, medindo as diferentes densidades de cor. COULSON *et al* (1980) estudaram a relação existente entre os valores da reflectância espectral e a biomassa de *Fucus spp.*, enquanto KELLY (1980) refere que, apesar da ampla utilização da detecção remota, pouca informação tem sido publicada, no que se refere a correlações entre leituras da densidade de cor da fotografia aérea e valores de crescimento que providenciem dados quantitativos de distribuição de biomassa. Mesmo as imagens de satélite Landsat são, normalmente, usadas na cartografia da distribuição dos diferentes tipos de padrão da vegetação, sem atender à avaliação da biomassa das plantas aquáticas.

GAO & COLEMAN (1990), utilizaram Landsat Thematic Mapper (TM) e Multispectral Scanner (MSS) para estudar as macrófitas aquáticas de cinco lagos, com diferentes características. Os resultados revelaram que a utilização de TM era adequada para a monitorização da distribuição dos padrões de macrófitas aquáticas, enquanto MSS se apresentava mais adequado para fornecer informação sobre as diferentes camadas de macrófitas aquáticas, presentes na coluna de água, relacionando-as com a sua qualidade. Continua, contudo, a ser indispensável a realização de trabalho de campo, para a calibração dos dados obtidos pela detecção remota e verificação da precisão do produto final da análise, mesmo utilizando as referidas técnicas (WILLIAMSON, 1988).

Embora, no presente trabalho, tivesse sido utilizada fotografia aérea colorida e fotografia aérea de infravermelho, esta última providencia melhor distinção entre diferentes tipos de comunidades vegetais (MEAD & GAMMON, 1981). Assim, é dada maior importância à fotografia de infravermelho colorido tirada na altura do pico de biomassa. De acordo com WESTLAKE (1975), todas as espécies de macrófitas crescem rapidamente durante a Primavera alcançando o pico de biomassa no Verão, na ausência de intervenção humana. Normalmente, a utilização de película de infravermelho colorida, em fotografia aérea, fornece mais informação na análise de vegetação, em comparação com a informação obtida com o uso de película de cor natural. A película infravermelha colorida é mais sensível aos comprimentos de onda, mais elevados e com maior capacidade de eliminação de neblinas, das zonas do vermelho e do infravermelho do espectro electromagnético. Por outro lado, a película de cor natural é mais receptiva aos pequenos comprimentos de onda, sendo, por isso, mais sujeita aos efeitos nocivos da redução de visibilidade atmosférica. Os pequenos comprimentos de onda das neblinas podem ser ainda mais reduzidos pelo uso de filtros juntamente com a utilização de película de infravermelho (BROWN, 1978).

Quando se observam duas espécies vegetais distintas, em fotografia aérea, os vermelhos e rosas obtidos com a película infravermelha colorida apresentam

uma maior gama de tonalidades, em comparação com as graduações mais suaves dos verdes obtidos com a película de cor natural. Daqui resulta um maior contraste entre espécies e, conseqüentemente, uma discriminação e diferenciação de plantas mais acentuadas (FRITZ, 1967; CARTER & ANDERSON, 1972; FORNES & REIMOLD, 1973). Contudo, no presente trabalho, a fotografia colorida revelou-se um bom auxiliar, de grande valor prático, na identificação florística, usada em conjunto com a fotografia aérea de infravermelho.

A conjugação da utilização de fotografia aérea com a fotointerpretação, digitalização e processamento em SIG, acompanhadas com trabalho de campo, revelaram-se técnicas úteis na descrição da evolução da paisagem, bem como na possibilidade de efectuar uma cartografia detalhada da vegetação lacustre. Complementarmente, revelou-se ainda eficaz na estimativa da biomassa destes ecossistemas.

#### 4. CONCLUSÕES

Na zona envolvente das Lagoas da Vela e das Braças existem basicamente dois tipos de ocupação do solo: áreas de ocupação florestal, dominadas por *Pinus sp.*, e campos agrícolas. Enquanto a totalidade da área ocupada com *Pinus sp.* não variou significativamente, mas antes apresentou um aumento da densidade da população arbórea, ao longo dos anos estudados (entre 1965 e 1990), a área ocupada com culturas agrícolas (milho, batata, feijão e abóbora) apresentou um decréscimo de 20%, acompanhado da grande proliferação de *Acacia sp.*. A paisagem, no seu conjunto, não apresentou mudanças significativas, uma vez que o padrão base das unidades de paisagem (usos do solo) se manteve quase inalterado.

As superfícies de água das Lagoas da Vela e das Braças apresentaram evolução distinta, entre 1965 e 1990. A mancha de água da Lagoa da Vela manteve-se praticamente igual, tendo a Lagoa das Braças sofrido uma redução muito significativa dessa mesma superfície de água livre (83%).

Na Lagoa da Vela a vegetação aquática (27% da superfície total da lagoa) é dominada pela presença quase constante de Poaceae, tanto na massa de água como nas margens, em manchas individualizadas ou em conjunto com outras espécies, nomeadamente com Cyperaceae, *Nymphaea alba*, *Myriophyllum sp.* e *Typha sp.*. Apenas na margem oeste a presença das gramíneas não é significativa, verificando-se uma predominância de *Nymphaea alba*, que chega a constituir grandes manchas de tapetes monoespecíficos.

Na Lagoa das Braças 97% do espaço lacustre apresenta vegetação. As Poaceae continuam a ser a família mais representativa, surgindo quer em manchas individualizadas quer em conjunto com Cyperaceae, *Myriophyllum sp.* e *Typha sp.*. Por se apresentar completamente seca, em Agosto de 1993, verificou-se o aparecimento de vegetação terrestre em conjunto com as espécies aquáticas, no espaço correspondente à Lagoa das Braças.

A biomassa total de macrófitas aquáticas da Lagoa da Vela foi estimada em 227 toneladas e em 120 toneladas na Lagoa das Braças. Os elevados valores de densidade relativa de macrófitas aquáticas, nas Lagoas da Vela e das Braças (1.013 e 0.441 Kg/m<sup>2</sup>, respectivamente), e a presença de *Nymphaea alba* e *Myriophyllum sp.* entre as espécies mais conspícuas, são indicadores do estado trófico avançado em que se encontram as lagoas. Estes resultados contribuem para uma caracterização mais completa do estado trófico das lagoas, classificando-as como eutróficas, confirmando estudos já efectuados anteriormente.

A utilização de fotografia de infravermelho, apoiada por fotografia colorida, revelou-se uma técnica precisa, permitindo estabelecer limites relativamente bem definidos entre as unidades cartografadas. Também a conjugação das várias técnicas utilizadas, no desenvolvimento deste trabalho, se revelaram úteis na obtenção de dados sobre o funcionamento dos ecossistemas em estudo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, J.; BONHAM, C.D.; LAYCOCK, W.A., 1983. Comparison of Techniques Used for Adjusting Biomass Estimates by Double Sampling. *Journal of Range Management*, **36**(2): 217-221.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, 1983. *Manual of Remote Sensing*. 2nd ed., American Society of Photogrammetry, Falls Church, 1: 1010-1027.
- A.P.H.A., 1985. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 16<sup>a</sup> ed., APHA AWWA WPCF, Washington, 1268 p.
- AUSTIN, A.; ADAMS, R., 1978. Aerial Color and Color Infrared Survey of Marine Plant Resources. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **44**(4): 469-480.
- AVERY, T.E.; BERLIN, G.L., 1992. *Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation*. 5th ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey, 472 p.
- BAKULIN, P.; KONONOVITCH, E.; MOROZ, V., 1988. *Curso de Astronomia*. Ed. MIR, Moscovo, 596 p.
- BARRET, E.C.; CURTIS, L.F., 1982. *Introduction to Environmental Remote Sensing*. 2nd ed., Chapman and Hall, London, 352 p.
- BARROS, P., 1994. *Implicações Ecotoxicológicas de Cianobactérias em Cladóceros*. Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciência e Tecnologia, para obtenção do grau de Mestre em Ecologia Animal, Coimbra, 84 p.
- BARROS, P.; SILVEIRA, S.; RIBEIRO, R.; GONÇALVES, F.; VASCONCELOS, V.; SOARES, A.M.V.M., 1993. Estrutura populacional fitoplanctónica nas lagoas das Braças, Vela e Mira (região centro-litoral). Resultados preliminares. *Bol. UCA*, Universidade do Algarve, UCTRA, **1**: 1-8.
- BENTON, A. Jr.; NEWMAN, R., 1976. Color aerial photography for aquatic plant monitoring. *Journal of Aquatic Plant Management*, **14**(6): 469-480.

- BESSA, M.J., 1994.** Integração da Detecção Remota num SIG para a cartografia da ocupação do solo. *Workshop sobre Aplicações de Detecção Remota ao Estudo dos Recursos Naturais*, LNEC, Lisboa: 19-26.
- BETTENCOURT, P.; ÂNGELO, C., 1992.** Faixa costeira Centro-Oeste (Espinho-Nazaré): enquadramento geomorfológico e evolução recente. *Geonovas*, nº especial 1 (A Geologia e o Ambiente): 7-30.
- BROWN, H.D., 1987.** Aquatic macrophytes of Lake Mize, Florida, 1968-1980. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, **114**(2): 180-182.
- BROWN, W.W., 1978.** Wetland Mapping in New Jersey and New York. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **44**(3): 303-314.
- CALDER, N., 1991.** *Nave Espacial Terra*. Ed. Gradiva, Lisboa, 208 p.
- CARTER, V.; ANDERSON, R.R., 1972.** Interpretation of Wetlands Imagery Based on Spectral Reflectance Characteristics of Selected Plant Species. *Proceedings of the American Society of Photogrammetry*, 38th Annual Meeting, Washington, D.C.: 580-595.
- CARTER, V.; MALONE, D.L.; BURBANK, J.H., 1979.** Wetland Classification and Mapping in Western Tennessee. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **45**(3): 273-284.
- CARVALHO, G.S., 1952.** Les dépôts détritiques plio-pleistocènes et la morphologie de la "Gândara", au nord de la Serra da Boa Viagem (Portugal). *Revue de Géomorphologie Dynamique*, **6**: 275-293.
- CATARINO, L.; FERREIRA, T.; MOREIRA, I., 1995.** Vegetação Aquática e Ribeirinha em Sistemas Semi-Naturais. *Proceedings do Congresso Nacional de Conservação da Natureza*, Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa: 65-70.
- CLARK, R.B., 1992.** *Marine Pollution*. 3rd ed., Clarendon Press, Oxford, 172 p.
- C.N.I.G. (Centro Nacional de Informação Geográfica), 1993.** *Manual para a Exploração de Sistemas de Informação Geográfica*, C.N.I.G. (Ed.), Lisboa, Vols. I, II, III e IV.

- COELHO, M.H.C., 1989.** *O Baixo Mondego nos Finais da Idade Média.* Imprensa Nacional Casa da Moeda, Estudos Gerais, Série Universitária, Lisboa, Volume I, 727 p.
- COLE, G.A., 1988.** *Manual de Limnologia.* Ed. Hemisfério Sur, Buenos Aires, 405 p.
- CORREIA, C.P.; CIDADÃO, A.J., 1991.** *Portugal Animal.* Círculo de Leitores/Publicações D. Quixote, Lisboa, 260 p.
- COSTA, L.T., 1995.** Zonas Húmidas Portuguesas. *O Biólogo*, **33**: 14-19.
- COULSON, M.G.; BUDD, J.T.C.; WITHERS, R.G.; NICHOLLS, D.J., 1980.** Remote sensing and field sampling of mudflat organisms in Langstone and Chichester Harbours, Southern England. *In: PRICE, IRVINE & FARNHAM (Eds.), The shore environment*, Academic Press, London: 241-263.
- CRAVIDÃO, F.D., 1988.** *População e Povoamento da Gândara.* Comissão de Coordenação da Região Centro, Coimbra, 556 p.
- CURRAN, P.J., 1983a.** Multispectral remote sensing for the estimation of green leaf area index. *Phil. Tras. R. Soc. Lond.*, **A309**: 257-270.
- CURRAN, P.J., 1983b.** Problems in the remote sensing of vegetation canopies for biomass estimation. *In: R. FULLER (Ed.), Ecological mapping from ground air and space*, Institute of Terrestrial Ecology, NERC: 84-100.
- DEEN, F.A.M., 1991.** The use of GIS, GPS and satellite remote sensing to map woody vegetation in Kazgail area, Sudan. *ITC Journal*, **1**: 3-10.
- DEKKER, A.G.; PETERS, S.W.M., 1993.** The use of the Tematic Mapper for the analysis of eutrophic lakes: a case study in the Netherlands. *Int. J. Remote Sensing*, **14**(5): 799-821.
- D.H.K.D., 1992.** *Towards Integrated Management in Göksu Delta, a Protected Special Area in Turkey.* Feasibility Report, D.H.K.D., Istambul, Turkey.
- DIAS, J.M.A., 1993.** *Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa.* Liga para a Protecção da Natureza, Lisboa, 132 p.

- DIAS, J.M.A.; FERREIRA, O.M.F.C.; PEREIRA, A.P.R., 1994.** *Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré.* ESAMIN - Estudos de Ambiente e Informática, Lda., Lisboa, 303 p.
- DINIZ, A.A., 1983.** *As Beiras; estudo socio-económico.* Aires Antunes Diniz (Ed.), Coimbra, 346 p.
- DRURY, S.A., 1992.** *A Guide to Remote Sensing.* Oxford University Press, New York, 199 p.
- EASTMAN KODAK COMPANY, 1972.** *Applied Infrared Photography.* Professional and Finishing Markets Division, Eastman Kodak Company, Rochester, New York, Kodak Publication M-28, 88 p.
- EDWARDS, R.; BROWN, M., 1960.** An aerial photographic method for studying the distribution of aquatic macrophytes in shallow waters. *Journal of Ecology*, **48**(1): 161-163.
- ENGEL, S., 1985.** *Aquatic Community Interactions of Submerged Macrophytes.* W.D.N.R. Technical Bulletin nº 156, Madison, 79 p.
- ENGEL, S., 1988.** The Role and Interactions of Submersed Macrophytes in a Shallow Wisconsin Lake. *Journal of Freshwater Ecology*, **4** (3): 329-341.
- ENGEL, S., 1990a.** Ecological Impacts of Harvesting Macrophytes in Halverson Lake, Wisconsin. *J. Aquat. Plant Manage.*, **28**: 41-45.
- ENGEL, S., 1990b.** *Ecosystem Responses to Growth and Control of Submerged Macrophytes: A Literature Review.* W.D.N.R. Technical Bulletin nº 170, Madison, 20 p.
- FARINHA, J.C.; TRINDADE, A., 1994.** *Contribuição para o Inventário e Caracterização de Zonas Húmidas em Portugal Continental.* Publicação MedWest/Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa, 209 p.
- FERNANDES, M.J.; FIGUEIREDO, D.; LOURENÇO, D.; RODRIGUES, A.C.; SOARES, A.M.V.M., 1995.** Dinâmica anual da comunidade fitoplanctónica numa lagoa eutrófica (lagoa da Vela, Centro-Litoral de Portugal). *Livro de Resumos do 1º Congr. Ibérico Contaminação e Toxicologia Ambiental*, Coimbra, 5-8 Março: 23 (Poster).

- FERNANDES, M.J.; MACHÁS, R.; ALFACE, I.; RODRIGUES, A.C.; SOARES, A.M.V.M., 1995.** Macrófitas aquáticas na lagoa da Vela (Centro-Litoral de Portugal). Livro de Resumos do 1º Congr. Ibérico Contaminação e Toxicologia Ambiental, Coimbra, 5 - 8 Março: 24 (Poster).
- FERNANDES, M.J.; RODRIGUES, A.C.; NOBRE, E.; SOARES, A.M.V.M., 1993.** Simulação Dinâmica em Ecossistemas Lacustres - o caso das Lagoas de Quiaios. *Proceedings do 2º Congresso dos Engenheiros do Ambiente*, Porto, 10 p.
- FERNANDES, P.J.G., 1994.** *Utilização de Fotografias Aéreas de Infra-Vermelhos Coloridos (falsa cor) para a Caracterização dos Usos do Território.* Relatório de estágio do curso de licenciatura em Engenharia Hortofrutícola, Unidade de Ciências e Tecnologias Agrárias, Universidade do Algarve, Faro, 67 p.
- FERRO, G., 1986.** *Sociedade Humana e Ambiente no Tempo.* Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 334 p.
- FIGUEIRA, P., 1993.** Algumas Considerações Sobre a Gestão Costeira em Portugal. *Seminário Sobre a Zona Costeira de Portugal - Ambiente, Gestão e Conservação*, IST, Lisboa, 59 p.
- FIGUEIREDO, D.C., 1995.** *Estudo da dinâmica de um "bloom" de cianofíceas na Lagoa da Vela.* Relatório de estágio do curso de licenciatura em Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Unidade de Ciências e Tecnologias dos Recursos Aquáticos, Faro, 47 p.
- FORNES, A.O.; REIMOLD, R.J., 1973.** The estuarine environment: location of mean high water. *Proceedings of the American Society of Photogrammetry*, Fall Convention: 938-978.
- FREITAS, 1940.** *Dunas de Quiaios; breves notas sobre a sua arborização.* Figueira da Foz, 9 p.
- FRITZ, N.L., 1967.** Optimum Methods for Using Infrared-Sensitive Color Films. *Proceedings of the American Society of Photogrammetry*, Washington, D.C.: 1128-1138.
- FUSSEL, J., 1986.** On defining remote sensing. *Phot. Eng. and Rem. Sensing*, 52(9): 1507-1511.

- GAMMON, P.T.; CARTER, V., 1979.** Vegetation Mapping with Seasonal Color Infrared Photographs. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 45(1): 87-97.
- GAO, T.; COLEMAN, T.L., 1990.** Use of satellite spectral data for mapping aquatic macrophytes and nutrient levels in lakes. *Proceedings of 10th Annual International Geoscience & Remote Sensing Symposium*, University of Maryland, College Park, Maryland, 1: 109-116.
- GOLMAN, C.R.; HORNE, A.J., 1983.** *Limnology*. International Student Ed., 464 p.
- HASLER, A.D., 1982.** Causas y corrección de la eutrofización debida al hombre. In: SIOLIS (Eds.), *Ecología y Protección de la Naturaleza*, Blume ecología, Barcelona: 139-163.
- HOFFER, R.M., 1978.** Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data. In: P.H. SWAIN & S.M. DAVIS (Eds.), *Remote Sensing: the quantitative approach*, Mc Graw-Hill Book Company: 227-289.
- I.T.C. (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences), 1993.** *ILWIS 1.4 User's Manual*. Computer Dept. I.T.C., first edition, Enschede, 336 p.
- JORGENSEN, S.E., 1980.** *Lake Management*. Pergamon Press Ed., Oxford, 167 p.
- JUPP, B.P.; SPENCE, H.N., 1977.** Limitations on macrophytes in a eutrophic lake. *J. Ecol.*, 65: 175-186.
- KANDEL, R., 1995.** *A Evolução dos Climats*. Ed. Terramar, Lisboa, 136 p.
- KELLY, M.G., 1980.** Remote sensing of seagrass beds. In: PHILLIPS and McROY (Eds.), *Handbook of seagrass biology*, Garland STPM Press, New York: 69-85.
- LACROIX, G., 1992.** *Lagos y rios: medios vivos*. Ed. Plural, Barcelona, 255 p.
- LANDNER, A.; WAHLGREN, U., 1986.** *L'Eutrophisation des Lacs et Reservoirs en Climat Chaud*. 185 p.

- LEMOS, F.S.; BAPTISTA, A.M., 1992. Arqueologia da Paisagem. *Correio da Natureza*, 17: 23-28.
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W., 1987. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 721 p.
- LIRA, J.; MARZOLF, R.; MAROCCHI, A.; NAUGLE, B., 1990. A Probability Model to Study Primary Productivity of Kentucky Lake. *Proceedings of 10th Annual International Geoscience & Remote Sensing Symposium*, University of Maryland, College Park, Maryland, 1: 121-124.
- LOURENÇO, D.T., 1995. *Estudo da dinâmica fitoplanctónica durante o ciclo Outono-Inverno na Lagoa da Vela (Centro-Litoral de Portugal)*. Relatório de estágio de licenciatura em Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Unidade de Ciências e Tecnologias dos Recursos Aquáticos, Faro, 57 p.
- LYON, J.G.; GREENE, R.G., 1992. Use of Aerial Photographs to Measure the Historical Areas Extent of Lake Erie Coastal Wetlands. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 58(9): 1355-1360.
- MACHÁS, M.R., 1995. *Estudo da Comunidade de Macrófitas da Lagoa da Vela*. Relatório de estágio do curso de licenciatura em Biologia Marinha e Pescas, Unidade de Ciências e Tecnologias dos Recursos Aquáticos, Universidade do Algarve, Faro, 53 p.
- MARGALEF, R., 1983. *Limnologia*. Ed. Omega, Barcelona, 1010 p.
- M.A.R.N. (Ministério do Ambiente e Recursos Naturais), 1991. *Livro Branco Sobre o Estado do Ambiente em Portugal*. M.A.R.N. (Ed.), Lisboa: 231-235.
- M.A.R.N. (Ministério do Ambiente e Recursos Naturais), 1995. *Plano Nacional da Política de Ambiente*. M.A.R.N. (Ed.), Lisboa, 292 p.
- MASCARENHAS, J.M.; BARATA, F.T., 1992. Detecção Remota e Conservação do Património. *Correio da Natureza*, 17: 11-15.
- MATTOSO, J., 1992. *História de Portugal*. Círculo de Leitores, Lisboa, Volume I (Antes de Portugal): 146-149.

- McEWEN, R. B.; KOSCO, W.J.; CARTER, V., 1976.** Coastal Wetland Mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **42(2)**: 221-232.
- MEAD, R.A.; GAMMON, P.T., 1981.** Mapping Wetlands Using Orthophotoquads and 35-mm Aerial Photographs. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **47(5)**: 649-652.
- MELO, J.J.; PIMENTA, C., 1993.** *Ecologia e Ambiente*. Difusão Cultural, Lisboa, 191 p.
- MEULSTEE, C.; NIENHUIS, P.H.; Van STOKKOM, H.T.C., 1986.** Biomass assessment of estuarine macrophytobenthos using aerial photography. *Marine Biology*, **91**: 331-335.
- MILTON, N.M.; MOUAT, D.A., 1989.** Remote Sensing of vegetation responses to natural and cultural environmental conditions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **55**: 1167-1173.
- MORGAN, N.C., 1970.** Changes in the fauna and flora of a nutrient enriched lake. *Hydrobiologia*, **35**: 545-553.
- M.P.A.T. (Ministério do Planeamento e Administração do Território), 1992.** *PROT Centro Litoral - Recursos Naturais do Centro Litoral, Sistemas Aquíferos - Caracterização*. Comissão de Coordenação da Região Centro, Coimbra, 175 p.
- NELDNER, V.J.; CROSSLEY, D.C.; COFINAS, M., 1995.** Using Geographic Information Systems (GIS) to determine the adequacy of sampling in vegetation surveys. *Biological Conservation*, **73**: 1-17.
- NETO, M.M.S., 1994.** Introdução e expansão da cultura da batata na região de Coimbra (sécs. XVII-XIX). *Revista Portuguesa de História*, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Instituto de História Económica e Social, Coimbra, tomo XXIX: 55-83.
- ODUM, E.P., 1983.** *Ecologia*. Ed. Guanabara, Rio de Janeiro, 434 p.
- OLIVEIRA, E.V.; GALHANO, F.; PEREIRA, B., 1990.** *Actividades Agro-Marítimas em Portugal*. Publicações D. Quixote, Lisboa, 236 p.
- PALMEIRIM, J.M., 1987/88.** A Biosfera Estudada do Espaço. *Bol.Soc.Port. Ciências Naturais (2ª Série)*, **24**: 115-132.

- PEIXOTO, J.P., 1961a.** Noções fundamentais sobre os fenómenos da radiação solar. *Electricidade*, 20: 337-342.
- PEIXOTO, J.P., 1961b.** A radiação solar e o sistema atmosfera-globo. *Electricidade*, 20: 343-351.
- PERDIGÃO, M.V., 1987.** *Resposta Espectral da Vegetação e sua Aplicação à Cartografia Biofísica baseada em Detecção Remota*. Trabalho de Síntese apresentado para Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Engenharia Rural, 123 p.
- PHILLIPS, G.L.; EMINSON, D.; MOSS, B., 1978.** A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwaters. *Aquatic Botany*, 4: 103-126.
- PIMM, S.L.; HYMAN, J.B., 1987.** Ecological Stability in the Context of Multispecies Fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44 (suppl. 2): 84-94.
- QUIBELL, G., 1992.** Estimating chlorophyll concentrations using upwelling radiance from different freshwater algal genera. *Int. J. Remote Sensing*, 13(14): 2611-2621.
- QUINTELA, A., 1995.** Caracterização geral do regime hidrológico dos cursos de água portugueses. *Livro de Resumos do Curso sobre Impacte Ecológico de Obras Fluviais e Sua Mitigação*, Lisboa, 11 - 15 Dezembro: 1-7.
- REEVES, F.G., 1975.** *Manual of Remote Sensing*. 1st ed., American Society of Photogrammetry, Falls Church, 2102 p.
- RIBEIRO, O., 1991.** *Opúsculos Geográficos*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, IV Volume (O Mundo Rural), 430 p.
- RODRIGUES, A.; BARROS, P.; REIS, M.; RIBEIRO, R.; GONÇALVES, F.; SOARES, A.M.V.M., 1993.** Comparação da variação temporal das comunidades zooplancónicas nas lagoas das Braças, Vela e Mira (região centro-litoral). Resultados preliminares. *Bol. UCA*, Universidade do Algarve, UCTRA, vol. 1: 1-8.

- RODRIGUES, M.T.C., 1990.** *Detecção Remota da Fitomassa*. Monografia realizada no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, 108 p.
- SABINS, F.F., 1986.** *Remote Sensing: Principles and Interpretation*. 2nd ed., Freeman, New York: 239-257.
- SANTOS, J.Q., 1995.** *Fertilização e Poluição: reciclagem agro-florestal de resíduos orgânicos*. J. Quelhas dos Santos (Ed.), Lisboa, 192 p.
- SCHLOESSER, D.W.; BROWN, C.L.; MANNY, B.A., 1988.** Use of Aerial Photography to Inventory Aquatic Vegetation. *Journal of Aerospace Engineering*, 1(3): 142-151.
- SCHLOESSER, D.W.; EDSALL, T.A.; MANNY, B.A., 1985.** Growth of submersed macrophyte communities in the St. Clair-Detroit river system between Lake Huron and Lake Erie. *Can. J. Bot.*, 63: 1061-1065.
- SCHLOESSER, D.W.; MANNY, B.A., 1984.** Rapid Qualitative Method for Estimating the Biomass of Submersed Macrophytes in Large Water Bodies. *J. Aquat. Plant Manage.*, 22: 102-104.
- SCHLOESSER, D.W.; MANNY, B.A., 1986.** Distribution of Submersed Macrophytes in the St. Clair-Detroit River System. *Journal of Freshwater Ecology*, 3 (4): 537-544.
- SCHMIDER, F.; OTTOW, J.C.G., 1984.** Makrophyten-vegetation und chemismus unterschiedlich eutropher Stillgewaesser in der oberrheinischen Ebene. *Natur und Landschaft*, 59(10): 395-399.
- SCHNEIDER, S.R.; MCGINNIS, D.F.; STEPHENS, G., 1985.** Monitoring Africa's Lake Chad basin with LANDSAT and NOAA satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 6: 59-73.
- SEABRA, C.; BESSA, M.J.; COSTA, J.R., 1993.** *Detecção Remota: Introdução à Utilização em Planeamento Ambiental*. COVEPLAM/MedSPA/UNINOVA/DGQA, Lisboa, 56 p.
- SOUZA-OTTO, A.M.T.G., 1975.** *Foto-interpretção: I. Fotografias aéreas e elementos de fotogrametria; II. Aplicação à cartografia de solos*. Instituto Politécnico de Vila Real, Departamento de Mesologia, Vila Real, 119 p.

- STRASKRABA, M., 1993.** Lake/Reservoir Ecotechnology - ecosystem theory and management. *In: G. GIUSSANI & C. CALLIERI (Eds.), 5th International Conf. on the Conservation and Management of Lakes-Strategies for Lake Ecosystem Beyond 2000.*
- STUMPF, R.P.; TYLER, M.A., 1988.** Satellite Detection of Bloom and Pigment Distribution in Estuaries. *Remote Sensing of Environment*, **24**: 385-404.
- TENEDÓRIO, J.A., 1989.** *Concepção de cartas de uso e de evolução de uso do solo por interpretação de fotografia aérea vertical.* Instituto Nacional de Investigação Científica, Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional (UNL-FCSH), Lisboa, 79 p.
- THOMANN, R.V.; MUELLER, J.A., 1987.** *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control.* Harper & Row, New York, 643 p.
- TUCKER, C.J., 1978.** A comparison of satellite sensor bands for vegetation monitoring. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **44**(11): 1369-1380.
- TUCKER, C.J., 1979.** Red and photografic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, **8**: 1189-1207.
- TUCKER, C.J., 1980.** A critical review of remote sensing and other methods for non-destructive estimation of standing crop biomass. *Grass and Forage Science*, **35**: 177-182.
- TUCKER, C.J.; MILLER, L.D., 1977.** Soil spectra contributions to grass canopy spectral reflectance. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **43**(6): 721-726.
- TUCKER, C.J.; SELLERS, P.J., 1986.** Satellite remote sensing of primary production. *International Journal of Remote Sensing*, **7**: 1395-1416.
- VANNEY, J.R.; MOUGENOT, D., 1981.** La plateforme continentale du Portugal et les provinces adjacentes: analyse géomorphologique. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, **28**: 156 p.
- Van ZUIDAM, R.A.; Van ZUIDAM-CANCELLADO, F.I., 1978.** *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs: A Geomorphological Approach.* I.T.C. Textbook of Photointerpretation, I.T.C., Enschede, vol. I.

- VASCONCELOS, V.M.O., 1990.** *Ecotoxicologia de cianobactérias: impacte dos seus "blooms" nas com unidades animais e sua aplicação na gestão da qualidade da água.* Trabalho de Síntese apresentado para Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Universidade do Porto, Porto, 82 p.
- WEINBERG, A.C., 1990.** Low-input agriculture reduces nonpoint sources pollution. *J. Soil Wat. Conserv.*, **45**(1): 48-50.
- WEISER, R.L.; ASRAR, G.; MILLER, G.P.; KANEMASU, E.T., 1986.** Assessing grassland biophysical characteristics from spectral measurements. *Remote Sensing of Environment*, **20**: 141-152.
- WESTLAKE, D.F., 1975.** Macrophytes. In: WHITTON, B.A. (Ed.), *River Ecology. Studies in Ecology*, Vol. 2, Blackwell Scientific Publ., Oxford: 106-128.
- WETZEL, R.G., 1993.** *Limnologia.* Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 905 p.
- WILLIAMSON, H.D., 1988.** Vegetation Sampling for Studies Using Remotely Sensed Data. In: European Space Agency (Eds.), *Proceedings of IGARSS '88 Symposium, Remote Sensing: Moving towards the 21st century*, Edinburgh, Scotland, **2**: 849-852.
- YAN, J.; ZHANG, Y., 1992.** Ecological techniques and their application with some case studies in China. *Ecological Engineering*, **1**: 261-285.

