PROPOSTA DE DEFINIÇÃO DE ECÓTIPOS E CLASSIFICAÇÃO PRELIMINAR DO ESTADO ECOLÓGICO DAS LAGOAS DOS AÇORES

Vítor GONÇALVES; Pedro M. RAPOSEIRO

Departamento de Biologia da Universidade dos Açores 9501-801 Ponta Delgada, vitorg@notes.uac.pt; raposeiro@notes.uac.pt

João PORTEIRO

Departamento de Biologia da Universidade dos Açores 9501-801 Ponta Delgada, porteiro@notes.uac.pt

Maria H. ALVES

Instituto da Água 1049-066 Lisboa, helenalves@inag.pt

Margarida C. MEDEIROS

Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos, 9501-160 Ponta Delgada, maria.ma.medeiros@azores.gov.pt

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

O objectivo da Directiva-Quadro da Água - 2000/60/CE - (DQA) consiste em alcançar, até 2015, o bom estado ecológico ou o bom potencial ecológico de todas as massas de água. Sendo o estado ecológico de uma determinada massa de água expresso em função do desvio (desvio ecológico) relativamente às comunidades biológicas de uma massa de água com as mesmas características (ecótipo), em condições pristinas (estado ecológico de referência), a definição de ecótipos e de locais de referência e a sua respectiva caracterização biológica são etapas fundamentais na avaliação do estado ecológico e, consequentemente, na implementação da DQA.

O Arquipélago dos Açores é particularmente rico em massas de água interiores de superfície, devido à geomorfologia vulcânica e às condições edafoclimáticas que prevalecem em altitude. As lagoas, que ocorrem em cinco das nove ilhas, são dos elementos mais emblemáticos da paisagem açoriana. No entanto, estes ecossistemas têm vindo a sofrer um processo de eutrofização originado pela intensiva exploração agro-pecuária no seio das respectivas bacias hidrográficas. A urbanização, a utilização abusiva da água para diversos usos e o crescimento do turismo constituem também pressões a assinalar.

Com objectivo de classificar o estado ecológico das lagoas dos Açores, propõem-se neste trabalho uma tipologia para as lagoas açorianas, identificam-se as massas de água de referência e seleccionam-se as métricas que melhor se ajustam às pressões identificadas. A metodologia desenvolvida, apesar de condicionada pela reduzida quantidade de informação de base, produziu resultados consistentes, é de simples aplicação e pode constituir uma ferramenta fundamental para a rede de monitorização da qualidade da água da Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores (RH 9).

Palavras-Chave: Directiva-Quadro da Água; ecótipos; estado ecológico; Lagoas; Açores

1 – INTRODUÇÃO

Enquanto componente do ecossistema global, a água é um elemento vital, indispensável à generalidade dos processos biológicos. A nossa existência e as actividades económicas dependem, em grande medida, da abundância e da qualidade deste recurso natural. Todavia, a água constitui um recurso limitado, necessitando de ser gerido de forma racional. A influência do Homem no ambiente e a pressão que exerce sobre os recursos naturais são, na actualidade, um motivo de crescente preocupação. Os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo um conjunto de impactes negativos de magnitude acentuada e que alteram o seu funcionamento, tornando-se imprescindível a sua protecção.

O Arquipélago dos Açores localiza-se no Oceano Atlântico Norte, entre os paralelos 36º45' e 39º43'N e os meridianos 24º45' e 31º17'W, pertencendo à região biogeográfica da Macaronésia. A formação dos sistemas lacustres neste arquipélago deve-se, essencialmente, à existência de depressões endorreícas com fundo impermeabilizado pelos materiais pomíticos, à presença de coberturas florestais com grande capacidade de retenção hídrica, à afluência regular de elevado volume de água (escorrência e precipitação) e à manutenção do equilíbrio vulcanológico e hidrogeológico, condições necessárias para a estabilidade das interdependências entre a bacia e respectivo plano de água {Porteiro 2000 #940}. As águas lênticas desempenham um papel fundamental na dinâmica hidrológica das ilhas, uma vez que funcionam como reservas estratégicas para abastecimento público, para além de constituírem ecossistemas naturais únicos, vulneráveis e insubstituíveis.

Segundo o Plano Regional da Água (PRA), a captação excessiva de água e as actividades relacionadas com a agro-pecuária são as maiores pressões humanas sobre os mananciais do arquipélago (SRA, 2001). A bovinicultura, base da economia açoriana que emerge no pós-guerra, manifestam-se, sobretudo, na alteração do coberto vegetal natural, destruição de habitats, contaminação das águas (físico-química e microbiológica), destabilização de vertentes, erosão dos solos e, consequentemente, no assoreamento das margens e na eutrofização das lagoas (Porteiro, 2000).

Para intervir, atempadamente, na crescente degradação dos recursos hídricos, o Parlamento Europeu e o Conselho adoptaram, em 23 de Outubro de 2000, a Directiva 2000/60/CE, designada Directiva-Quadro da Água (DQA), que establece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água. Trata-se de uma iniciativa primordial na protecção dos ecossistemas aquáticos e sistemas adjacentes, uma vez que estabelece que seja atingido o "bom estado" das águas de superfície em 2015. Com a aprovação da DQA concretiza-se o conceito de "avaliação do estado ecológico", abordagem que revoluciona o anterior sistema de classificação da qualidade das águas. O "estado ecológico", por definição, é expresso pelo afastamento de uma massa de água ("desvio ecológico") relativamente a outra com características idênticas ("ecótipos") e em condições "inalteradas", situação a que corresponde ao "estado ecológico de referência". Segundo a DQA (Anexo V – Tabelas 3a e 3b), entende-se por situação "pristina" ou de "referência" o estado dos ecossistemas aquáticos na ausência de qualquer influência antrópica significativa. Nestes termos, o "estado ecológico" das águas superficiais é classificado com base em parâmetros biológicos (constituem a base de avaliação da qualidade da água, sendo usados como indicadores da sua qualidade ecológica), hidromorfológicos e físico-químicos (dados que suportam os elementos biológicos, pois englobam factores abióticos que condicionam as suas comunidades).

No seguimento desta abordagem, este trabalho apresenta uma proposta de classificação tipológica das lagoas dos Açores assente em características climáticas, geológicas e hidromorfológicas relevantes para a diferenciação das comunidades biológicas. Pretendeu-se ainda, seleccionar os locais de referência para cada ecótipo e apresentar uma classificação preliminar do estado ecológico das lagoas açorianas.

2. METODOLOGIA

A implementação da DQA envolve 5 fases fundamentais até 2015 (WFD CIS, 2001): Fase 1- transposição da directiva para o direito interno dos estados membros e delimitação das Regiões Hidrográficas; Fase 2- estabelecimento dos locais e condições de referência, desenvolvimento de sistemas de classificação do estado ecológico e análise das características das bacias hidrográficas, das pressões e impactos e e ainda dos aspectos económicos relativos ao uso da água; Fase 3- implementação de programas de monitorização; Fase 4- definição dos programas de medidas e realização dos Planos de gestão das Regiões Hidrográficas; Fase 5- obtenção do bom estado ecológico em 2015. Para dar execução aos dois primeiros objectivos da segunda fase adoptou-se para os Açores a metodologia esquematizada na Figura 1.

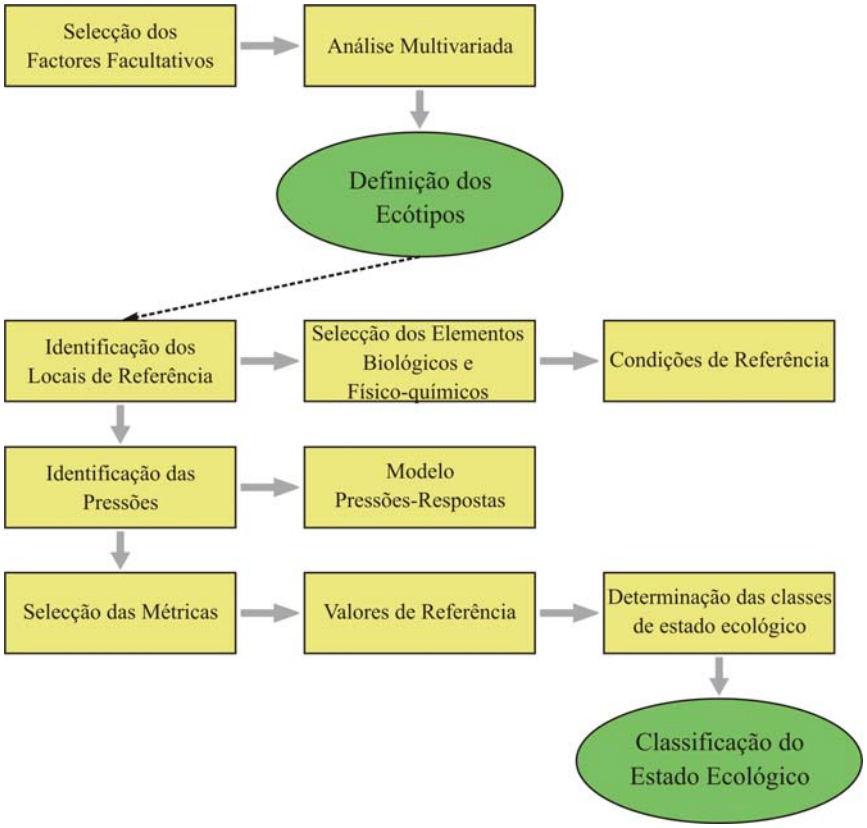

Figura 1- Diagrama do esquema metodológico utilizado na definição dos ecótipos e classificação do estado ecológico das lagoas dos Açores.

A DQA define dois sistemas alternativos para a identificação de ecótipos: A e B (Anexo II da DQA). Na aplicação do sistema B para a caracterização dos ecótipos das lagoas dos Açores utilizaram-se três tipos de factores: i) os factores obrigatórios para lagos descritos no anexo II da DQA (altitude, latitude, longitude, profundidade, dimensão e geologia); ii) os factores facultativos propostos no mesmo anexo, sempre que para tal existia informação disponível (profundidade média, forma, tempo de residência e as características de mistura); iii) outros factores que foram considerados ecologicamente importantes na diferenciação dos lagos dos Açores (enquadramento geomorfológico, índice de permanência, índice de desenvolvimento das margens e área, declive e precipitação média na bacia hidrográfica).

A identificação dos ecótipos foi realizada através de análise multivariada (Análise de Componentes Principais – PCA, Ordenação Multidimensional não Paramétrica – nMDS, e Análise de Agrupamento Hierárquico – CLUSTER) com recurso ao programa PRIMER v6 {Clarke & Gorley 2006 #827}. A identificação dos locais de referência para cada ecótipo foi feita através da análise de pressões. Para tal consideraram-se diversas variáveis cujo grau de impacte foi avaliado em cada lagoa. As lagoas onde se observou uma pressão antrópica mínima ou nula foram seleccionadas como locais de referência. A metodologia utilizada para a caracterização preliminar do estado trófico das lagoas foi adoptada, considerando o quadro normativo da DQA, em função dos dados disponíveis. Para tal identificaram-se os elementos biológicos que melhor traduzem as pressões existentes, e de que forma estas os afectam. Seleccionou-se uma métrica e testou-se a sua relação com o gradiente de impacte gerado pela pressão. Finalmente, determinaram-se os valores da métrica que correspondem às fronteiras entre as cinco classes de estado ecológico. Nos pontos que se seguem indica-se com maior pormenor a metodologia utilizada e os resultados obtidos.

3. Definição dos ecótipos de lagoas

De acordo com a DQA, as águas de superfície são classificadas em cinco categorias, entre as quais os lagos, que por sua vez são sub-divididas em tipos (grupos com características geográficas e hidrológicas relativamente homogéneas). Para a separação destes tipos, a DQA propõe duas metodologias: o sistema A ou o sistema B (DQA – Anexo II). No sistema A os corpos de água são primeiramente diferenciados em eco-regiões (Portugal – ecoregião 1), e seguidamente separados em classes de acordo com uma lista de factores obrigatórios (altitude, profundidade, dimensão e geologia), enquanto que no sistema B existem classes de factores obrigatórios e classes de factores facultativos que são seleccionados por cada Estado-Membro. A rigidez do sistema A, quer em relação aos factores considerados, quer relativamente às classes propostas para esses factores, não permite diferenciar a variabilidade ecológica natural e, consequentemente, definir ecótipos com significado biológico. Numa região insular e vulcânica, como é o caso dos Açores, com características hidrológicas muito particulares e distintas das outras regiões que englobam a ecoregião 1, existem sérias limitações à aplicação do sistema A para a tipificação dos seus lagos {Hughes 2005 #924}.

Porteiro (2000) inventariou 88 lagoas nos Açores, distribuídas por 5 das 9 ilhas do arquipélago. A classificação destas lagoas através do sistema A da DQA permite apenas incluir quatro lagoas da ilha de São Miguel (Furnas, Fogo, Verde e Azul), uma vez que todas as outras possuem dimensões inferiores 0,5 Km^2. Apesar das suas reduzidas dimensões, estas lagoas têm um papel de relevo no contexto da região, tanto em termos hidrológicos como de suporte de biodiversidade (algumas das espécies associadas a estes sistemas são endémicas e protegidas pela Convenção de Berna e pela

Directiva Habitats 92/43/EEC). Atendendo a estas limitações, a primeira proposta de tipificação das lagoas dos Açores, elaborada no âmbito do Plano Regional da Água (PRA, 2001), adoptou o sistema B, que diferia apenas do sistema A apenas pela redução do limite inferior da área da lagoa para 0,03 Km^2. Este ajustamento permitiu abranger vinte e duas lagoas, divididas em cinco ecótipos (no relatório do PRA de 2001 são referidos sete ecótipos, mas dois deles estão repetidos), localizadas nas ilhas de São Miguel, Flores, Pico e Corvo. Apesar de obviar as limitações anteriormente referidas, a classificação de ecótipos então proposta colocava novas dificuldades. Os ecótipos B–L-MP/P/M/S (lagoas Muito Pequenas, Profundas, de Média altitude e Siliciosas) e B-L-MI/PP/G/S (lagoas de tamanho MIcro, Pouco Profundas, de Grande altitude e Siliciosas) incluíam apenas uma lagoa cada (lagoa Verde das Sete Cidades e lagoa do Caiado, respectivamente). No primeiro caso esta lagoa encontra-se separada do ecótipo B-L-P/P/M/S apenas pela área desta lagoa ser mais reduzida ≈ 0,90 Km^2 (um dos parâmetros do ecótipo B-L-P/P/M/S é dimensão superior a 1,00 Km^2) do que as lagoas do deste ecótipo. No caso da lagoa do Caiado esta encontra-se separada do ecótipo B-L-MI/PP/M/S pelo factor altitude, enquanto que no ecótipo B-L-MI/PP/M/S as lagoas abrangidas estão compreendidas entre os 200-800 m de altitude, estando a lagoa do Caiado situada a 810m de altitude. Contudo, estas diferenças em termos de área e altitude não se traduzem numa diferenciação biológica efectiva. Para além disso, a criação de écotipos com uma única massa de água não permite a implementação do sistema de referência para esses ecótipos.

A presente proposta para a definição de ecótipos das lagoas dos Açores assenta na análise dos factores indicados na Quadro 1. Para os factores altitude e profundidade média adoptaram-se as classes propostas no Anexo II da DQA. Relaitivamente à latitude e longitude optou-se por considerar uma classe única para todo o arquipélago, considerando que o seu gradiente não se traduz numa diferenciação ecológica destes sistemas. Atendendo às dimensões das lagoas regionais, considerou-se como limite mínimo para a classe de muito pequena dimensão 1 ha (0,01 Km^2), e o intervalo entre 0,1 e 1 Km^2 para as de pequena dimensão. A constituição geológica das bacias hidrográficas das lagoas dos Açores, resulta da natureza química do magma libertado durante a erupção que deu origem ao edifício vulcânico onde se establece cada lagoa. Consequentemente, a classificação geológica natural comporta apenas duas classes: rochas ácidas e rochas básicas. As rochas ácidas, ricas em sílica, incluem os traquitos em sentido lato. As rochas básicas, com teores de sílica muito inferiores, incluem os basaltos em sentido lato. A caracterização geológica foi feita com base em {Zbyszewski 1961 #255}, {J. C. Nunes 1999 #824} e {J. M. M. Azevedo 1988 #825}. Quanto à morfologia do edifício vulcânico onde se encontra a lagoa – enquadramento geomorfológico – adoptou-se a classificação proposta por {Constância, Braga, et al. 1997 #826}. Optou-se por não atribuir um valor diferenciado a nenhum dos factores tendo-se procedido à análise multiparamétrica incluindo todas as variáveis descritas (Quadro 1).

Quadro 1 –Factores utilizados para a tipificação das lagoas dos Açores.

	Factor	Classes
Factores obrigatórios	Altitude	Baixa < 200m; Média 200 a 800m; Grande > 800m
	Latitude	Classe única
	Longitude	Classe única
	Profundidade máxima	Pouco profunda < 5m; Média profundidade 5 a 15m; Profunda> 15m
	Dimensão	Muito Pequena 0,01 a 0,1 Km^2; Pequena 0,1 a 1Km^2; Grande >1Km^2
	Geologia	Rochas ácidas (traquitos s.l.); Rochas básicas (basaltos s.l.)
Factores facultativos	Profundidade média	<3m; 3 a 15m; >15m
	Forma (coeficiente de circularidade- k_o)	Alongada k_o <0,5; Elíptica k_o 0,5 a 0,8; Circular k_o >0,8
	Tempo de residência	Curto < 0,3 anos; Médio 0,3 a 1 ano; Longo > 1 ano
	Características de mistura	Holomítico; Monomítico
Outros factores	Enquadramento geomorfológico	Caldeira de subsidência; Maar; Cratera em cone de pedra pomos; Cratera em cone de escórias; Anel de tufos; Depressão tectónica; Depressão topográfica
	Índice de permanência	< 0,1; 0,1 a 0,5; 0,5 a 1 e >1
	Índice de desenvolvimento das margens	<1,2; 1,2-1,5; >1,5
	Área da bacia hidrográfica	< 0,01 Km^2; 0,01 a 0,1Km^2; 0,1 a 1Km^2;> 1 Km^2
	Declive médio da bacia hidrográfica	Pequeno <25%; Médio 25 a 50%; Grande >50%
	Precipitação média anual na bacia hidrográfica	Baixa <2000mm; Média 2000 a 4000 mm; Elevada >4000 mm

A análise de componentes principais (PCA) permitiu verificar que são as variáveis morfométricas que mais contribuem para a diferenciação das lagoas. Em conjunto os primeiros cinco eixos da PCA explicam 87,8% da variação observada (Quadro 2). Pela análise da Quadro 3, podemos verificar que o primeiro eixo (PC1) está relacionado com a dimensão e profundidade das lagoas e, por extensão, com o índice de permanência, as características de mistura e o tempo de residência. O segundo eixo (PC2) traduz a variação de forma e, por consequência, o desenvolvimento das margens, a geologia e a precipitação na bacia. Os eixos três, quatro e cinco estão principalmente relacionados com o declive, a altitude e o enquadramento geomorfológico, respectivamente (Quadro 3).

Quadro 2 - Valor próprio e contribuição das cinco primeiras componentes da PCA para a explicação da variância observada.

PC	Valor próprio	%Variação	%Variação Acumulada
1	5,93	42,4	42,4
2	2,85	20,4	62,7
3	1,53	11	73,7
4	1,32	9,5	83,1
5	0,655	4,7	87,8

Quadro 3 - Variância das variáveis em cada uma das cinco primeiras componentes da PCA. A sombreado destacam-se as variáveis com maior contribuição em cada componente.

Variável	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Índice de permanência	-0,375	-0,109	0,021	-0,208	-0,024
Características de mistura	-0,368	-0,188	-0,048	0,032	-0,253
Dimensão	-0,357	0,131	-0,092	-0,139	0,096
Profundidade máxima	-0,338	-0,258	-0,054	-0,089	-0,150
Tempo de residência	-0,326	-0,028	0,361	-0,086	-0,152
Índice de desenvolvimento das margens	-0,133	0,425	-0,433	0,080	0,035
Forma (Coeficiente circularidade-Ko)	-0,171	0,416	-0,246	0,103	-0,164
Geologia	0,098	-0,408	-0,481	-0,059	0,121
Precipitação média anual na bacia	-0,065	-0,401	-0,34	0,470	0,120
Declive médio da bacia	-0,226	0,054	0,401	0,154	0,482
Altitude	0,150	-0,168	-0,076	-0,667	0,421
Enquadramento geomorfológico	0,278	-0,036	0,023	-0,298	-0,619
Área da bacia	-0,231	0,276	-0,305	-0,339	0,107
Profundidade média	-0,334	-0,279	-0,022	-0,092	-0,139

A análise de CLUSTER (Figura 2B) permitiu identificar quatro grupos de lagoas para uma distância euclidiana máxima entre os membros de cada grupo igual a 5. No entanto, a aplicação do teste SIMPROF permitiu agrupar a lagoa do Caldeirão a um dos outros grupos, reduzindo o seu número a três. O diagrama de MDS (Figura 2A) confirma a distribuição das lagoas nos mesmos três agrupamentos. Estes resultados conduziram à definição de três ecótipos para as lagoas dos Açores (Quadro 4 e Figura 3), cujas designações assentam na profundidade e dimensão da massa de água: LA_G/P - Grandes (G) e Profundas (P); LA_P/P – Pequenas (P) e Profundas (P); LA_MP/PP – Muito Pequenas (MP) e Pouco Profundas (PP).

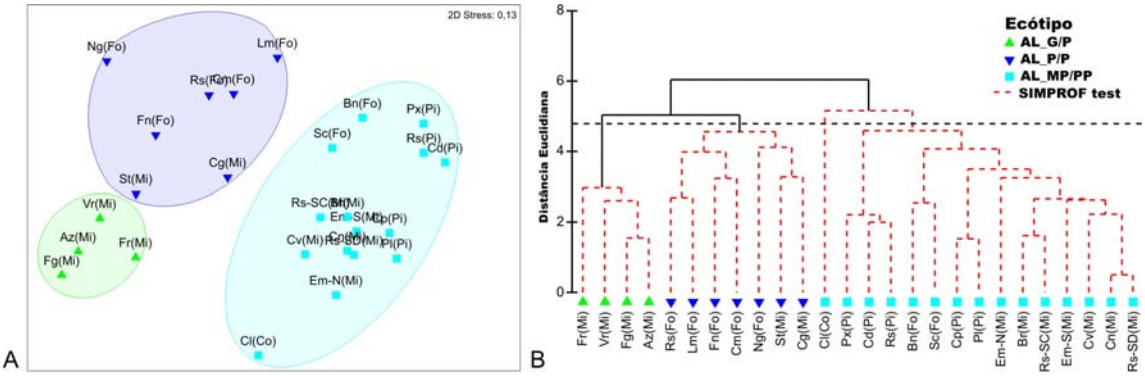

Figura 2 – Agrupamento das lagoas dos Açores através da análise MDS (A) e CLUSTER (B). Ambas análises foram efecuadas a partir das distâncias euclidianas calculadas com base nas variáveis normalizadas.

Quadro 4 – Ecótipos de lagoas dos Açores.

Ecótipo	Ilha	Lagoas	Código
AL_G/P ▲	São Miguel	Lagoa do Fogo	Fg(Mi)
	São Miguel	Lagoa das Furnas	Fr(Mi)
	São Miguel	Lagoa Azul das Sete Cidades	Az(Mi)
	São Miguel	Lagoa Verde das Sete Cidades	Vr(Mi)
AL_P/P ▼	São Miguel	Lagoa de Santiago	St(Mi)
	São Miguel	Lagoa do Congro)	Cg(Mi
	Flores	Lagoa Funda	Fn(Fo)
	Flores	Lagoa Comprida	Cm(Fo)
	Flores	Lagoa Negra	Ng(Fo)
	Flores	Lagoa Rasa	Rs(Fo)
	Flores	Lagoa da Lomba	Lm(Fo)
AL_MP/PP ■	São Miguel	Lagoa de São Brás	Br(Mi)
	São Miguel	Lagoa Rasa (Sete Cidades)	Rs-SC(Mi)
	São Miguel	Lagoa do Canário	Cn(Mi)
	São Miguel	Lagoa das Empadadas Norte	Em-N(Mi)
	São Miguel	Lagoa das Empadadas Sul	Em-S(Mi)
	São Miguel	Lagoa do Caldeirão da Vaca Branca	Cv(Mi)
	São Miguel	Lagoa Rasa (Serra Devassa)	Rs-SD(Mi)
	Pico	Lagoa do Capitão	Cp(Pi)
	Pico	Lagoa do Caiado	Cd(Pi)
	Pico	Lagoa do Paúl	Pl(Pi)
	Pico	Lagoa da Rosada	Rs(Pi)
	Pico	Lagoa do Peixinho	Px(Pi)
	Flores	Lagoa Branca	Bn(Fo)
	Flores	Lagoa Seca	Sc(Fo)
	Corvo	Lagoa do Caldeirão	Cl(Co)

Na Figura 4 apresentam-se os *boxplots* que resumem as principais características que definem e diferenciam entre si os três ecótipos. O ecótipo LA_G/P, existente apenas na ilha de São Miguel, é constituído por grandes lagoas (área superior a 80ha) localizadas no interior de caldeiras de subsidência, compreendidas entre os 300 e 500 m de altitude. São lagoas profundas, monomíticas, com índices de permanência e tempos de residência elevados. No ecótipo LA_P/P, predominante na ilha das Flores, incluem-se lagoas de pequena dimensão localizadas maioritariamente no interior de crateras de explosão hidromagmática (*Maars*), compreendidas entre os 400 e 550 m de altitude. As lagoas deste ecótipo são igualmente profundas mas têm índices de permanência muito inferiores. O ecótipo LA_MP/PP, presente nas ilhas de São Miguel, Pico, Flores e Corvo, é representado por lagoas muito pequenas, de baixa profundidade, consequentemente sem estratificação, e com um índice de permanência muito baixo (≤ 0,1), compreendidas entre os 600 e 800 m de altitude.

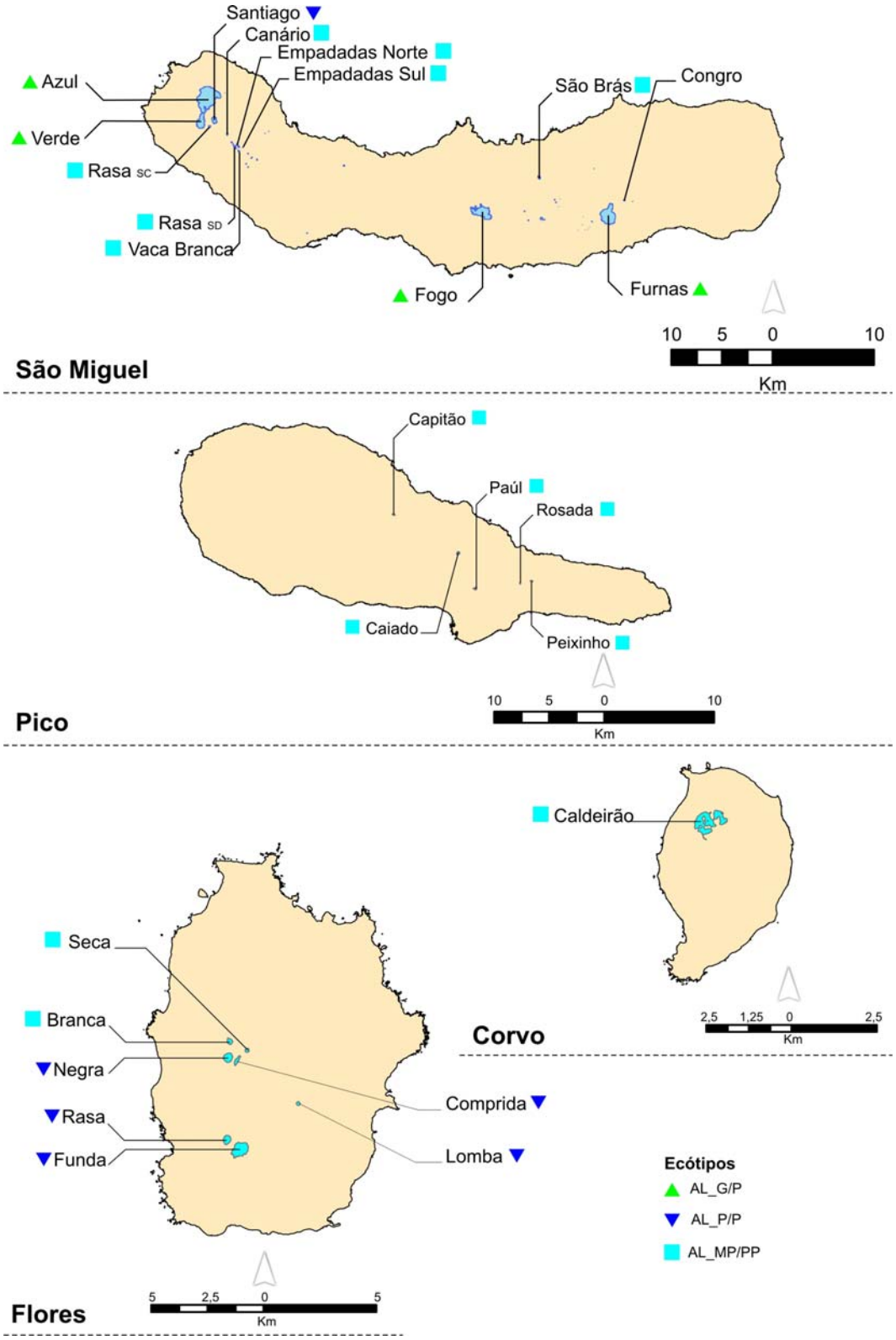

Figura 3 – Distribuição dos ecótipos de lagoas pelas ilhas do Arquipélago dos Açores.

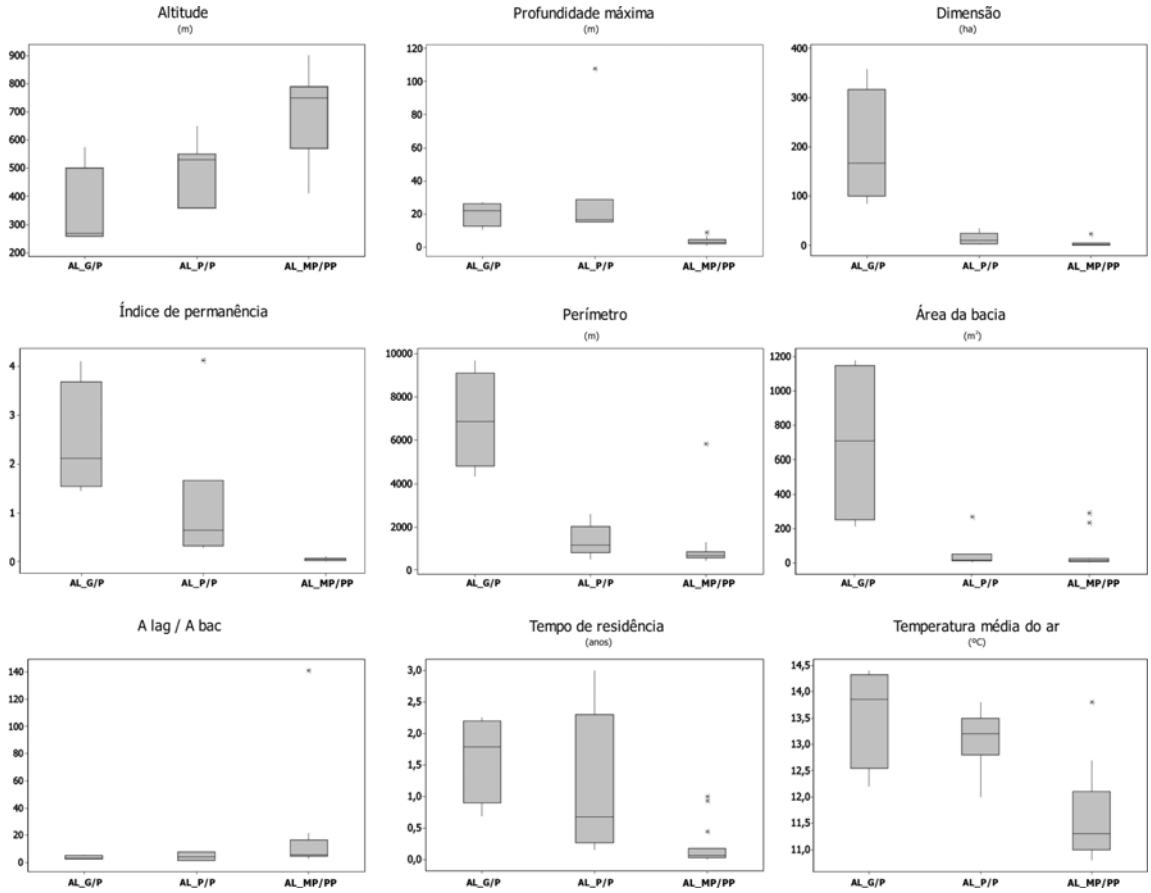

Figura 4 – *Boxplots* das principais características diferenciadoras dos três ecótipos de lagoas dos Açores (AL_G/P- Lagoas grandes e profundas; AL_P/P- lagoas pequenas e profundas; AL_MP/PP- lagoas muito pequenas e pouco profundas)

4. Identificação dos locais de referência

De acordo com as orientações do REFCOND {WFD CIS Working Group 2.3 2003 #828}, a utilização de critérios de pressão consiste no método mais eficaz para a selecção de locais de referência, por ser economicamente mais eficaz e evitar a circularidade que pode resultar de uma selecção baseada apenas em critérios ecológicos. Por outro lado, sendo as comunidades de referência definidas como as comunidades biológicas que são esperadas sob condições de prístina, isto é, na ausência (ou quase ausência) de perturbações antropogénicas, a avaliação das pressões e do seu grau de impacte permitirá identificar os locais sem perturbações significativas, que correspondem aos locais de referência.

As pressões sobre os recursos hídricos podem ser classificadas em pressões de poluição, que degradam a qualidade do recurso, pressões quantitativas, que alteram a quantidade do recurso, pressões hidromorfológicas, que afectam a estrutura e a quantidade do recurso e ainda pressões biológicas, que têm impacto sobre as comunidades biológicas. No Arquipélago dos Açores, diversas actividades humanas exercem pressões que afectam a qualidade e a quantidade dos seus recursos hídricos. Para avaliar o grau de impacte que essas actividades produzem sobre as lagoas dos Açores

identificaram-se as pressões com impacte significativo (Quadro 5), às quais foi atribuído um valor de 0 a 3, para cada lagoa, com base em dados publicados (Porteiro, 2000) e observações *in situ*.

Quadro 5 – Pressões com impacte significativo nas lagoas dos Açores.

Actividades	Pressões
Pecuária	Pastoreio intensivo/extensivo
	Fertilização química/orgânica
	Monda química/pesticidas
	Arroteias/melhoramento
	Cortes para silagem/silos
	Captação de água/abeberamento
Silvicultura	Plantação
	Corte
	Desbaste/manutenção
Agricultura	Fertilização química/orgânica
	Monda química/pesticidas
	Rotação de culturas/lavoura
Turismo/Lazer	Recreio na Margem
	Actividades náuticas
Urbanização	Edificação
	Estradas/caminhos
Gestão	Introdução de espécies exóticas
	Remoção de macrófitas
Outras Actividades	Extracção de inertes
	Captação de água
	Deposição de resíduos sólidos

Consideraram-se como locais sem perturbações antropogénicas significativas todos aqueles que, no conjunto das pressões avaliadas, obtiveram um valor igual ou inferior a 5. Desta forma, identificaram-se como locais de referência para cada um dos três ecótipos as seguintes lagoas: ecótipo AL_G/P – lagoa do Fogo; ecótipo AL_P/P - lagoas Negra, Rasa e Comprida; ecótipo AL_MP/PP – lagoas Branca, Seca, Empadadas Sul e Canário.

5. Condições de referência

De acordo com a DQA as condições de referência (que correspondem simultaneamente ao estado ecológico excelente) devem ser definidas com base em elementos hidromorfológicos, físico-químicos e biológicos. Com base nos dados existentes para as lagoas de referência (não existem informações quantitativas relativamente a diversos elementos e para as lagoas Negra, Seca e Branca não existem quaisquer dados) sugerem-se os parâmetros apresentados no Quadro 6. No que se refere aos elementos biológicos, aqueles que poderão ser utilizados na definição das condições de referência/classificação do estado ecológico são o fitoplâncton, o fitobentos, o macrozoobentos e as macrófitas. Contudo, actualmente, apenas existem estudos consistentes sobres os primeiros (UNL, 1991; INOVA, 1996,1999; Gonçalves, 1997; Gonçalves *et al.*, 2005). Embora referidos na DQA, os

peixes não podem ser utilizados pois todas as espécies presentes foram introduzidas pelo homem, não existindo espécies nativas.

No Quadro 6 são apresentados os valores de referência para cada ecótipo, calculados com base na média do conjunto de valores observados nas lagoas de referência.

Quadro 6 – Valores de referência de alguns parâmetros para os ecótipos de lagoas dos Açores.

	AL_G/P			AL_P/P			AL_MP/PP		
	Min	Méd	Máx	Min	Méd	Máx	Min	Méd	Máx
Temperatura (ºC)	9,3	14,1	18,3	8,7	14,7	20,4	6,4	14,3	23,7
Transparência (m)	2,0	3,3	4,5	1,8	3,3	5,0	0,5	fundo	-
Oxigénio dissolvido (mg/l)	6,3	8,9	11,2	6,5	9,6	11,6	6,1	10,2	13,7
Azoto total (mg/l)	0,121	0,235	0,399	0,126	0,267	0,492	0,110	0,344	0,674
Fósforo total (mg/l)	0,001	0,018	0,041	0,006	0,011	0,400	0,000	0,025	0,130
Clorofila a (µg/l)	1,16	4,02	11,64	0,57	1,90	5,94	0,92	3,45	13,18

6. Classificação do estado ecológico

A degradação da qualidade das lagoas que se tem evidenciado nas últimas décadas resulta fundamentalmente, de acordo com estudos anteriores (UNL, 1991; INOVA, 1996, 1999; Constância *et al.*, 1997; Porteiro, 2000; Gonçalves *et al.*, 2005), da eutrofização provocada pelo incremento da agro-pecuária nas bacias hidrográficas. A análise de pressões efectuada permitiu, para além da identificação dos locais de referência, verificar que as principais pressões exercidas sobre as lagoas são pressões de poluição, em concreto relacionadas com a actividade agrícola (emissão de nutrientes e contaminação microbiológica). Assim sendo, considerou-se a eutrofização como o principal factor responsável pela degradação do estado ecológico das lagoas dos Açores.

As definições normativas do estado ecológico referem a utilização dos mesmos elementos biológicos que são usados na determinação das condições de referência. No caso dos Açores, como foi dito atrás, apenas existem dados consistentes sobre o fitoplâncton. Para esta caracterização preliminar do estado ecológico das lagoas, importa portanto saber de que forma o fitoplâncton responde à eutrofização. Numerosos estudos (____) mostram que a eutrofização provoca alterações na composição específica do fitoplâncton, nomeadamente o decréscimo da relação *taxa* sensíveis/*taxa* tolerantes, na sua abundância e biomassa. Relativamente à composição específica e à abundância não existem métricas adaptadas à região.

A relação entre a eutrofização e o aumento da biomassa fitoplanctónica é conhecida há várias décadas (e.g. Vollenweider, 1982). Para a avaliação da biomassa fitoplanctónica das lagoas dos Açores propõe-se a utilização da concentração clorofila *a*, visto tratar-se de um indicador fiável e de aplicação simples. Para testar a resposta da concentração de clorofila *a* à eutrofização realizou-se uma análise de correlação entre este parâmetro e a concentração de fósforo total na água. Como se pode observar na Figura 5, existe uma correlação significativa (R^2=0,7058) entre estes dois parâmetros, pelo que a clorofila *a* foi considerada um bom descritor do estado ecológico das lagoas.

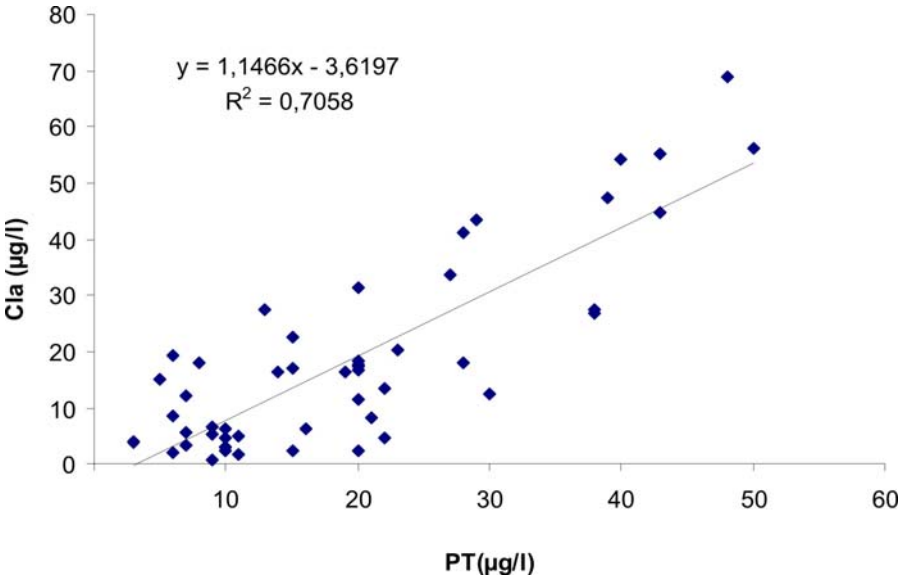

Figura 5 – Correlação e recta de regressão entre as concentrações de clorofila *a* (Cla) e fósforo total (PT) nas lagoas dos Açores.

Para o estabelecimento de um sistema de classificação das lagoas baseado na clorofila *a*, calculou-se o valor médio anual da sua concentração para cada referência e o seu intervalo de variação em cada ecótipo. Para determinar a fronteira entre o estado excelente e bom utilizou-se o percentil 95 desse intervalo. As fronteiras entre os restantes estados de qualidade ecológica foram calculadas dividindo o intervalo dos restantes valores em percentis de 25 (Quadro 7).

	AL_G/P	AL_P/P	AL_MP/PP
Excelente	<6,0	<3,0	<8,8
Bom	6,0-13,5	3,0-5,7	8,8-13,5
Razoável	13,5-17,2	5,7-8,2	13,5-15,9
Medíocre	17,2-28,2	8,2-12,3	15,9-41,3
Mau	>28,2	>12,3	>41,3

Quadro 7 - Valores de fronteira baseados na concentração média anual de clorofila *a* (µg/L) entre as várias classes de estado ecológico

Com base nos intervalos da concentração de clorofila *a* definidos no Quadro 7, determinou-se o estado ecológico de 19 lagoas dos Açores para o ano de 2005. Como se pode verificar (Quadro 8), apenas cerca de 50% das lagoas cumprem os objectivos estabelecidos pela DQA, apresentando um estado ecológico entre o excelente e o bom.

	AL_G/P	AL_P/P	AL_MP/PP
Excelente	Fogo	Rasa; Comprida	Empadadas Sul; Canário; Caiado Paul; Rosada
Bom	-	Lomba	Rasa (SD)
Razoável	Azul	-	-
Medíocre	Verde	-	Empadadas Norte Peixinho
Mau	Furnas	Congro; Funda	Capitão; São Brás

Quadro 8 - Classificação do estado ecológico de 19 lagoas dos Açores com base em dados de 2005 (Cymbron *et al.*, 2005; Gonçalves *et al.*, 2006).

7. Considerações Finais

A adopção do sistema B para a definição de tipos de lagos dos Açores é uma necessidade imposta pelas circunstâncias particulares deste jovem arquipélago vulcânico. Apesar de abundarem as massas de água interiores de superfície, a reduzida dimensão das ilhas e das suas bacias hidrográficas faz com que apenas um pequeno número de lagos possam ser classificados pelos critérios da DQA. A subdivisão em tipos de um conjunto tão diminuto de massas de água (26) coloca alguns desafios. A adopção de uma tipologia baseada em classes rígidas de factores como a altitude, a longitude, a profundidade, a composição geológica e o enquadramento geomorfológico produziria numerosos ecótipos representados por uma ou poucas lagoas. A metodologia aqui desenvolvida, baseada em análise multiparamétrica, permitiu distinguir apenas três tipos de lagoas. Embora exista alguma heterogeneidade dentro dos ecótipos (especialmente nos ecótipos AL_P/P e AL_MP/PP), os factores que são mais condicionantes para as comunidades biológicas são constantes em cada ecótipo. A existência de apenas quatro lagoas no ecótipo AL_G/P poderia justificar a sua fusão com o ecótipo AL_P/P. No entanto, factores como o índice de permanência e o enquadramento geomorfológico que condicionam marcadamente o funcionamento do ecossistema parecem justificar a sua separação. Em qualquer dos casos, a confirmação desta e de outras tipologia deverá passar pela validação biológica. A caracterização biológica permitirá ainda validar os locais de referência identificados com base na análise de pressões.

A classificação do estado ecológico agora apresentada deve ser entendida como preliminar. De acordo com o quadro normativo da DQA, ele deve ser feita com base no desvio que as comunidades biológicas apresentam em relação às condições de referência. Apesar da sua simplicidade, esta abordagem produziu resultados concordantes com as avaliações da qualidade da água das lagoas feitas anteriormente (INOVA, 1996, 1999). A robustez e o grau de confiança das classificações atribuídas será aumentada quando, conforme indica a DQA, outros elementos biológicos e outras métricas forem também avaliadas. Contudo, os primeiros trabalhos tendentes à utilização de outros elementos biológicos, nomeadamente fitobentos e macroinvertebrados bentónicos (Gonçalves *et al.* 2005, 2006; Cymbron *et al.* 2005), não mostraram respostas claras destas comunidades biológicas às pressões existentes. Estudos futuros, abrangendo maior número de lagoas, permitiram conhecer melhor estas comunidades e as suas respostas às pressões ambientais.

Agradecimentos

Os autores desejam expressar o seu agradecimento aos membros da Secção de Geografia do Departamento de Biologia da Universidade dos Açores pela organização do Workshop "Gestão dos Ecossistemas Lacustres dos Açores" (FCT – Processo nº. 09/1/490, Ref. 440.02) e a todos os participantes desse evento pela discussão e contributos que deram a este trabalho. Ao Doutor João Carlos Nunes do Departamento de Geociências da Universidade dos Açores pelo apoio na caracterização geológica e geomorfológica das lagoas. Ao António Medeiros da Secção de Geografia do Departamento de Biologia da Universidade dos Açores pela elaboração dos mapas.

8 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIRECÇÃO REGIONAL DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DOS RECURSOS HÍDRICOS & INSTITUTO DA ÁGUA 2001. *Plano Regional da Água* (Secretaria do Ambiente). Região Autónoma dos Açores. Ponta Delgada. 1-414pp.

EUROPEAN PARLIAMENT& THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities* 327: 1-72.

PORTEIRO, J. 2000. *Lagoas dos Açores - Elementos de Suporte ao Planeamento Integrado* Universidade dos Açores. Ponta Delgada. XXI + 344pp. pp.