

Qualidade da água em reservatórios de regiões com escassez hídrica: Estudos de caso na região mediterrânica de Portugal e região semiárida do Brasil

Maria Manuela Morais¹, Maria do Carmo M. Sobral², Helena Silva¹, Gustavo L. Melo², Ana Pedro¹, Jaime J. S. P. Cabral² & Paula Sarmiento³

¹ Laboratório da Água, Universidade de Évora, PITE Rua da Barba Rala n.º1, 7005-345 Évora, Portugal.

² Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

³ Administração de Região Hidrográfica do Alentejo, IP

INTRODUÇÃO

O aumento da população humana e o crescente desenvolvimento tecnológico tem conduzido a um excessivo consumo de água consequentemente associado à degradação dos ecossistemas aquáticos. Por outro lado, a distribuição desigual da água a nível mundial tem contribuído para grandes desigualdades sociais e aumento da pobreza, gerando conflitos a nível global. Os conflitos relacionados com a água remontam à antiguidade, sendo possível identificar a existência de competição por este recurso em todos os períodos da história da humanidade (GLEICK, 1998; ROSADO & MORAIS, 2010).

Esta problemática assume particular relevância nas regiões áridas e semiáridas, onde a escassez hídrica representa uma ameaça para a humanidade e para a biosfera como um todo. Nas regiões de clima mediterrânico a escassez de água é também uma realidade, contribuindo para tal, o clima com uma estação seca bem definida de temperaturas elevadas e uma grande variabilidade inter-anual da precipitação. Na região semiárida do Nordeste brasileiro, condicionantes físicas e climatológicas, representadas tanto pelos aspectos geomorfológicos e de formação dos solos, como pela escassez e a má distribuição da pluviosidade, que acarretam a intermitência da maioria dos rios da região, influenciam a qualidade e disponibilidade da água na região.

Em alguns países da região mediterrânica o uso da água está a aproximar-se da capacidade máxima deste recurso, prevendo alguns autores que por volta de 2025 a disponibilidade de água per capita se reduza para menos de 50% do nível atual (Ragab & Hamdy, 2004). Mesmo

no Brasil, que possui a maior disponibilidade hídrica do planeta, cerca de 13,8% do deflúvio médio mundial ($5.744\text{km}^3/\text{ano}$), essa situação é preocupante. Aproximadamente 68,5% dos recursos hídricos brasileiros estão localizados na região Norte, na qual habitam apenas 7% da população brasileira, 6% estão na região Sudeste, com quase 43% da população e pouco mais de 3% na região Nordeste na qual habitam 29% da população e possuem áreas com extrema carência de água (BASSOI & GUAZELLI., 2004).

Como resposta à crescente necessidade de água e apesar dos impactos a nível paisagístico, hidrológico, ecológico e social, a construção de barragens para criação de reservatórios estratégicos de água continua a ser a opção mais recorrente como forma de obter água onde esta é necessária (UN, 2006). O gerenciamento dos reservatórios é uma tarefa complexa, que demanda equipes interdisciplinares com competência para minimizar impactos, promover a otimização de usos múltiplos e gerenciar efetivamente o ecossistema artificial e sua evolução como bacia hidrográfica (TUNDISI, 2008).

Convêm contudo ter presente que freqüentemente a utilização da água dos reservatórios para múltiplos usos, a inexistência de práticas agrícolas adequadas, a prática crescente da piscicultura, o deficiente tratamento dos efluentes domésticos e industriais, têm conduzido a um aumento da poluição e degradação destes ecossistemas. Surge assim a necessidade de avaliar o estado dos ecossistemas aquáticos interiores (rios e reservatórios), através de programas de monitoramento adaptados às diferentes realidades. Inicialmente, estes programas foram desenvolvidos tendo em consideração os diferentes usos da água, para os quais são definidos e legislados a nível de cada país, valores máximos admissíveis e recomendados.

Contudo, a conscientização a nível global da progressiva contaminação dos ecossistemas aquáticos está conduzindo, principalmente na Europa, a um novo paradigma onde a água é considerada suporte das comunidades biológicas. Os ecossistemas aquáticos passam a ser avaliados numa perspectiva funcional, constituindo o objeto central do monitoramento. Abandona-se uma perspectiva antropocêntrica (água considerada unicamente como recurso para as atividades humanas) em benefício de uma visão ecocêntrica, direcionada para a qualidade e preservação dos ecossistemas aquáticos.

ASPECTOS LEGAIS RELACIONADOS À AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Na perspectiva da legislação para qualidade da água, a Europa já incorporou o aspecto biológico à sua legislação. Foi recentemente implementada a Diretiva Quadro da Água DQA - Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho), segundo a qual os estados membros assumem o compromisso de alterar as estratégias tradicionais de utilização da água, fato que requer o desenvolvimento de uma nova concepção social e institucional sobre o valor da água. No âmbito da DQA, os estados membros deverão desenvolver Planos de Bacia Hidrográfica, onde se obriga à classificação do estado das massas de água (ecológico e químico) com vista à recuperação de todas as que se classificam abaixo de Bom. Neste contexto, as comunidades biológicas adquirem uma importância acrescida, uma vez que refletem as contaminações físicas e químicas (pontual ou difusa) e as alterações morfológicas estruturais (caudais¹, vegetação ripícola², geomorfologia).

Nesta nova abordagem, os reservatórios são definidos como massas de água fortemente modificadas, por se considerar que sofreram alterações físicas significativas com consequente alteração das características ambientais iniciais. Para a respectiva classificação, a DQA criou o conceito de Potencial Ecológico. Este representa o desvio de qualidade relativamente ao máximo que pode atingir, ou seja o Potencial Ecológico Máximo (EU, 2000).

A classificação do Potencial Ecológico em Portugal é determinada para um universo de 4 classes (Bom ou superior; Razoável; Medíocre; Mau) para os elementos de qualidade biológica; de 2 classes para os elementos químicos e físico-químicos gerais (Bom; Razoável); de 2 classes para os elementos hidromorfológicos (Potencial Ecológico Máximo; Bom ou inferior). A esta classificação acrescenta-se a classificação do estado químico (substâncias químicas que em condições naturais não estariam presentes ou estariam presentes em quantidades reduzidas nos ecossistemas), sendo que a avaliação final do estado das massas de água resulta da pior classificação obtida para as duas avaliações (potencial ecológico e estado químico).

Nas últimas três décadas, Portugal passou de um país sem lagos, a outro com mais de 100 reservatórios. Os únicos lagos naturais existentes em Portugal, de reduzidas dimensões, são de

¹ Em Portugal adota-se o nome caudal, enquanto no Brasil o nome vazão.

² O que em Portugal é chamado vegetação ripícola no Brasil é denominado vegetação ripária.

natureza glacial e localizam-se na Serra da Estrela (região centro de Portugal continental). Aos reservatórios aplica-se frequentemente a designação de lagos artificiais. Não são, contudo, verdadeiros lagos, representando massas de água represadas que recebem afluentes, destinando-se o seu caudal de saída a diversos usos, entre os quais o abastecimento de água para consumo humano. Tal como os lagos naturais, os reservatórios estão ameaçados pela contaminação e fertilização contínuas. Estando estes, na sua maior parte, associadas à ação do homem, pode-se dizer que os reservatórios criados como uma consequência da civilização estão desde o seu início fatalmente condenados à eutrofização, em algumas situações de uma forma muito acelerada.

O monitoramento da qualidade da água no Brasil é um subcomponente do Programa Nacional de Meio Ambiente II (PNMA II) e tem como principal objetivo desenvolver e aprimorar o monitoramento, para subsidiar a formulação de políticas de proteção ambiental e a tomada de decisão a respeito das ações de gestão ambiental (BRASIL, 2000).

As principais normas relacionadas à qualidade da água em rios e reservatórios no Brasil são a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 e a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. A primeira dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e a segunda estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A Resolução CONAMA nº 357/05 dividiu as águas do território brasileiro em águas doces (salinidade $\leq 0,05\%$), salobras ($0,05\% < \text{salinidade} < 3,0\%$) e salinas (salinidade $\geq 3,0\%$), estabelecendo para o território brasileiro as classes de usos preponderantes, quais sejam: i) águas doces (classe especial, 1, 2, 3, 4), águas salinas (classe especial, 1, 2, 3); e iii) salobras (classe especial, 1, 2, 3), além das condições e padrões de lançamento de efluentes. A classe especial pressupõe os usos mais nobres, e a classe 4, os menos nobres. São descritos limites e padrões para diversos parâmetros físico-químicos além da análise de coliformes e densidade de cianobactérias. A Portaria 518/2004 também estabelece limites para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, só que direcionados à água para o abastecimento público.

ESTUDOS DE CASO

São apresentados dois estudos de caso, realizados pelo Departamento de Biologia da Universidade de Évora – Portugal e pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco – Brasil. Os dois cenários são representativos de duas regiões com problemas relacionados à escassez hídrica, a região de clima mediterrânico no sul de Portugal e a região do semiárido do Nordeste brasileiro.

Para o estudo foram analisados 28 reservatórios do sul Portugal (bacias hidrográficas do Guadiana, Sado, Mira e Ribeiras do Algarve). Na bacia hidrográfica do Guadiana, especificamente no curso principal do rio Guadiana, localiza-se o Sistema de Fins Múltiplos de Alqueva do qual fazem parte os reservatórios de Alqueva e Pedrogão. O reservatório de Alqueva tem uma capacidade de armazenamento de 4,5 bilhões de m³, estendendo-se por uma área de 250 km² de superfície e 83 km de comprimento; o reservatório de Pedrogão situa-se imediatamente a jusante de Alqueva e tem uma capacidade de armazenamento de 97 milhões de m³. Ambos constituem uma reserva estratégica de água para a região.

Quanto ao objeto de estudo no Brasil, selecionou-se o reservatório de Itaparica, também conhecido como Luiz Gonzaga, localizado entre os Estados de Pernambuco e Bahia, que foi construído em 1987 com a finalidade prioritária de geração de energia. Contudo, apresenta usos múltiplos como abastecimento público e industrial, irrigação, piscicultura, pecuária, navegação, turismo e lazer. O reservatório situa-se ao longo do rio São Francisco na região fisiográfica chamada Submédio São Francisco, caracterizada pelo clima semiárido com elevada evaporação.

Região sul de Portugal

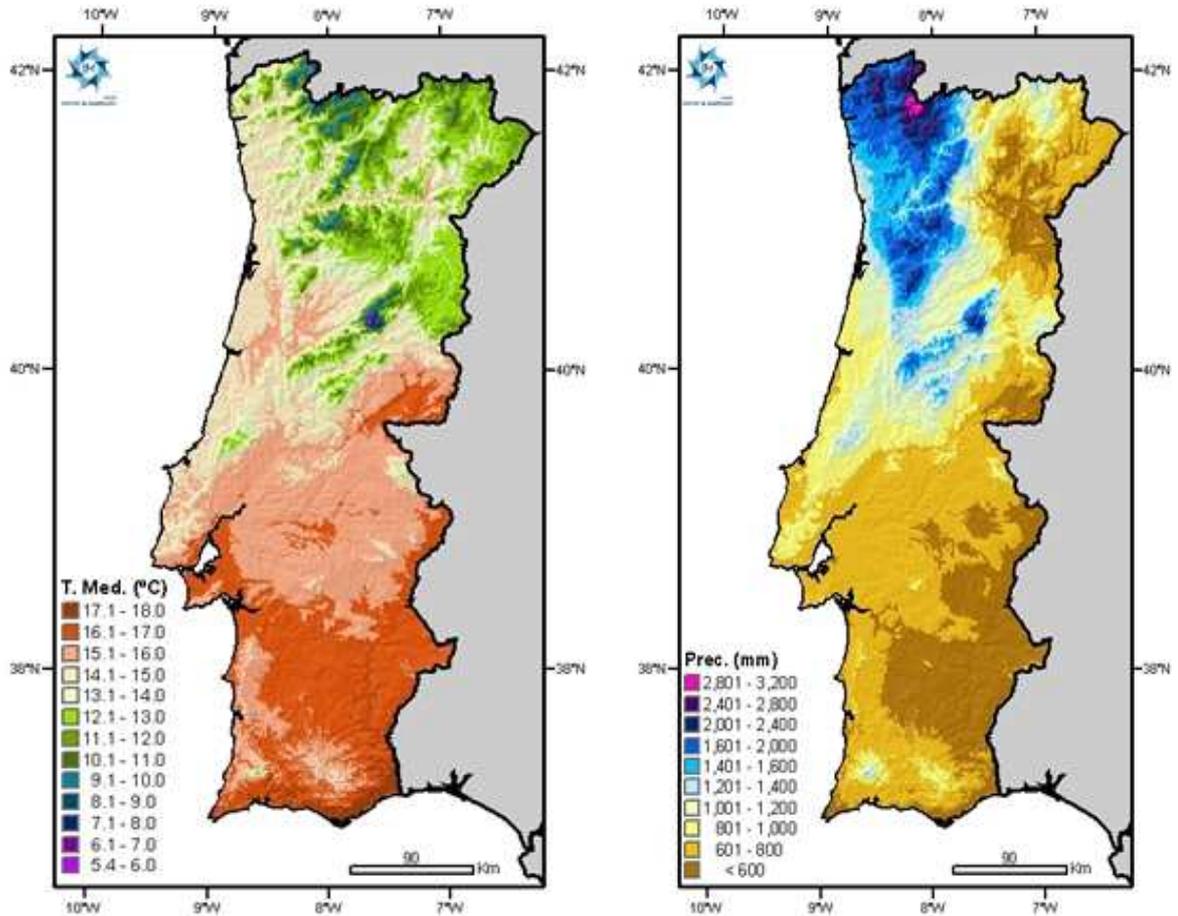
Portugal situa-se a ocidente da Península Ibérica, entre os meridianos 6° W e 10° W e os paralelos 37° N e 42° N. É limitado a Norte e a Este por Espanha e a Ocidente e a Sul pelo Oceano Atlântico. Ocupa uma área de 89 300 km², apresentando forma aproximadamente retangular com valores máximos do comprimento e da largura de cerca de 560 e 220 km, respectivamente (Figura 1).



Figura 1. Localização geográfica de Portugal Continental na Península Ibérica.

O clima de Portugal conjuga características atlânticas e mediterrânicas. A influência atlântica faz-se sentir sobretudo a Norte e é responsável por precipitações mais elevadas e pela atenuação dos efeitos dos ventos secos e frios provenientes do interior da Península Ibérica. A influência mediterrânica atinge a região sul que se estende até à margem esquerda do rio Tejo e se caracteriza por apresentar elevadas temperaturas do ar e reduzida precipitação distribuída irregularmente ao longo do ano (Figura 2). A precipitação concentra-se no período de outubro a abril; os meses de junho, julho, agosto e setembro são secos (precipitação inferior a 30mm); maio é de transição. A agravar esta situação, na região sul, assiste-se a uma grande variabilidade inter-anual, o que significa que um mês considerado extremamente chuvoso, pode noutra ano apresentar precipitações reduzidas. A única regularidade observada é a seca estival.

Consequentemente, nas regiões de características mediterrânicas os ecossistemas apresentam maior vulnerabilidade. A ausência de precipitação durante os meses mais quentes do ano conduz à interrupção do caudal superficial, ficando o ecossistema aquático reduzido a pegos com características lânticas. Assiste-se a uma diminuição natural dos padrões de qualidade da água devido à ausência de água corrente, encontrando-se os rios no máximo da sua vulnerabilidade. Em épocas opostas no ano, a ocorrência de enxurradas, com origem em fortes precipitações, tem como consequência a exportação dos materiais acumulados que se depositam em reservatórios situados a jusante.



Fonte: Instituto Português de Meteorologia

Figura 2. Temperatura média anual e Precipitação acumulada anual em Portugal Continental

O ciclo de seca e enxurrada constitui um factor determinante na estrutura e funcionamento dos rios no Sul de Portugal, apresentando as comunidades biológicas adaptações específicas a estes fenômenos perturbadores; concretamente os insetos adaptam o seu ciclo de vida de forma a emergir para o sistema terrestre durante o período seco de Verão (RESH et al., 1990; PUIG et al., 1991; MORAIS, 1995).

Devido à grande variabilidade espacial e temporal da precipitação, recorre-se a grandes obras de armazenamento, transporte e distribuição de água que tornam possível um aproveitamento eficiente de água e a exploração sustentada dos aquíferos disponíveis.

A Região sul, que integra as bacias hidrográficas do Guadiana, Sado, Mira e Ribeiras do Algarve possui infra-estruturas hidráulicas para reserva de água que têm por objetivo

O reservatório de Itaparica (Figura 4) situa-se ao longo do rio São Francisco na região fisiográfica chamada Submédio São Francisco. Possui uma capacidade de armazenamento da ordem de 11 bilhões m^3 de água, com profundidade máxima de 101m e média de 21 m. Na cota mínima operacional (299,0 m), ocupa área de 611 km^2 e na cota máxima mensal (304,0 m), a sua área é de 834,0 km^2 . Sua bacia hidrográfica é composta pelo rio São Francisco e por rios intermitentes, com vazão sazonal no período chuvoso. Os principais tributários do reservatório pela margem esquerda, Estado de Pernambuco são os riachos do Retiro, Moselo, Malagueta, da Guaraíba e rio Pajeú.



Fonte: Google Earth ©, 2010

Figura 4. Reservatório de Itaparica

O reservatório integra o complexo hidrelétrico de Paulo Afonso, juntamente com as Usinas Hidrelétricas de Moxotó, Paulo Afonso (PA-I, II, III e PA-IV) e Xingó e está inserido nas cidades pernambucanas de Petrolândia, Belém de São Francisco, Itacuruba e Floresta, e nas cidades baianas de Rodelas e Glória.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área é semi-árido de estepes BShw' (clima semi-árido quente e seco com chuvas de verão-outono) e se caracteriza pela alta evaporação, chuvas médias anuais entre 410 e 610 mm, com duas estações sazonais definidas. O período seco ocorre no outono/inverno e a altura de chuva do mês úmido alcança dez vezes a altura de chuvas do mês mais seco. Dados da Codevasf indicam que o período chuvoso, na área, estende-se de janeiro a maio, resultando numa estação seca com duração de sete meses

(CODEVASF, 1998). As temperaturas médias anuais entre 24 e 26°C, com a evaporação na ordem de 3.000 mm anuais.

Segundo Silva et. al. (2007) a vegetação natural da área é a caatinga hiperxerófila arbórea densa, no topo das chapadas e arbórea aberta, nos níveis inferiores da encosta e da base desses relevos, sendo observadas áreas de pastagens plantadas e também áreas com culturas temporárias, semi-temporárias e permanentes, restritas aos projetos de irrigação. Os solos são heterogêneos, com teores variáveis de argila, indicando suscetibilidade variável à erosão e o relevo caracteriza-se por ser suave ondulado.

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Em Portugal, os monitoramentos efetuados pelas entidades responsáveis pela gestão dos reservatórios têm periodicidade mensal e incluem parâmetros físico-químicos de caracterização geral e o parâmetro clorofila *a*, indicador de biomassa fitoplanctônica. Para este indicador os valores foram normalizados para a situação de Máximo Potencial Ecológico num quociente denominado de Rácio de Qualidade Ecológica (RQE); ou seja, os valores obtidos são divididos pelo valor de clorofila *a* observado naquelas condições (INAG, 2009).

Localmente foram medidos os parâmetros de avaliação imediata com sonda apropriada (oxigênio dissolvido; taxa de saturação em oxigênio; condutividade eléctrica a 20°C-média; pH) e colhidas amostras de água para análise laboratorial dos restantes elementos químicos e físico-químicos gerais definidos no Anexo V da DQA (ex. DBO; DQO; alcalinidade, dureza; sólidos suspensos totais; nitratos; nitritos; nitrogênio amoniacal; nitrogênio total; ortofosfatos; fósforo total; poluentes específicos). As análises de elementos físico-químicos gerais e de poluentes específicos foram realizadas utilizando os métodos analíticos de referência indicados no Anexo III do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto, respeitando os limites de detecção, precisão e exactidão constantes do mesmo anexo.

Para a avaliação do Potencial Ecológico foi necessário estabelecer sistemas de classificação a nível nacional. Nesse sentido, para os reservatórios do Sul de Portugal foram propostos valores de fronteira entre as classes de qualidade Bom/Razoável para o indicador clorofila *a* (9,5 mg/m³ equivalente a 0,17 em valor de RQE) e para os elementos químicos e físico-químicos gerais. Todavia, a inexistência de dados históricos a nível nacional que permitam

estabelecer relações entre a informação dos elementos biológicos e os elementos físico-químicos, apenas possibilitou, nesta fase, distinguir valores de fronteira entre as classes Bom e Razoável para os seguintes parâmetros: clorofila *a*, oxigênio dissolvido; taxa de saturação em oxigênio; pH; nitratos e fósforo total (INAG, 2009). Na Tabela 1 apresentam-se os limites máximos que foram utilizados para o estabelecimento do Bom Potencial Ecológico nos reservatórios do sul de Portugal

Tabela 1. Limites máximos para o estabelecimento do Bom Potencial Ecológico em reservatórios do Sul de Portugal

	Limite para o Bom Potencial
Oxigênio Dissolvido (1)	$\geq 5\text{mg O}_2/\text{L}$
Taxa de Saturação em Oxigênio	entre 60% e 140%
pH (1)	Entre 6 e 9 *
Nitratos (2)	$\leq 25\text{mg NO}_3/\text{L}$
Fósforo Total (2)	$\leq 0,07\text{mg P/L}$
Clorofila a	$9,5 \text{ mg/m}^3$

(1) – 80% das amostras se a frequência for mensal ou superior

(2) - Média anual

*- os limites indicados poderão ser ultrapassados caso ocorram naturalmente

Fonte: INAG, 2009

No âmbito dos trabalhos de implementação da DQA, foram identificados os poluentes específicos descarregados em quantidades significativas em Portugal Continental. Para o estabelecimento do Bom Potencial Ecológico em reservatórios as médias anuais não deverão ultrapassar os valores normativos definidos a nível nacional. O Estado Químico é avaliado de acordo com a presença de substâncias químicas no sistema aquático que, em condições naturais não estariam presentes ou estariam apenas em concentrações reduzidas. Tais substâncias, pelas suas características de persistência, toxicidade e bioacumulação, poderão causar danos significativos para a saúde humana, flora e fauna (INAG, 2009). Os elementos de qualidade relevantes são: substâncias prioritárias (Decreto-Lei nº 103/2010), para as quais foram estabelecidas ao nível da Comunidade Europeia normas de qualidade ambiental (NQA); outras substâncias perigosas para as quais foram estabelecidas a nível nacional ou comunitário normas de qualidade ambiental (NQA). A classificação do Estado Químico das

massas de água superficiais é determinada pelo cumprimento das normas de qualidade ambiental (NQA) definidas no respectivo Decreto.

Para o estudo do reservatório de Itaparica foram realizadas pesquisas bibliográfica, documental e cartográfica. A coleta de dados primários realizou-se por meio de observações sistemáticas (diretas e indiretas) e de entrevistas com reassentados, funcionários (e terceirizados) da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – CHESF envolvidos com os projetos de reassentamento, líderes comunitários, técnicos agrícolas e agrônomos, acompanhadas de registro fotográfico. Foram realizadas 5 visitas exploratórias de campo com objetivo observar o uso e ocupação do solo e as atividades realizadas no entorno do reservatório, verificando a presença de possíveis fontes poluidoras. Esta fase teve como objetivo verificar os dados anteriormente obtidos e atualizá-los, anotando-se todos os registros que se fizeram importantes.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados fazem parte do Programa de Monitoramento Limnológico e Avaliação da Qualidade da Água do Reservatório de Itaparica 2004 e 2005, instituído pela Chesf e realizado pela Consultoria Planejamento em Transporte e Consultoria (PETCON), com o objetivo de instrumentalizar o processo para a obtenção da Licença de Operação (LO), junto ao órgão licenciador Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente são apresentados resumidamente os resultados e discussão para os reservatórios da região sul de Portugal, de clima mediterrânico.

Na Figura 5, apresenta-se o resultado para o Potencial Ecológico obtido em 26 reservatórios monitorizados em 2009, com exceção do o sistema Alqueva-Pedrogão que devido à sua grande dimensão é analisado separadamente. Destes, 73% apresentam Bom potencial ecológico, (19 reservatórios), correspondendo os restantes 27% a 7 reservatórios classificados abaixo de Bom Potencial.

Os principais elementos que indicam que o Bom Potencial Ecológico não é atingido, são a clorofila *a* e os elementos físico-químicos gerais (Figura 5). Dentro destes, a taxa de saturação

em oxigênio, o oxigênio dissolvido e o fósforo total são responsáveis por 23% de classificações indesejáveis (Figura 6). A maioria dos reservatórios mal classificados para os elementos físico-químicos e para a clorofila *a*, inserem-se em zonas com elevada pressão agrícola. Relativamente aos poluentes específicos os resultados são favoráveis para a totalidade dos reservatórios.

Em termos globais, é visível uma grande variação inter-anual com um padrão que reflete o ano hidrológico, relacionado com a precipitação total por ano. Tal fato é sobretudo visível nos valores do parâmetro fósforo total com subidas e descidas de valores de ano para ano. Por este motivo, considera-se que se encontram em condições ecológicas de fronteira, necessitando consequentemente de um monitoramento contínuo e medidas específicas para a manutenção do Bom Potencial Ecológico.

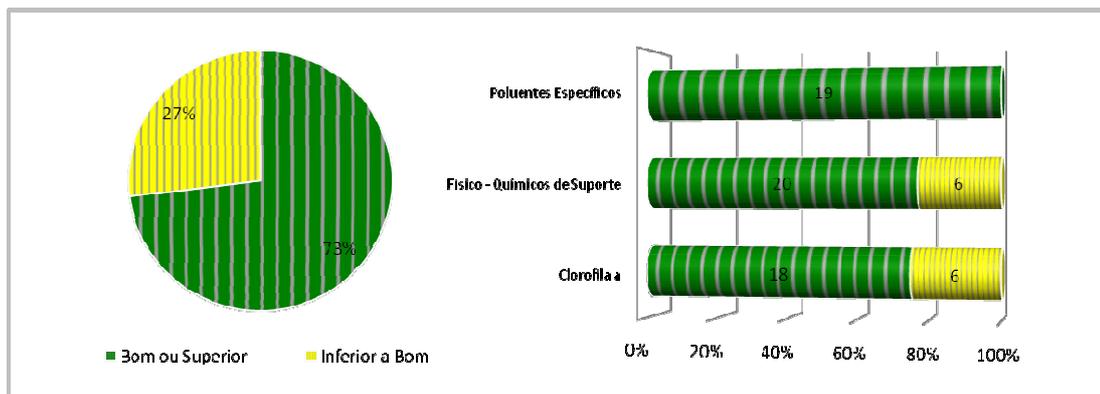


Figura 5. Resultados percentuais para as duas classes de qualidade do Potencial Ecológico em 26 reservatórios monitorizados na região sul e respectiva classificação por elemento de qualidade.

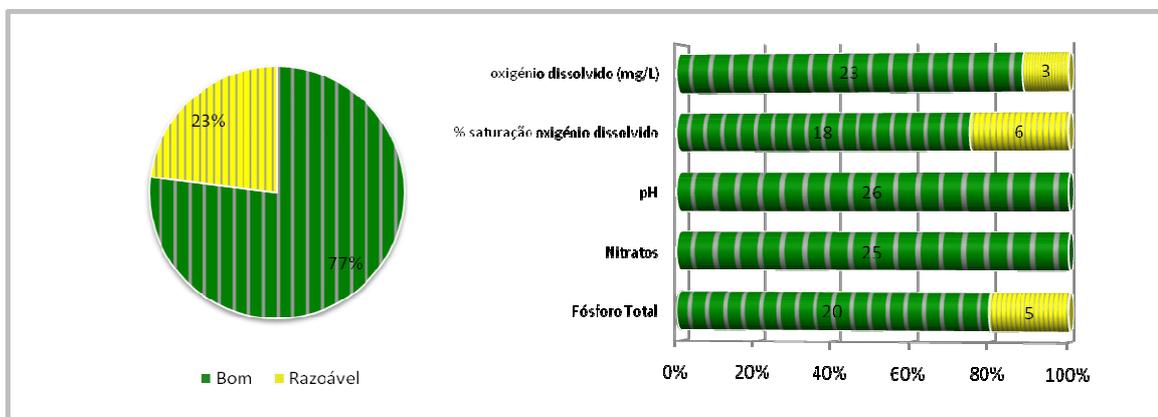


Figura 6. Resultados percentuais para as duas classes de qualidade dos elementos físico-químicos em 26 reservatórios monitorizados (ex. Bom ou Razoável) e respectiva classificação por elemento de qualidade.

De acordo com a DQA uma massa de água deve apresentar características homogêneas, devendo portanto apresentar o mesmo Estado. Nesse sentido, para o reservatório de Alqueva, situado no Curso Principal do rio internacional Guadiana, analisaram-se os dados históricos disponíveis para os últimos 6 anos (ex. de 2004 até 2009) em 5 locais com o objetivo de identificar zonas com características diferentes e definir massas de água com objectivos ambientais diferenciados. A esta análise acrescentou-se os resultados obtidos para o reservatório de Pedrogão, por ambos integrarem o sistema Alqueva-Pedrogão.

Na Figura 7 apresenta-se o resultado do Potencial Ecológico para os 6 locais (indicadores de 6 massas de água). Destes, 4 apresentam Bom Potencial Ecológico (ex. 67%) e 2 ex. 33%) apresentam Potencial Ecológico inferior a Bom, respectivamente os locais situados mais próximo da entrada do rio Guadiana em Portugal (Alqueva - montante rib. Mures e Alqueva - entrada rio Lucefécit). Os principais elementos que indicam que o Bom potencial ecológico não é atingido nestes dois locais, representativos de duas massas de água distintas, são a clorofila *a* e os elementos físico-químicos gerais.

Dentro destes, o fósforo total e a taxa de saturação em Oxigênio dissolvido são responsáveis pelo não alcance do Bom Potencial Ecológico na zona mais a montante do reservatório de Alqueva (Figura 8). Os poluentes específicos e a avaliação do estado químico foram favoráveis nos 2 locais onde foram monitorizados. Os resultados obtidos evidenciam a existência de pressões diferenciadas por zonas afectas ao reservatório de Alqueva. As origens dessas pressões relacionam-se sobretudo com a entrada de matéria orgânica e nutrientes provenientes das afluições de água de montante e com as pressões existentes nas respectivas bacias de drenagem.

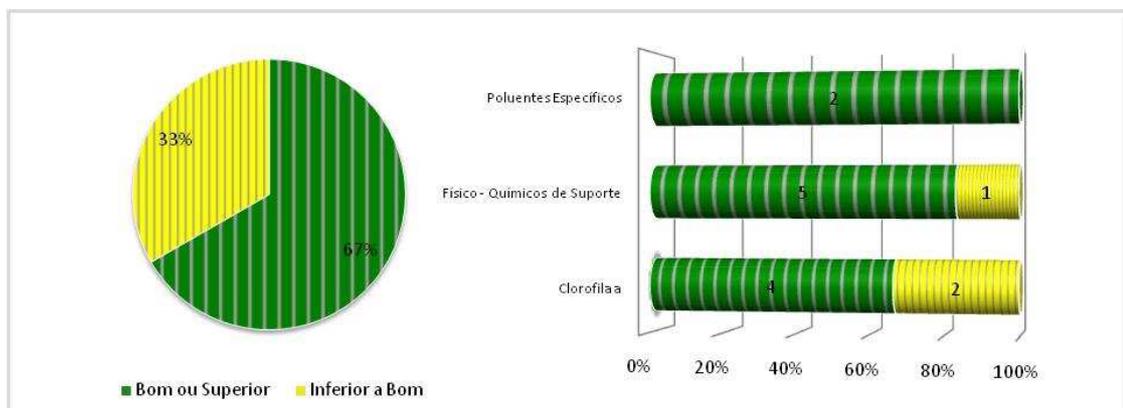


Figura 7. Resultados percentuais para as duas classes de qualidade do Potencial Ecológico nas 6 massas de água do Sistema Alqueva - Pedrogão e respectiva classificação por elemento de qualidade.

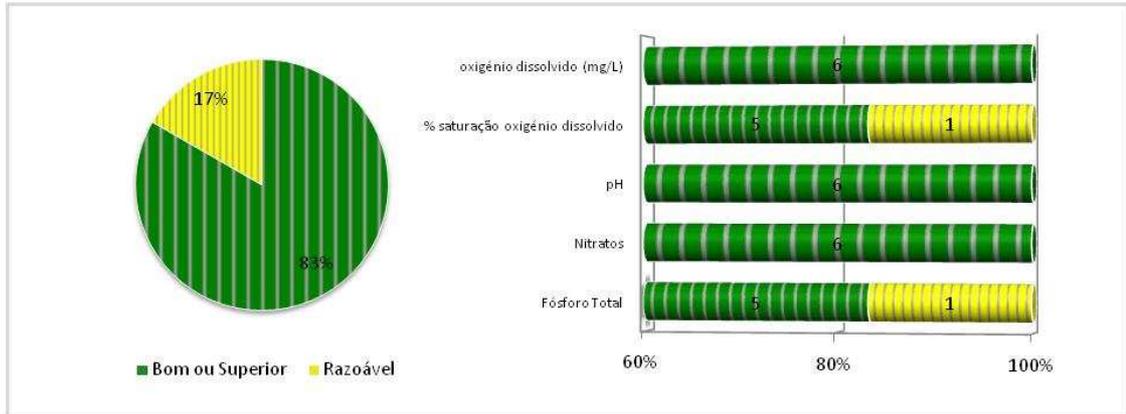


Figura 8. Resultados percentuais para as duas classes de qualidade dos elementos físico-químicos nas 6 massas de água do Sistema Alqueva-Pedrogão e respectiva classificação por elemento de qualidade.

Para os parâmetros penalizadores que se considera refletirem a existência de pressões nas massas de água, ex. fósforo total e clorofila *a*, e que indicam que o Bom Potencial Ecológico não é atingido em Alqueva - montante rib. Mures e Alqueva - entrada rio Luceférit, analisou-se a respectiva evolução temporal nos últimos 6 anos (Figuras 9 e 10). Para a clorofila *a* (Figura 12) a variação inter-anual é menor, sendo uma constante os valores elevados nos dois locais mais a montante. Tal como para os restantes reservatórios da região sul de Portugal, é visível uma grande variação inter-anual com um padrão que reflete o ano hidrológico.

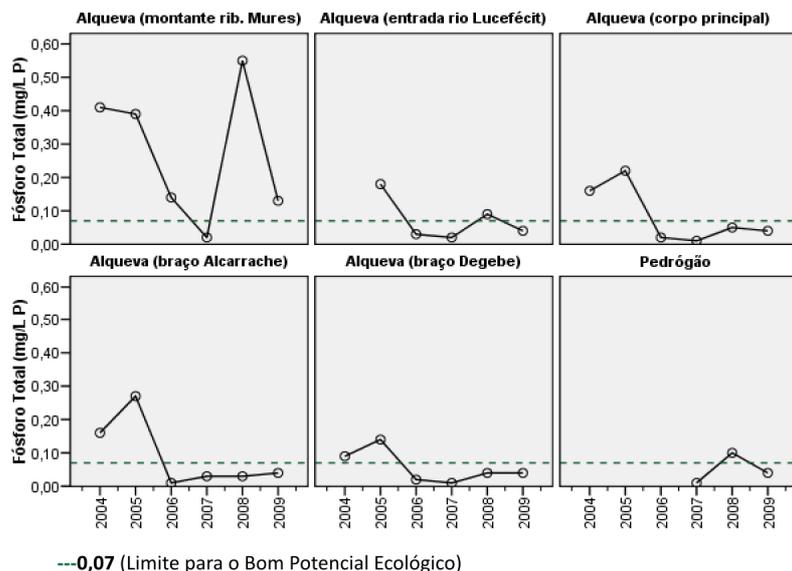


Figura 9. Evolução temporal (2004-2009) para o fósforo total (média anual mg P/L) em 6 locais água pertencentes ao sistema Alqueva-Pedrogão.

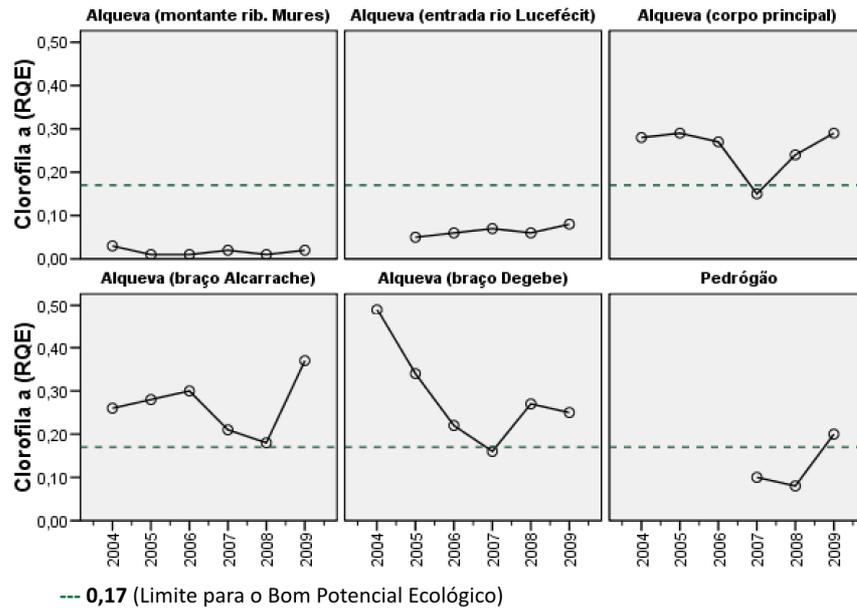


Figura 10. Evolução temporal (2004-2009) do parâmetro clorofila a (média anual, valores de RQE) das 6 massas de água do Sistema Alqueva-Pedrógão.

A seguir são apresentados os resultados e discussão para o reservatório de Itaparica, localizado no semiárido do nordeste brasileiro.

O reservatório foi cheio em 1988, sendo formado principalmente pelo Rio São Francisco, cujas águas começam a ser represadas na altura da cidade de Belém do São Francisco (PE). Na época, a economia regional da área inundada era baseada principalmente na agricultura de subsistência, praticada por pequenos proprietários, posseiros, meeiros e trabalhadores sem terra.

A vocação da região é nitidamente rural com predominância do uso de água para a agricultura irrigada e a pecuária extensiva, em pequena escala, predominando caprinocultura e bovinocultura de leite e corte. A agricultura irrigada é praticada principalmente nos projetos de irrigação implantados na borda do reservatório, ocorrendo também o uso crescente das áreas rasas para implantação de projetos de aquíicultura (SOBRAL; CARVALHO, 2006).

Desde que o reservatório de Itaparica entrou em operação, em 1988, com a inundação de 805 km², tem-se verificado uma série de problemas ambientais, decorrentes do uso descontrolado

das margens do lago por atividades agrícolas e ocupações urbanas. A criação e expansão dos núcleos urbanos próximos das margens do lago têm contribuído para o lançamento, neste, de esgotos domésticos não tratados (SOBRAL et. al., 2006). Em várias partes do reservatório não está sendo respeitada a faixa de 100m de área de preservação permanente prevista na Resolução nº 04/85 do CONAMA, sendo observados desmatamentos para agricultura e construções irregulares no entorno do reservatório, como observado nas Figuras 11 e 12.



Gustavo Melo, jul/2008

Figura 11. Construção irregular na margem do reservatório



Gustavo Melo, jul/2008

Figura 12. Cultivo de côco-da-baía na área de preservação permanente

A agricultura irrigada caracterizada pelo uso intensivo de agroquímicos (inseticidas, fungicidas, herbicidas e adubos inorgânicos) mesmo quando utilizados na forma convencionalmente considerada como adequada, invariavelmente causam algum tipo de contaminação do solo e das águas. Um problema central vinculado à área de influência do reservatório de Itaparica é a contaminação por agroquímicos e pelo lançamento de efluentes não tratados em suas águas, uma vez que a adubação química é utilizada em larga escala.

A contaminação ocorre, também, pelos sistemas que empregam fertirrigação, como no caso do projeto de Icó-Mandantes, ainda que utilizada de maneira localizada. Gomes (1993) em pesquisa para a Prefeitura de Petrolina revela que 92,6% dos trabalhadores da região manipulam agrotóxicos, como Aldrin e Folidol, sem equipamento de proteção (Figuras 13 e 14).



Gustavo Melo, jul/2010

Figura 13. Aplicação de agrotóxicos
no Perímetro Apolônio Sales



Gustavo Melo, jul/2010

Figura 14. Fertilizante químico utilizado
no Perímetro Icó-Mandantes

A irrigação na grande maioria dos casos é pelo método de aspersão e, em pequena escala por micro-aspersão e gotejamento, distribuída ao longo do dia, sem horários pré-definidos (CARVALHO, 2009). A utilização de lâminas d'água mostra-se incompatível com o solo (Figura 15). Cruz (2005) em pesquisa no Projeto Icó-Mandantes, um dos perímetros irrigados localizado na margem do reservatório de Itaparica, constatou uma defasagem na produtividade em razão da alocação de água que está, em média, acima do que é recomendado.



Renata Carvalho, 2009

Figura 15. Sistemas de irrigação por aspersão, gotejamento e microaspersão.

O uso do corpo de água para implantação da aquíicultura (Figura 16) em tanques próximos das margens, com a utilização de ração na alimentação das espécies cultivadas, é uma prática que vem sendo avaliada criticamente, por conta do alto grau de introdução de nutrientes no lago (Gunkel, 2007). No projeto de piscicultura, com a criação de tilápias, observou-se uma grande quantidade de macrófitas da espécie *Egeria densa* (Figura 17). De acordo com os criadores, a

quantidade de espécimes tem aumentado a cada ano, provavelmente em função da utilização da ração para os peixes.



Gustavo Melo, jul/2010

Figura 16. Tanques para criação de peixes



Gustavo Melo, jul/2010

Figura 17. Macrófita *Egeria densa*

Braga et al. (1999) registraram a presença de *Egeria densa* em reservatórios de Paulo Afonso e Itaparica, mostrando que esta espécie causa transtornos operacionais porque em determinados locais a planta forma uma verdadeira massa vegetal e seus ramos podem ser levados até a área das comportas, determinando medidas emergenciais, como limpeza das grades de retenção, ocasionando, algumas vezes, uma parada na geração de energia.

A ocorrência de plantas aquáticas em reservatórios de hidrelétricas é um problema de importância crescente no Brasil. Algumas usinas já apresentam sua eficiência comprometida pela elevada infestação de plantas emersas e imersas, como a hidrelétrica de Jupuíá que, em alguns meses do ano, tem seu funcionamento prejudicado devido à obstrução das grades de proteção das turbinas por grande massa de plantas submersas (*Egeria* e *Ceratophyllum*) (VELINI, 2005).

Em relação aos parâmetros físico-químicos o reservatório apresentou concentrações de oxigênio dissolvido variando de 4,6 a 11,7mg/L na superfície e de 3,1mg/L a 9,5mg/L no fundo, sendo a maior parte das concentrações acima de 5mg/L (limite mínimo do padrão para Classe 2 da CONAMA 357). O pH variou de 6,4 a 9,4 e os parâmetros condutividade elétrica e turbidez apresentaram o mesmo comportamento, no períodos de seca, foram encontradas as menores concentrações e no período chuvoso as concentrações mais elevadas, demonstrando a variabilidade sazonal. Este fato também foi observado por Braga et al. (1999), quando foi

constatado que os principais parâmetros do reservatório de Itaparica apresentaram variações relacionadas aos dois períodos anuais (seco e chuvoso).

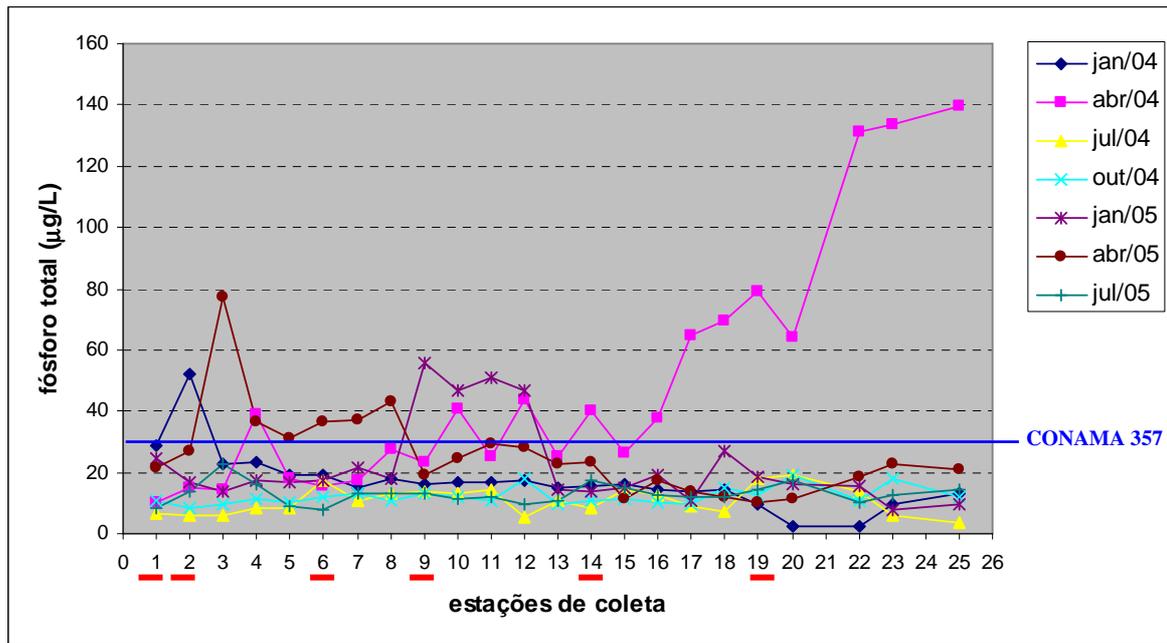
Em relação às formas nitrogenadas, as concentrações de nitrito e amônia encontravam-se de acordo com a Portaria nº 518/ 2004 do Ministério da Saúde (valor máximo permitido 1000 e 1500 µg/L, respectivamente). O nitrogênio total variou de 124,49 a 979,7 µg/L na superfície e de 26 a 823,2 µg/L no fundo.

Quanto às concentrações de fósforo, foram encontradas no reservatório valores elevados de ortofosfato (50,7 µg/L) acima do que é permitido pela Resolução CONAMA nº 357/ 2005 para o fósforo total (30 µg/L), que é a soma de todas as formas de fósforo. As concentrações de fósforo total apresentaram valores acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/ 2005 para águas doces da Classe 2, chegando a 140 µg/L na superfície (Figura 18).

Considerando que os rios transportam matéria orgânica e nutrientes, estes são fontes potenciais de eutrofização. Henry et al. (1999) observaram este efeito ao estudarem o transporte de sólidos suspensos, nitrogênio e fósforo pelos rios Paranapanema e Taquari para a represa Jurumirim, em São Paulo.

Foram analisadas as estações de captação de água e em todas foi encontrada pelo menos uma das sete campanhas com limites de coliformes termotolerante acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (1000 coliformes termotolerantes/ 100 mL).

Os valores de concentração de clorofila-*a* foram bastante variáveis, sendo registradas concentrações elevadas (> 30 µg/L – Limite da Resolução CONAMA nº 357/ 2005 para a Classe 2) em várias ocasiões. Estas variações indicam o processo de eutrofização do reservatório.



— Limite máximo da resolução CONAMA 357 para fósforo total
 — Pontos de captação

Figura 18. Variação da concentração de fósforo total na superfície do reservatório de Itaparica nos anos de 2004 e 2005

As densidades fitoplanctônicas foram bastante variáveis entre as estações de monitoramento e entre as campanhas. Os valores em geral foram baixos, porém foram observados valores elevados, que propiciaram o aparecimento de florações. Em relação as cianobactérias, foram encontradas densidades acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para classe 2 (50.000 células/ mL) e pela Portaria 518/ 2004 do Ministério da Saúde. Algumas espécies de potencialmente produtoras de toxinas como a *Anabaena cf spiroides*, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Microcystis aeruginosa*, foram descritas em diversos pontos do reservatório.

As cianobactérias têm seu desenvolvimento favorecido em ambientes com altas temperaturas e elevadas concentrações de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio. Estas condições são encontradas no reservatório de Itaparica. Huszar et al. (2000) ao estudarem os açudes de Poço da Cruz, Pão de Açúcar e Ingazeira (todos localizados no Estado de Pernambuco), encontraram uma alta concentração de fosfato total associada à abundância relativa de cianobactérias, que foram dominantes durante 100% do ciclo anual nos reservatórios citados.

Teixeira et al (1993) registraram uma grave epidemia de gastroenterite na cidade de Paulo Afonso, BA, relacionada com o alagamento do reservatório de Itaparica em 1988. Em um período de 42 dias foram registrados 2.000 casos da doença, com 88 óbitos. O resultado da investigação revelou que a fonte da infecção era a água captada na área de influência da barragem e a proliferação de cianobactérias, em quantidade além da habitual, foi considerada como uma possibilidade capaz de explicar esta grave epidemia.

RESERVATÓRIOS EM REGIÕES DE ESCASSEZ HÍDRICA EM PORTUGAL E BRASIL

Considerando que os sistemas aquáticos desenvolvem uma interação permanente e dinâmica com as suas bacias de drenagem, é fundamental que se conheçam as trocas entre eles (Morais et al., 2009). Por outro lado, deve ser feito um esforço para compreender a interação entre os elementos naturais (físicos, químicos e biológicos), econômicos e sociais, dada a interdependência entre estas componentes muitas vezes com interesses antagônicos. Deve-se assim promover a formação de parcerias que viabilizem programas de recuperação e conservação de uma forma integrada e sustentável.

Os resultados demonstraram que tanto no clima semiárido brasileiro quanto no mediterrânico de Portugal, os parâmetros que apresentaram altas concentrações, estando em desacordo com a legislação foram o fósforo total e o oxigênio dissolvido. As elevadas concentrações de fósforo foram, em ambos os ambientes, relacionados à agricultura e à entrada de nutrientes vindos à montante dos corpos d'água, sendo estas as principais fontes de contaminação da água dos reservatórios.

Com o objetivo de identificar as medidas necessárias para melhorar o estado das massas de água, é necessário, num primeiro passo, identificar as principais causas que contribuem para o não cumprimento das condições para o Bom estado ecológico. Na Tabela 2 apresentam-se as principais causas/pressões e respectivos elementos chave de análise.

As principais causas responsáveis pelos resultados indesejáveis agrupam-se em três categorias facilmente enumeradas. Focos de pressão pontual; pressão difusa; modificações / pressões até 50 m da linha de água. Os focos de pressão pontual relacionam-se com efluentes de Estações de Tratamento de Águas Residuais mal dimensionadas ou inadequadas com baixa eficiência.

Tabela 2 – Principais causas de degradação de reservatórios e respectivos elementos chave de análise

Causas de degradação / Pressões	Elementos chave de análise
Pressões Pontuais:	
Poluição pontual com origem em Estações de Tratamento de Água mal dimensionadas e com reduzida eficiência	nitrogênio amoniacal, fósforo total, oxigênio dissolvido, taxa de saturação de oxigênio, biomassa fitoplanctônica, desenvolvimento de espécies indesejáveis (cianobactérias), fauna piscícola.
Poluição pontual não identificada com origem em actividades urbanas ou industriais	nitrogênio amoniacal, fósforo total, oxigênio dissolvido, taxa de saturação de oxigênio, biomassa fitoplanctônica, desenvolvimento de espécies indesejáveis (cianobactérias), fauna piscícola
Pressões Difusas:	
Poluição difusa com origem na ocupação de solo (agricultura e carga animal)	fósforo total, nitratos, oxigênio dissolvido, taxa de saturação de oxigênio, biomassa fitoplanctônica, desenvolvimento de espécies indesejáveis (cianobactérias)
Poluição difusa mista com origem em actividades urbana, industrial e de agricultura	fósforo total, nitratos, oxigênio dissolvido, taxa de saturação de oxigênio, biomassa fitoplanctônica, desenvolvimento de espécies indesejáveis (cianobactérias), fauna piscícola
Poluição difusa não identificada	fósforo total, nitratos, oxigênio dissolvido, taxa de saturação de oxigênio, biomassa fitoplanctônica, desenvolvimento de espécies indesejáveis (cianobactérias), fauna piscícola
Modificações / Pressões até 50 m da linha de água:	
Modificações físicas na zona de margem (represas, muros, Eng. Biofísica, Porto/marinas etc)	oxigênio dissolvido, taxa de saturação de oxigênio, biomassa fitoplanctônica, desenvolvimento de espécies indesejáveis (cianobactérias), danificação de habitats, fauna piscícola
Pressões até 50 m da linha de água (pedreiras/minas, estradas, recente corte de madeira, pisoteio)	taxa de saturação de oxigênio, biomassa fitoplanctônica, desenvolvimento de espécies indesejáveis (cianobactérias), danificação de habitats, fauna piscícola
Pressões na massa de água (pontes, barcos a motor e sem motor, aquaculturas, canos de descarga, etc)	taxa de saturação de oxigênio, biomassa fitoplanctônica, desenvolvimento de espécies indesejáveis (cianobactérias), danificação de habitats, fauna piscícola
Abstração de água (retirada de água para abastecimento ou outros fins)	taxa de saturação de oxigênio, aumento de fósforo total na coluna de água, biomassa fitoplanctônica, desenvolvimento de espécies indesejáveis (cianobactérias), danificação de habitats, fauna piscícola

Existem ainda focos de pressão pontual com origem em efluentes não tratados de actividades urbanas e industriais que drenam directamente para os reservatórios.

A pressão difusa tem origem nas diferentes actividades na bacia de drenagem, relacionadas com a agricultura, com a carga animal, com a indústria e com a ocupação urbana. Consequentemente é difícil quantificar a carga orgânica resultante que entra nas massas de água. Esta dificuldade surge agravada no Sul de Portugal, onde a maioria dos cursos de água são de regime temporário resultante da distribuição anual da precipitação que ocorre de uma forma irregular frequentemente sob a forma de eventos torrenciais que arrastam materiais e contaminantes ao longo da bacia e dos rios e que posteriormente se irão acumular a jusante, nos reservatórios.

As modificações físicas na zona litoral, na zona de margem e as ações desencadeadas pelo homem na massa de água alteram a integridade ecológica dos reservatórios com consequências diretas no seu funcionamento, nas comunidades biológicas, na qualidade da água e consequentemente no estado de eutrofia e no estado geral das massas de água. A faixa de 100 m da mata ciliar, considerada como reserva ecológica pela Resolução CONAMA nº 04/1985, não está sendo preservada nesses reservatórios, prejudicando a qualidade da água e causando processos de erosão na margem.

Torna-se pois urgente adotar medidas de gestão e proteção destes sistemas particulares, construídos com objetivos específicos de suprir a escassez hídrica. Assim, é fundamental promover uma gestão integrada dos reservatórios e respectivas bacias de drenagem. Resumindo, é preciso implementar medidas de gestão e proteção destes ecossistemas por forma a: (i) melhorar a qualidade da água, principalmente em períodos de escassez; (ii) transmitir conhecimentos para a gestão dos reservatórios, do solo, da energia e da biodiversidade, na perspectiva da participação comunitária e do desenvolvimento sustentável em equilíbrio com o ambiente.

Em regiões com reduzida precipitação, tanto no sul de Portugal como no semiárido brasileiro, o avanço científico e tecnológico nos reservatórios de forma multidisciplinar e sistêmica, acarretam num aproveitamento eficiente da água e poderá conduzir a uma melhoria das condições de vida das comunidades locais, mesmo ocorrendo esta de forma irregular e em quantidade reduzida.

REFERÊNCIAS

- BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. Controle Ambiental da Água. In: Curso de Gestão Ambiental (ed. PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C.) Barueri – SP: Manole, 1045p. 2004.
- BRAGA, J. D. B.; BRAGA, E. G. P.; PEREIRA, S. M. B.; LEÇA, E. E.; TEIXEIRA, M. G. Programa de controle de macrófitas aquáticas no complexo hidrelétrico de Paulo Afonso e na UHE Itaparica. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia elétrica – SNPTEE. 15., 1999, Paraná, *Anais...* Paraná, 1999.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Amazônia Legal. *Programa Nacional de Meio Ambiente II*. Brasília, 2000.
- CARVALHO, R. M. C. M. de O. Avaliação dos perímetros de irrigação na perspectiva da sustentabilidade da agricultura familiar no semiárido pernambucano. 2009. Tese (Doutorado em Pós Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.
- CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales Do São Francisco e do Parnaíba. *Serviço de Assistência Técnica e Extensão Rural destinado aos agricultores reassentados em decorrência da construção da Barragem de Itaparica: Lote 2 Borda do Lago*. Petrolina, 1998. Relatório Final.
- CRUZ, J. M. B. *Estudo exploratório da capacidade de pagamento da alocação de água em perímetros irrigados: o caso do Projeto Icó-Mandantes no Sistema Itaparica - PE*. Recife, 2005. 90 folhas Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia.
- EUROPEAN UNION. Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu do Conselho de 23 de outubro de 2000 que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água. L327/1, EU: 2000.
- GLEICK, P. H. Water and conflict In: *The World's Water 1998-1999* (ed. GLEICK, P.M.), Island Press, Washington DC. Island Press. 105-135 pp, 1998.
- GOMES, M. Rio São Francisco está morrendo. *Jornal do Brasil*. Rio de Janeiro, 10 out. 1993, p. 17. Caderno Ciência/Ecologia.
- GUNKEL, G. Contamination and eutrophication risk of a reservoir in the semi-aride zone: Reservoir Itaparica, Pernambuco, Brazil. In: *Reservoirs and River Basins Management: Exchange of Experience from Brazil, Portugal and Germany*. Berlin: Technische Universität Berlin, 2007.
- HENRY, R.; SANTOS, A. A. N.; CAMARGO, Y. O transporte de sólidos suspensos e N e P total pelos rios Paranapanema e Taquari e uma avaliação de sua exportação na Represa de Jurumirim (São Paulo, Brasil). In: Henry, R. (Org.). In: *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FAPESP-FUNDIBIO, 1999.

HUSZAR, V. L. M.; SILVA, L. H. S. da, MARINHO, M. M.; DOMINGOS, P.; SANT'ANNA, C. L. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia*, v. 424, 2000.

INAG. Critérios para a classificação do Estado das massas de água – Rios e reservatórios. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. 29 pp., 2009.

MORAIS, M. Organização especial e temporal de um rio temporário mediterrânico (Rio Degebe, Bacia Hidrográfica do Guadiana). *Dissertação de doutoramento*, Universidade de Évora. 312 pp., 1995.

MORAIS, M., A. PEDRO, J. ROSADO & P. PINTO. Temporary rivers: from the excess to scarcity (ed. Duarte L. M. G & Pinto P.). *Fundação Luís de Molina*, Évora, Portugal. 37-49 pp, 2009.

PUIG, M. A.; ABOAL, M.; SOSTOA, A. New approaches to Mediterranean fluvial communities. *Ecologia Aquática*, 10:13-20, 1991.

RAGAB, R.; HAMDY, A. Water Management Strategies to Combat Drought in the Semiarid Regions. In: *Water Management for Drought Mitigation in the Mediterranean* (eds. Hamdy, A. & Trisorio-Liuzzi, G.) (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) 47-112. Tecnomack – Bari, Italy, 2004.

RESH, H. V.; JACKSON, J. K.; MCELRAVY, E. P. Distribution, annual variability and lotic benthos: examples from California streams influenced by Mediterranean climate. *Mem, Inst, Ital. Idrobiol*, 47:307-329, 1990.

ROSADO, J.; MORAIS, M. Climate change and water scarcity: from a global scale to particular aspects in Mediterranean region (Portugal). *Science and Technology for Environmental studies: Experiences from Brazil, Portugal and Germany* (ed. Luiz Sens, M & Mondardo, R. I). Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 15-27 pp., 2010.

SILVA, M.; CANDEIAS, A. L. B.; VICTOR, U. F. da S.; CARVALHO, R. M. C. M. de O. Family Agriculture in Brazilian Semi-Arid. In: *Reservoirs and River Basins Management: Exchange of Experience from Brazil, Portugal and Germany*. Berlin: Technische Universität Berlin, 2007.

SOBRAL, M. C.; CARVALHO, R. M. C. M. de O.; SILVA, M. M. da ; MELO, G. L. de. Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no semi-árido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL. 30. 2006, Punta del Leste, *Anais...* Punta del Leste: AIDIS, 2006.

SOBRAL, M. C.; CARVALHO, R. M.C.M. O. In: REUNIÃO ANUAL DA REDE LUSO-BRASILEIRA DE ESTUDOS AMBIENTAIS. 10. 2006, Recife. *Anais...* Recife: UFPE/TU Berlin, 2006.

TEIXEIRA, M.G.L.C.; COSTA, M.C.N.; CARVALHO, V.L.P.; PEREIRA, M.S.; HAGE, E. Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica, Bahia, Brazil. *Bulletin of PAHO*, v. 27 n. 3. p. 244-253, 1993.

TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M.; *Limnologia.*, 2008. 632 p.

UN-WATER. *Coping with water scarcity: a strategic issue and priority for system-wide action.* [s.l.]: UN-WATER, 2006

VELINI, E. D.; CORRÊA, M. R.; TANAKA, R. H.; BRAVIN, L. F. N.; ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. T.; TRINDADE, M. L. B. Avaliação operacional do controle mecânico de plantas aquáticas imersas no reservatório de Jupia. *Planta Daninha*, Viçosa/MG, v. 23, n. 2, p. 277-285, 2005.