

A IMPORTÂNCIA DOS CENÁRIOS PROSPETIVOS E DA ANÁLISE CUSTO-EFICÁCIA NA ELABORAÇÃO DE PLANOS DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Pedro A. Fernandes ¹, Pedro Bettencourt ² e Francisco G. Silva ³

¹ Economista e Urbanista, NEMUS – Gestão e Requalificação Ambiental, Lda.,
Estrada do Paço do Lumiar – Campus do IAPMEI, Edifício D – R/C, 1649-038 LISBOA – PORTUGAL,
pedro.afonso@nemus.pt

² Geólogo, NEMUS – Gestão e Requalificação Ambiental, Lda.,
Estrada do Paço do Lumiar – Campus do IAPMEI, Edifício D – R/C, 1649-038 LISBOA – PORTUGAL,
pedro.bettencourt@nemus.pt

³ Agrónomo, Instituto Superior de Agronomia (ISA) da Universidade Técnica de Lisboa,
Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA – PORTUGAL, fgsilva@isa.utl.pt

Palavras-chave: Gestão e Planeamento de Recursos Hídricos, Metodologia DPSIR, Cenários Prospetivos, Análise Custo-Eficácia.

Tema: 6 – Gestão de recursos hídricos e mudanças globais.

Tipo de comunicação: Comunicação oral.

1. Resumo

A Análise Económica das Utilizações da Água é uma das componentes essenciais dos Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas (PGBH) de acordo com a Diretiva Quadro da Água da União Europeia e com as leis nacionais que a transpuseram, em particular no caso de Portugal. Essa análise inclui uma avaliação da recuperação de custos dos serviços de águas e a identificação dos programas de medidas com melhor relação custo-eficácia, devendo suportar a definição de uma política de preços da água que assegure o contributo adequado dos diversos sectores para a recuperação dos custos de acordo com os princípios do poluidor-pagador e do utilizador-pagador.

No âmbito da elaboração dos PGBH das bacias integradas nas Regiões Hidrográficas 6 – Sado/Mira, 7 – Guadiana e 8 – Ribeiras do Algarve de Portugal Continental foi efetuada uma avaliação aprofundada dos níveis de recuperação de custos dos sectores urbano, agrícola e do golfe seguida de um exercício de cenarização dos consumos de água para os principais sectores utilizadores (agricultura, indústria, produção de energia, comércio/serviços, sector residencial e turismo) no horizonte de 2015.

Para o efeito, adaptou-se a conhecida metodologia DPSIR («Driving forces, Pressures, States, Impacts and Responses») ao planeamento dos recursos hídricos mediante a consideração de diferentes cenários de desenvolvimento socioeconómico. Por seu turno, estes últimos foram definidos recorrendo à Prospetiva, ou seja, explorando as incertezas face ao futuro e trabalhando diversas possibilidades como estratégia de condução da ação.

A formulação de cenários prospetivos possibilitou vislumbrar um crescimento, a médio prazo, das necessidades de consumo de água de cerca de 85% no sul de Portugal, passando dos 700 hm³/ano na situação de referência (2009) para quase 1.300 hm³/ano caso os efeitos esperados de diversos investimentos em curso se concretizem plenamente.

Adicionalmente, da aplicação de um método custo-eficácia adaptado ao planeamento dos recursos hídricos foi possível confirmar a pertinência da maioria das medidas ambientais propostas pelos referidos PGBH, inclusive das medidas que visam promover a eficiência e maiores níveis de recuperação de custos – que serão crescentemente importantes dados os resultados do exercício prospetivo antes referidos bem como os fenómenos relacionados com as alterações climáticas.

2. Introdução

A Análise Económica das Utilizações da Água (em sentido lato) é uma das componentes essenciais dos Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica (PGBH) de acordo com a Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro) que transpõe a Diretiva Quadro Europeia da Água para a ordem jurídica portuguesa.

De facto, de acordo com a alínea *g)* do n.º 1 do artigo 29.º da Lei da Água, os PGBH compreendem “uma análise económica das utilizações da água, incluindo a avaliação da recuperação de custos dos serviços de águas e a identificação de critérios para a avaliação da combinação de medidas com melhor relação custo-eficácia”. Ainda de acordo com a mesma Lei (n.º 1 do artigo 83.º, complementado pelo n.º 4 do artigo 77.º), a Análise Económica das Utilizações da Água deve “conter informações suficientes para determinar, com base na estimativa dos custos potenciais, a combinação de medidas com melhor relação custo-eficácia para estabelecer os programas de medidas a incluir nos PGBH” e “suportar a definição de uma política de preços da água que estabeleça um contributo adequado dos diversos sectores económicos, separados, pelo menos, em sector industrial, doméstico e agrícola, para a recuperação dos custos”.

3. Objetivos

O cabal cumprimento dos objetivos acima enunciados exige, normalmente, a mobilização de vários métodos, não apenas da Economia, mas também da Estatística, da Investigação Operacional ou da Prospetiva. Na presente comunicação ilustra-se a utilidade dos métodos dos Cenários Prospetivos e da Análise Custo-Eficácia no planeamento dos recursos hídricos tendo por base a experiência dos autores adquirida com a elaboração dos PGBH das bacias integradas nas Regiões Hidrográficas 6 – Sado/Mira, 7 – Guadiana (NEMUS-ECOSSISTEMA-AGRO.GES, 2012) e 8 – Ribeiras do Algarve (NEMUS-HIDROMOD-AGRO.GES, 2012), que coincidem (sensivelmente) com as regiões Alentejo e Algarve de Portugal Continental.

4. Abordagem Metodológica

No âmbito da elaboração dos PGBH das bacias integradas nas Regiões Hidrográficas 6, 7 e 8 foi efetuada uma avaliação aprofundada dos níveis de recuperação de custos dos sectores urbano, agrícola e do golfe – recorrendo, nomeadamente, a métodos econométricos (estimação de elasticidades de procura) – a que se seguiu um exercício de cenarização dos consumos de água para os principais sectores utilizadores (agricultura, indústria, produção de energia, comércio/serviços, sector residencial e turismo) no horizonte de 2015.

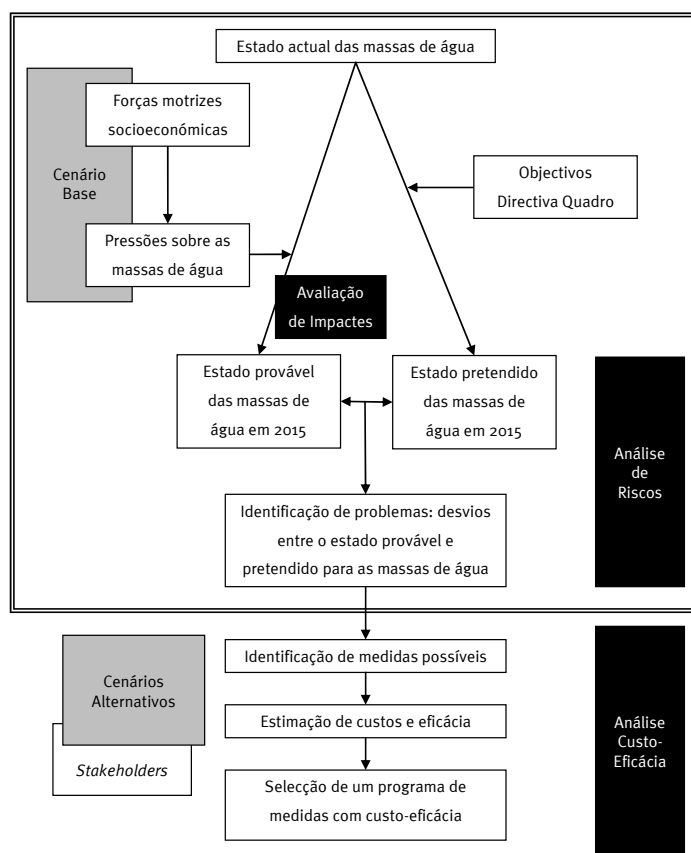
Para o efeito, adaptou-se a conhecida metodologia DPSIR («Driving forces, Pressures, States, Impacts and Responses») ao planeamento dos recursos hídricos mediante a consideração de diferentes cenários de desenvolvimento socioeconómico. Esta metodologia, que tem vindo a ser utilizada pela Agência Europeia do Ambiente desde 1999 (EEA, 2009), resultou do desenvolvimento do método PSR («Pressure, State, Responses») criado por Anthony Friend na década de 1970. Enquadra-se, igualmente, num conjunto mais vasto de metodologias do tipo «Causal Chain Analysis», que têm vindo a ser aplicadas em bacias hidrográficas internacionais pela GIWA – Global International Waters Assessment (Belausteguioitia, 2004).

A Metodologia DPSIR assume que existe um encadeado de relações causais que se inicia com um conjunto de forças motrizes ou «driving forces» de natureza económica, social ou cultural de que resultam pressões sobre o ambiente e os recursos naturais. Por seu turno, as pressões condicionam o estado do ambiente em termos físicos, químicos e biológicos, resultando num conjunto de impactes nos ecossistemas, na saúde humana, nas atividades económicas e em outras dimensões que poderão suscitar um conjunto de respostas da sociedade na forma de regulamentos, políticas, objetivos e/ou metas ambientais (EEA, 2009; Kristensen, 2004; SMAP, sem data).

No processo de identificação das forças motrizes («driving forces»), a evolução expectável de variáveis exógenas de natureza demográfica, macroeconómica, sectorial e/ou tecnológica assume especial

relevância. Em particular, no caso dos processos de gestão de bacias hidrográficas importa isolar esse tipo de tendências para dimensões como a população ou as principais atividades económicas, incluindo o turismo, a indústria e a agricultura (Kristensen, 2004), para além da evolução do contexto macroeconómico.

Contudo, a aplicação da Metodologia DPSIR ao planeamento dos recursos hídricos no âmbito da implementação da Diretiva Quadro Europeia da Água não é fácil e imediata, exigindo a introdução de alguns aperfeiçoamentos (Brouwer, 2005). Como sugere a Figura 1, se a identificação do cenário base («baseline scenario») é relativamente imediata a partir da análise das tendências de evolução das forças motrizes e das associadas pressões sobre o estado das massas de água, a formulação de cenários alternativos de desenvolvimento poderá exigir o recurso a outros métodos, nomeadamente, direta ou indiretamente relacionados com a Análise de Riscos ou com a Análise Custo-Eficácia, seguindo uma abordagem metodológica dinâmica e iterativa na formulação desses mesmos cenários.



Fonte: Brouwer (2005) – Adaptado

Figura 1 – A problemática da identificação de cenários alternativos de desenvolvimento no contexto da aplicação da Diretiva Quadro Europeia da Água

No caso concreto dos PGBH das Regiões Hidrográficas 6, 7 e 8 optou-se pela formulação de cenários alternativos (face ao cenário base) recorrendo a métodos prospetivos. Ao contrário da Previsão, que tende a concentrar-se nas certezas e a produzir projeções lineares face ao futuro, a Prospetiva explora as respetivas incertezas, trabalhando diversas imagens e possibilidades como estratégia de condução da ação (Ribeiro *et al.*, 1997). Em particular, a Prospetiva procura interrogar e explorar as incertezas associadas às seguintes categorias de processos:

- Certezas Qualitativas e Incertezas Quantitativas – também designadas por «tendências pesadas», referem-se a processos cuja orientação é conhecida mas cuja realização não é passível de determinação através de uma regra probabilística, não se tratando, por isso, de processos estocásticos (que podem ser alvo de Previsões Aleatórias);

- Incertezas Qualitativas e Quantitativas – referem-se a processos em que é impossível determinar as alternativas de futuro de forma apriorística, estando tipicamente associadas a fenómenos como as mutações, as ruturas ou o «desmoronamento» de estruturas mal identificadas.

Existem diversos tipos de incertezas, focalizando-se a análise prospetiva nas Incertezas Estruturais, isto é, nas “situações em que se admite a possibilidade de um acontecimento, mas em que este, pelo seu carácter único, não nos fornece uma probabilidade da sua realização [ao contrário do que acontece com os Riscos – outro tipo de incerteza]; a possibilidade do acontecimento existir é, por sua vez, resultante de uma sequência de raciocínio do tipo «causa-efeito» (e daí a referência a uma estrutura), mas não podemos saber com antecedência qual a sua configuração” (Ribeiro *et al.*, 1997).

Como principal instrumento de simulação do futuro, a Prospetiva recorre aos cenários, se bem que também possa recorrer, de forma pontual, ao principal instrumento utilizado pela Previsão: os modelos (Ribeiro *et al.*, 1997). As componentes chave para a construção de cenários prospetivos decorrem, exatamente, dos dois tipos de incerteza referidos acima, ou seja:

- Elementos Pré-Determinados, que correspondem aos Riscos ou Incertezas Previsíveis, por serem suscetíveis de previsão com base em precedentes históricos (macrotendências), que possibilitam estimar a probabilidade de ocorrência dos vários resultados possíveis;
- Elementos Incertos, que decorrem diretamente das Incertezas Estruturais, por vezes também designadas como Incertezas Cruciais, na medida em que constituem as Forças Motrizes do processo de cenarização.

De facto, a análise de cenários é especialmente útil para avaliar este último tipo de incertezas na medida em que os Riscos são, normalmente, passíveis de modelação através de Métodos de Previsão, fruto da sua natureza estocástica. A suposição da possibilidade de ocorrência de acontecimentos futuros únicos e incertos resulta de um raciocínio do tipo causa-efeito que situa cada acontecimento numa determinada estrutura (Ribeiro *et al.*, 1997). Em geral, diferentes estruturas correspondem a outros tantos cenários. Em particular, os Elementos Pré-Determinados decorrem de uma estrutura supostamente muito estável no horizonte temporal de cenarização, dando normalmente origem a um Cenário Tendencial ou de Base, de natureza adaptativa e associado a iniciativas voluntaristas pouco incisivas ou menos fraturantes face à realidade observada na situação atual.

Em coerência com orientações da Autoridade Nacional da Água de Portugal, nos referidos PGBH foram formulados três cenários prospetivos no horizonte de 2015: um cenário base (B) de evolução socioeconómica (associado aos referidos Elementos Pré-Determinados), um cenário evolutivo menos favorável (A) face a esse padrão e um cenário, pelo contrário, mais favorável (C) que, fruto da atual conjuntura de crise em Portugal, pode ser encarado como um cenário «tendencial» no horizonte de 2021 (ou mesmo de 2027).

Estes cenários foram caracterizados de duas formas, uma primeira mais conceptual (ligada ao grau de eficácia das políticas de desenvolvimento regional e rural), e uma segunda mais operativa. Assim, no primeiro caso definiram-se os cenários em função de uma resolução mais ou menos favorável das Incertezas Cruciais que se colocam às regiões hidrográficas (e a Portugal) ao longo de três eixos de contrastação: Desenvolvimento Regional e Territorial; Dinâmicas Económicas e Sociais; e Ambiente e Recursos Hídricos.

No segundo caso, a definição de cenários em termos de consumos futuros de água exigiu um exercício (complexo) de associação entre a procura de água e as respetivas origens (volumes captados), obrigando a um cruzamento entre componentes «económicas» e «físicas» dos sistemas de águas. Este procedimento possibilitou avaliar as pressões sobre as massas de água que se vislumbram para as regiões mais a sul de Portugal Continental a médio prazo, facilitando o exercício de planeamento de recursos hídricos numa conjuntura económica e social marcada pela elevada incerteza. Na secção seguinte apresentam-se os principais resultados obtidos com a aplicação dessa abordagem.

5. Cenários Prospetivos de Consumo e Pressões sobre as Massas de Água

A estimação de necessidades de consumo futuro de água para diferentes cenários teve como ponto de partida o ano de 2009 e a seguinte desagregação sectorial: Agricultura; Indústria; Comércio/Serviços; «Sector Residencial» (consumos associados à população residente); Turismo – População Flutuante (consumos associados a empreendimentos turísticos e residências secundárias ou sazonais) e Turismo – Golfe.

Esta desagregação dos consumos foi conseguida, por um lado, discriminando os volumes fornecidos, distribuídos e captados pelos Sistemas Urbanos de Abastecimento Público (de água potável) pelos sectores da Indústria, do Comércio/Serviços e Doméstico – separando, por seu turno, este último em duas componentes: população residente («Sector Residencial») e população flutuante. Por outro lado, foram consideradas eventuais captações próprias associadas a esses sectores, de acordo com os registos das Administrações das Regiões Hidrográficas do Alentejo e do Algarve, bem como os consumos relativos à rega de culturas agrícolas e de campos de golfe. No caso da Agricultura, foram considerados, quer os aproveitamentos hidroagrícolas públicos, tipicamente abastecidos por fontes superficiais, quer os regadios de natureza privada, que recorrem mais frequentemente a água com origem subterrânea, se bem que tenham sido incorporadas também estimativas de captações superficiais com esse fim.

Uma das características inovadoras da abordagem de cenários prospetivos desenvolvida nos PGBH das Regiões Hidrográficas 6, 7 e 8 é a consideração, por um lado, de *tendências evolutivas*, ou seja, decorrentes da evolução «normal» dos processos socioeconómicos (em geral, passíveis de estimação a partir de modelos estatísticos de previsão, cf. Secção 2) e, por outro lado, de *tendências não evolutivas*, isto é, associadas a projetos de investimento em curso ou previstos que poderão implicar importantes saltos discretos nos consumos e decorrentes pressões sobre as massas de água.

A consideração de tendências não evolutivas revelou-se de especial importância no contexto do planeamento das bacias a sul do rio Tejo na medida em que se encontra em plena fase de execução o Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva (EFMA) que permitirá regar, a partir de 2015, até cerca de 110 mil hectares repartidos pelas Regiões Hidrográficas 6 e 7 com água proveniente das bacias principais dos rios Guadiana e Degebe (albufeiras de Pedrógão e Alqueva).

Quadro 1 – Sinopse dos cenários prospetivos de evolução da agricultura de regadio segundo a região hidrográfica de consumo (RH6, RH7 e RH8)

Cenário	Tendência de evolução da área regada (taxa anual) na ausência de outros fatores			Área regada EFMA (% adesão)		Preços agrícolas mundiais (impacto nas áreas atualmente regadas)		
	Culturas	RH6-7	RH8	RH6	RH7	Evolução	RH6-7	RH8
2015A	Culturas anuais	-5%	-10%	30,3%	28,5%	Menos favorável do que as previsões OCDE-FAO (decréscimo na área regada)	-20%	-10%
	Prados e pastagens permanentes	-1%	-10%					
	Pomares (inclui citrinos)	-5%	0%					
	Vinha	0%	0%					
	Olival	0%	0%					
2015B	Culturas anuais	0%	0%	50,7%	47,6%	De acordo com as previsões OCDE-FAO	Sem impacto	
	Prados e pastagens permanentes	0%	0%					
	Pomares (inclui citrinos)	0%	2%					
	Vinha	1%	1%					
	Olival	2%	0%					
2015C	Culturas anuais	0%	1%	60,7%	57,1%	Mais favorável do que as previsões OCDE-FAO (acréscimo na área regada)	+20%	+10%
	Prados e pastagens permanentes	0%	0%					
	Pomares (inclui citrinos)	0%	2%					
	Vinha	1%	1%					
	Olival	2%	0%					

Fonte: NEMUS-ECOSSISTEMA-AGRO.GES (2012) e NEMUS-HIDROMOD-AGRO.GES (2012)

Esta alteração estrutural deverá implicar, em particular, um significativo aumento das necessidades futuras de água para a Agricultura com origem na bacia do Guadiana, mesmo considerando diferentes taxas de adesão dos agricultores ao EFMA e/ou diferentes cenários de alteração do «mix» de culturas e de evolução dos preços agrícolas (cf. Quadro 1, acima).

Também no que se refere ao Golfe, as tendências não evolutivas foram determinantes para efeito de estimação dos consumos futuros. De facto, estão já em construção, ou aprovados com concretização esperada no até 2015, diversos campos de golfe que importava integrar, desde logo, no Cenário A. Adicionalmente, eram várias as pretensões de investimento (com diferente grau de verosimilhança) que poderiam pressionar as bacias hidrográficas em causa.

Para os demais sectores, os consumos de água foram estimados fundamentalmente com base nas respetivas tendências evolutivas, dadas as taxas de crescimento observadas nos últimos anos para os indexantes relevantes em cada caso (sector / região), de acordo com o indicado no quadro seguinte:

Quadro 2 – Tendências evolutivas dos sectores da Indústria, Comércio, Residencial e Turismo (População Flutuante) por região hidrográfica de origem dos consumos (RH6, RH7 e RH8), segundo o cenário prospetivo

Sector	Indexante	Região de Consumo	Cenário (Base 2009 = 100)		
			2015A	2015B	2021B
Indústria	PIB regional corrigido com «spread» sectorial	RH6	112,3	119,7	127,4
		RH7	94,1	98,0	104,4
		RH8	75,7	83,0	88,6
Comércio	PIB regional corrigido com «spread» sectorial	RH6	116,0	123,6	131,5
		RH7	108,9	113,3	120,6
		RH8	113,5	123,7	131,5
Residencial	População residente na região	RH6	95,7	102,1	109,3
		RH7	92,6	96,6	101,0
		RH8	99,7	108,1	117,7
Turismo – População Flutuante	N.º de camas em empreendimentos turísticos (*)	RH6	144,5	204,5	387,5
		RH7	114,2	130,1	213,4
		RH8	101,6	103,2	106,4

Notas:

(*) Mantendo a ocupação média (dormidas/camas) observada entre 2006 e 2008 em cada região de consumo

Fonte: NEMUS-ECOSSISTEMA-AGRO.GES (2012) e NEMUS-HIDROMOD-AGRO.GES (2012) (com cálculos adicionais)

No Quadro 3 são apresentadas as necessidades de consumo de água das famílias e atividades económicas localizadas em cada uma das regiões hidrográficas em análise, para os sectores da Agricultura (separando os aproveitamentos hidroagrícolas públicos dos regadios privados), Indústria, Produção de Energia (consumos com significado apenas da RH6), Comércio/Serviços, «Sector Residencial» e Turismo (população flutuante + golfe).

Na situação de referência (2009), a Região Hidrográfica Sado/Mira é aquela que apresenta as maiores necessidades de consumo de água (cerca de 300 hm³/ano) entre as regiões localizadas a sul do Tejo, o que se explica pela importância relativa da agricultura de regadio, da indústria (polos de Sines e Setúbal) e das aglomerações urbanas de Setúbal, Évora e Sines-Santiago-Santo André. As regiões do Guadiana (RH7) e das Ribeiras do Algarve (RH8) apresentavam, nesse ano, necessidades próximas dos 200 hm³ em ambos os casos.

Muito por via da entrada em operação dos regadios do EFMA, perspetivam-se significativos aumentos das necessidades de água para as duas regiões hidrográficas do Alentejo. Assim, os consumos futuros da RH6 – Sado/Mira poderão assumir valores próximos dos 475 hm³/ano para o Cenário B(ase); no caso do Cenário C, cuja concretização é mais verossímil no horizonte de 2021 ou mesmo de 2027 (como se referiu anteriormente), poderão mesmo alcançar a fasquia dos 550 hm³/ano. No caso da RH7 –

Guadiana, são esperados também aumentos significativos nos consumos, com valores próximos dos 410 e 490 hm³/ano para os mesmos cenários (B e C, respetivamente). Nas Ribeiras do Algarve (RH8) não se deverão verificar aumentos tão significativos nas necessidades de água.

Quadro 3 – Necessidades de consumo de água, atuais e futuras (2009-2015), das regiões hidrográficas (RH6, RH7 e RH8) por sector segundo o cenário prospetivo

Região Hidrográfica e Sector de Atividade	2009		2015					
			Cenário A		Cenário B		Cenário C	
	hm ³	%	hm ³	%	hm ³	%	hm ³	%
RH6 – Sado/Mira (Total)	300,75	100,0	315,05	100,0	476,02	100,0	550,59	100,0
Agricultura: Regadios públicos	187,12	62,2	208,73	66,3	336,10	70,6	403,06	73,2
Agricultura: Regadios privados	57,41	19,1	36,21	11,5	57,57	12,1	57,37	10,4
Indústria	23,00	7,6	28,75	9,1	40,45	8,5	42,20	7,7
Produção de Energia (*)	2,69	0,9	2,29	0,7	2,57	0,5	3,00	0,5
Comércio/Serviços	2,78	0,9	2,76	0,9	2,36	0,5	2,32	0,4
Sector Residencial	25,62	8,5	32,25	10,2	30,39	6,4	32,28	5,9
Turismo	2,12	0,7	4,07	1,3	6,58	1,4	10,36	1,9
RH7 – Guadiana (Total)	195,78	100,0	270,39	100,0	409,14	100,0	488,48	100,0
Agricultura: Regadios públicos	53,33	27,2	149,31	55,2	246,31	60,2	295,64	60,5
Agricultura: Regadios privados	112,09	57,3	82,49	30,5	127,49	31,2	152,98	31,3
Indústria	3,58	1,8	3,55	1,3	3,49	0,9	3,49	0,7
Comércio/Serviços	2,80	1,4	2,88	1,1	2,59	0,6	2,50	0,5
Sector Residencial	21,26	10,9	27,84	10,3	24,22	5,9	24,65	5,1
Turismo	2,71	1,4	4,31	1,6	5,04	1,2	9,22	1,9
RH8 – Ribeiras Algarve (Total)	198,89	100,0	197,59	100,0	221,51	100,0	239,97	100,0
Agricultura: Regadios públicos	24,83	12,5	21,12	10,7	25,18	11,4	27,78	11,6
Agricultura: Regadios privados	88,51	44,5	78,69	39,8	90,04	40,6	99,16	41,3
Indústria	8,11	4,1	6,21	3,1	6,56	3,0	6,89	2,9
Comércio	9,87	5,0	11,35	5,7	11,83	5,3	12,34	5,1
Sector Residencial	46,02	23,1	54,40	27,5	59,37	26,8	63,25	26,4
Turismo	21,54	10,8	25,82	13,1	28,53	12,9	30,56	12,7

(*) Não inclui água com origem marítima

Fonte: NEMUS-ECOSSISTEMA-AGRO.GES (2012) e NEMUS-HIDROMOD-AGRO.GES (2012) (com cálculos adicionais)

As necessidades de consumo apresentadas no quadro anterior podem ser satisfeitas com origens de água localizadas, quer na própria região de consumo, quer em outras regiões hidrográficas por via de desvios e transvases. De facto, parte das necessidades de consumo da RH6 são satisfeitas com água proveniente da RH5 – Tejo (de origem subterrânea) e da RH7 – Guadiana (de origem superficial), prevendo-se, no futuro, uma maior dependência face a esta última região. Já a RH7 depende, em pequena parte, de origens (subterrâneas e superficiais) localizadas nas regiões hidrográficas 5 e 6. Por seu turno, cerca de ¼ da água consumida na RH8 é proveniente da RH6 (canal do Rogil do aproveitamento do Mira) e, sobretudo, da RH7 (Sistema Odeleite-Beliche).

Ora, a modelização conjunta das componentes socioeconómicas e hidráulicas possibilitou, não apenas estimar as necessidades futuras das famílias e atividades económicas de cada região hidrográfica, mas também as pressões (quantitativas) sobre as respetivas massas de água que decorrem de necessidades da própria região ou de outras regiões hidrográficas.

O Quadro 4 condensa, para origens superficiais, essa perspetiva diferente dos cenários prospetivos das regiões hidrográficas em estudo, menos centrada na procura de água associada a cada região (que o Quadro 3, acima, ilustrou) por incidir nos volumes captados ou desviados/ transferidos para outras regiões hidrográficas.

Quadro 4 – Pressões quantitativas sobre as massas de água superficial das regiões hidrográficas (RH6, RH7 e RH8) que decorrem de necessidades de consumo dessas regiões

Região Hidrográfica das Origens Superficiais	2009		2015					
			Cenário A		Cenário B		Cenário C	
	hm ³	%	hm ³	%	hm ³	%	hm ³	%
RH6 – Sado/Mira	207,59	48,4	149,66	27,5	231,98	28,7	271,1	28,6
RH7 – Guadiana	174,31	40,7	334,05	61,5	508,76	62,9	601,94	63,5
RH8 – Ribeiras do Algarve	46,77	10,9	59,53	11,0	68,24	8,4	74,31	7,8
Total – Origens Superficiais	428,67	100,0	543,24	100,0	808,98	100,0	947,35	100,0

Fonte: NEMUS-ECOSSISTEMA-AGRO.GES (2012) e NEMUS-HIDROMOD-AGRO.GES (2011) (com cálculos adicionais)

Em suma, a formulação de cenários prospetivos possibilitou vislumbrar um crescimento, a médio prazo, das necessidades de consumo de água de cerca de 85% no sul de Portugal, passando dos 700 hm³/ano na situação de referência (2009) para quase 1.300 hm³/ano caso os efeitos esperados de diversos investimentos em curso se concretizem plenamente (empreendimento de fins múltiplos de Alqueva, novas unidades industriais em Sines, entre outros projetos). Foi, ainda, possível quantificar em que medida as massas de água superficiais serão comparativamente mais pressionadas do que os aquíferos no futuro.

6. Avaliação Custo-Eficácia de Medidas Ambientais

Como se referiu na introdução, a prévia avaliação custo-eficácia dos programas de medidas a inserir nos PGBH constituía uma das componentes obrigatórias da Análise Económica das Utilizações da Água. Para o efeito, foi desenvolvido um método próprio que possibilita ponderar os custos das medidas propostas com os respetivos efeitos esperados na melhoria do estado das massas de água (NEMUS-ECOSSISTEMA-AGRO.GES, 2012) (NEMUS-HIDROMOD-AGRO.GES, 2012).

A Análise Custo-Eficácia (ACE) é um procedimento de avaliação monocritério que possibilita ordenar medidas ou acções que cumpram determinados objectivos de eficácia ambiental unicamente com base no respectivo custo. Na prática, esta técnica permite comparar o valor relativo de diferentes medidas, partindo do princípio que as medidas em avaliação são comparáveis e sucedâneas entre si no que se refere aos efeitos ambientais. Ou seja, o critério custo-eficácia classifica de igual modo uma medida que produza um determinado efeito ambiental (por exemplo, o alcançar-se o «bom estado» numa massa de água em 2015) com um custo x e duas medidas com o mesmo efeito cumulativo e com um custo parcial de $x/2$ (ou, de forma mais geral, com custo total x).

Na sua forma mais comum, a ACE é utilizada para comparar medidas novas com as medidas em curso ou previstas no horizonte de planeamento, mediante a utilização da seguinte fórmula geral:

$$RCE = (\text{Custo medida nova} - \text{Custo medida atual}) / (\text{Efeito medida nova} - \text{Efeito medida atual}) \quad (1)$$

Fixada a situação de partida, o objetivo da ACE consiste, assim, em observar as variações do Rácio Custo-Eficácia (RCE) para várias medidas alternativas ou combinações das mesmas, utilizando como critério de avaliação a minimização do RCE, que privilegia as medidas com menor custo para idêntico nível de eficácia ou, equivalentemente, as medidas mais eficazes com idêntico custo.

No caso concreto de um PGBH, as componentes chave da ACE são os custos e efeitos potenciais nas massas de água das medidas propostas (e das respetivas combinações), em especial no que concerne ao alcançar-se o «bom estado» (ou o «bom estado potencial») no horizonte de 2015. O objetivo da ACE será, então, isolar o programa de medidas que assegure a melhor relação custo-eficácia e que possa, simultaneamente, conduzir ao «bom estado» em 2015 ao nível do maior número de massas de água.

Tal passou por identificar, massa de água a massa de água (que não alcançará o «bom estado» em 2015 unicamente por via das medidas já em curso), o subconjunto de medidas com menores RCE e que possibilite (eventualmente) cumprir a 100% o objetivo do «bom estado», pondo de parte as medidas com maiores RCE e que são redundantes para que esse estado seja alcançado – salvo se se tratassem de

medidas de base e/ou que resultassem de imperativos legais. Nesse processo iterativo foram mantidas as medidas não redundantes para alcançar o «bom estado» em outras massas de águas.

Naturalmente, quando um determinado programa de medidas era insuficiente para se alcançar o «bom estado» em determinada massa de água, o critério custo-eficácia não «eliminou», à partida, as medidas que contribuíssem positivamente para esse objetivo ambiental, inclusive as medidas adicionais, suplementares ou outras, bem como as medidas cujos efeitos se dispersavam por múltiplas massas de águas (logo, com RCE tendencialmente elevado ao nível de cada massa concreta), designadas (por comodidade) como medidas gerais (e.g. ações de formação).

Na prática, o critério custo-eficácia aplicado nos PGBH da RH6, RH7 e RH8 apenas selecionou as medidas adicionais, suplementares e outras que se revelaram não redundantes para que se alcance o «bom estado» em pelo menos uma massa de água, assumindo que as medidas de base e/ou que resultam de imperativos legais serão, em princípio, concretizadas independentemente da sua relação custo-eficácia.

Com propósito meramente ilustrativo, no Quadro 5 listam-se as medidas não redundantes para que se alcance o «bom estado» nas massas de água da RH8 – Ribeiras do Algarve de acordo com o critério custo-eficácia, e também as «medidas redundantes» por não terem sido selecionadas pelo método custo-eficácia (medidas muito caras e/ou com reduzido impacte na melhoria das massas de água que não alcançam o «bom estado» em 2015 e/ou com efeitos sobretudo ao nível de massas de água que não estão nessa situação) (cf. designação das medida em anexo):

Quadro 5 – Medidas não redundantes e redundantes para que se alcance o «bom estado» das massas de água de acordo com o critério custo-eficácia (*min RCE*) – RH8 (exemplo ilustrativo)

Tipo de Medida		Medidas	
		Não Redundantes	Redundantes
Medidas de Base		Spf11/Sbt14 (10.612) Sbt5 (21.779) Spf6/Sbt9 (38.585) Spf3/Sbt6 (70.968) Spf5/Sbt8 (76.364) Spf2 (85.000) Sbt2 (105.882) Spf7 (243.750) Spf10/Sbt13 (266.667) Spf12/Sbt15 (283.951) Spf8 (333.333) Spf4/Sbt7 (2.101.394) Spf9 (19.000.000) Spf1/Sbt1 (22.250.000)	Sbt3 Sbt4 Sbt10 Sbt11 Sbt12
Medidas Suplementares, Adicionais e Outras	Decorrentes de imperativos legais	Spf20 (66.667) Spf13 (2.000.000) Spf22/Sbt24 (5.160.891) Spf23 (17.142.858)	-
	Outras medidas	Sbt23 (18.182) Spf19 (28.846) Sbt20 (84.884) Spf18 (118.987) Spf17 (282.000) Spf14/Sbt16 (272.727) Spf15/Sbt19 (538.760) Spf24/Sbt25 (600.000) Spf21 (5.720.690)	Sbt17 Sbt18 Sbt21 Sbt22 Spf16

Notas: entre parênteses, indica-se o RCE das medidas não redundantes para que se alcance o «bom estado» em 2015; em cada célula, as medidas foram ordenadas decrescentemente de acordo com o seu RCE, de modo a identificar, em primeiro lugar, aquelas que cumprem mais facilmente o critério custo-eficácia; no quadrado a cinza identificam-se as medidas excluídas do programa, resultantes da aplicação desse mesmo critério; em anexo, apresenta-se a descrição de cada código de medida
Fonte: NEMUS-HIDROMOD-AGRO.GES (2012)

De imediato é possível verificar que a maior parte do programa de medidas proposto para a RH8 é, de facto, não redundante para que se alcance o «bom estado» ao mais baixo custo (27 medidas num total de 37 propostas, ou seja, 73%). Em particular, a maior parte das medidas suplementares, adicionais e outras que não resultam de imperativos legais passaram o critério custo-eficácia, reportando-se as únicas exceções a algumas medidas suplementares associadas, sobretudo, a massas de água subterrânea (códigos com prefixo «Sbt» inseridos no quadrado a cinza do Quadro 5). Os resultados da ACE para os programas de medidas propostos para a RH6 e RH7 são comparáveis, evidenciando a respetiva relevância de uma forma geral, com redundâncias pontuais.

De acordo com o guia elaborado pelo WATECO Group (2002), a principal missão da ACE passa por proporcionar informação de valor acrescentado para o processo de tomada de decisão, seguindo uma lógica construtiva e interativa, aplicável a uma vasta gama de medidas inseridas nos PGBH. Tal significa que os resultados acima apresentados (a título ilustrativo) devem ser encarados como um elemento facilitador, entre outros, do processo de tomada de decisão, e não como uma solução «óptima» ou absoluta.

7. Discussão dos Resultados e Conclusões

As Regiões Hidrográficas 6, 7 e 8, fruto da sua heterogeneidade e complementaridade, revelaram-se um bom «banco de ensaio» para o desenvolvimento de metodologias inovadoras em sede da Análise Económica das Utilizações da Água dos PGBH, provavelmente mais difíceis de testar em outras regiões hidrográficas de Portugal.

Em particular, foi possível desenvolver uma análise de cenários prospetivos que não se limitou a apresentar um conjunto de «grandes tendências» de natureza sectorial ou regional mas volumes concretos relativos a diferentes níveis de consumo futuro de água. Esses volumes foram discriminados sectorialmente e, por via da consideração dos volumes captados e desviados/transferidos entre bacias, foi também possível estimar as pressões sobre as massas de água de cada região hidrográfica, que podiam resultar das necessidades de consumo da própria região ou de outras regiões.

Na presente conjuntura de (grande) incerteza em termos de evolução económica e social, esse exercício possibilitou «balizar» diferentes futuros possíveis no que concerne a necessidades de consumo e pressões sobre as massas de água, facilitando o planeamento e a gestão proactiva dos recursos hídricos.

Da aplicação de um método custo-eficácia adaptado ao planeamento dos recursos hídricos foi, ainda, possível confirmar a pertinência da maioria das medidas ambientais propostas pelos referidos PGBH, inclusive das medidas que visam promover a eficiência e maiores níveis de recuperação de custos – que serão crescentemente importantes dados os resultados do exercício prospetivo antes referidos bem como fenómenos relacionados com as alterações climáticas, como a maior frequência de secas extremas.

8. Agradecimentos

Os trabalhos desenvolvidos nos Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica do Sul de Portugal envolveram uma vasta equipa de especialistas em diferentes áreas do conhecimento, cujo esforço, empenho e dedicação foram essenciais para concretizar as metas e os objetivos estabelecidos no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água. A equipa agradece e destaca os contributos e a estreita articulação com as equipas de Agronomia, Recursos Hídricos Superficiais, Hidrogeologia e Economia, entre outras especialidades.

Por fim um particular agradecimento às Administrações de Região Hidrográfica do Alentejo e do Algarve e aos seus técnicos, que acompanharam em permanência as diferentes fases de desenvolvimento dos trabalhos.

9. Referências bibliográficas

- BELAUSTEGUIGOITIA, J. C. "Causal Chain Analysis and Root Causes: The GIWA Approach". *Ambio*, Vol. 33, 1-2. Royal Swedish Academy of Sciences. Fevereiro 2004 (Disponível em: http://www.unep.org/dewa/giwa/publications/articles/ambio/article_2.pdf).
- BROUWER, R. "Baseline scenario development and its application in the risk analysis in the Scheldt basin". *Deuxième séminaire international sur l'analyse économique de la Directive Cadre sur l'Eau*, organizado por l'Agence de l'eau de Seine Normandie e Direction régionale de l'Environnement d'Ile-de-France em coordenação com a Comissão Europeia. Paris (França). 17-18 Fevereiro 2005 (Disponível em: http://www.iledefrance.environnement.gouv.fr/directivecadre/seminaire/Doc_site_colloque_eco/documents/Jedi%2017%20-%20Session%20B/brouwer_alii_pres.pdf).
- EEA. *Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought*. Luxemburgo. Agência Europeia do Ambiente. 2009.
- KRISTENSEN, P. "The DPSIR Framework". *A comprehensive/ detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin approach (workshop)*. UNEP, Nairobi (Quênia). 27-29 de Setembro 2004 (Disponível em: http://enviro.lclark.edu:8002/rid=1145949501662_742777852_522/DPSIR%20Overview.pdf).
- NEMUS-ECOSSISTEMA-AGRO.GES. *Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas integradas na Região Hidrográfica do Sado e Mira (PGBH da RH6) e do Guadiana (RH7)*. Relatório Técnico específico para efeitos de envio à Comissão Europeia. 2012. 260 pp.
- NEMUS-HIDROMOD-AGRO.GES. *Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas que integram a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8)*. Relatório Técnico específico para efeitos de envio à Comissão Europeia. 2012. 284 pp.
- RIBEIRO, J. M. F.; CORREIA, V. M. S.; CARVALHO, P. *Prospectiva e Cenários – Uma breve introdução metodológica*. Série "Prospectiva – Métodos e Aplicações", 1. Lisboa. Departamento de Prospectiva e Planeamento. 1997.
- SMAP. *DPSIR Framework: An introductory Guide*. SMAP – Environmental & Sustainable Development in the Mediterranean Region. ERM. Sem data (disponível em: <http://www.smap.eu/DOC/factsheets/DPSIR%20framework.pdf>).
- WATECO Group. *Economics and Environment: The implementation challenge of the Water Framework Directive – A Guidance Document*. Comissão Europeia – WATer ECOnomics Working Group. Agosto 2002 (disponível em: http://dqa.inag.pt/dqa2002/port/docs_apoio/internacionais.html).

ANEXO – Programa de Medidas Proposto para a RH8 – Ribeiras do Algarve

Tipologia	Código	Designação da Medida
Base	Spf1/Sbt1	Ferramentas de apoio à aplicação da legislação nacional e comunitária de proteção da água
Base	Spf2	Proteção das captações de água superficial
Base	Sbt2	Proteção das captações de água subterrânea
Base	Sbt3	Plano de prevenção para situações de intrusão de água marinha
Base	Sbt4	Proteção das zonas de infiltração máxima
Base	Sbt5	Proteção das zonas vulneráveis
Base	Spf3/Sbt6	Melhoria do inventário de pressões
Base	Spf4/Sbt7	Medida de redução e controlo das fontes de poluição pontual
Base	Spf5/Sbt8	Redução e controlo das fontes de poluição difusa
Base	Spf6/Sbt9	Reforço da fiscalização das atividades suscetíveis de afetar as massas de água
Base	Spf7	Melhoria das condições hidromorfológicas
Base	Spf8	Reformulação das redes de monitorização da qualidade da água
Base	Spf9	Reformulação das redes de monitorização da quantidade da água
Base	Sbt10	Controlo da exploração e prevenção da sobre-exploração das massas de água subterrânea
Base	Sbt11	Reformulação das redes de monitorização piezométrica e de qualidade das massas de água subterrânea
Base	Sbt12	Desenvolvimento de estudos para definição e implementação de rede de monitorização das nascentes e dos ecossistemas dependentes das massas de água subterrânea
Base	Spf10/Sbt13	Prevenção e minimização dos efeitos de poluição acidental
Base	Spf11/Sbt14	Melhoria da eficiência dos usos da água
Base	Spf12/Sbt15	Recuperação de custos dos serviços da água, custos ambientais e de escassez
Suplementar	Spf13	Elaboração de legislação
Suplementar	Spf14/Sbt16	Definição de códigos de boas práticas e guias de orientação técnica
Suplementar	Sbt17	Proteção e valorização das águas subterrâneas
Suplementar	Sbt18	Medida de controlo da recarga artificial de aquíferos
Suplementar	Spf15/Sbt19	Sensibilização e formação
Suplementar	Spf16	Reavaliação da delimitação de determinadas massas de água superficial
Suplementar	Spf17	Melhoria do conhecimento sobre o estado e usos potenciais das massas de água superficiais
Suplementar	Spf18	Melhoria do conhecimento sobre o estado de conservação e usos potenciais dos habitats aquáticos e terrestres dependentes de água
Suplementar	Spf19	Reavaliação dos tipos de massas de água superficiais
Suplementar	Sbt20	Melhoria do conhecimento sobre estado e usos potenciais das massas de água subterrânea
Suplementar	Spf20	Reavaliação dos limiares da qualidade de água superficial
Suplementar	Sbt21	Avaliação das relações água subterrânea/ água superficial e ecossistemas dependentes
Suplementar	Sbt22	Reavaliação da individualização de determinadas massas de água subterrânea
Suplementar	Sbt23	Reavaliação de limiares de qualidade para as massas de água subterrânea onde ocorrem enriquecimentos naturais de determinadas substâncias
Outras	Spf21	Conservação e reabilitação da rede hidrográfica e zonas ribeirinhas, da zona costeira e estuários e das zonas húmidas
Outras	Spf22/Sbt24	Adaptação aos fenómenos hidrometeorológicos extremos
Outras	Spf23	Medida de proteção contra rotura de infraestruturas hidráulicas
Adicional	Spf24/Sbt25	Avaliação do sucesso das medidas

Fonte: NEMUS-HIDROMOD-AGRO.GES (2012)