Estudo: Avaliação das disponibilidades hídricas atuais e futuras e aplicação do Índice de escassez WEI+

A utilização sustentável das águas, em especial nos seus aspetos quantitativos, constitui um verdadeiro desafio para a gestão dos recursos hídricos, tendo em conta os usos atuais e futuros e a sua conjugação com os cenários de alterações climáticas.

Para responder a essa situação, além de uma gestão mais eficiente da capacidade de armazenamento já existente, devem ser tomadas medidas do domínio da eficiência de utilização da água, potenciando a reutilização, garantindo os caudais ecológicos e ambientais, conduzindo à redução dos consumos globais em zonas de maior escassez hídrica.

No contexto das alterações climáticas, o agravar dos fenómenos extremos, relevam ainda mais, a necessidade da definição de uma estratégia clara de conhecimento das disponibilidades e de adequar as necessidades de forma sustentável.

As secas e a escassez de água são problemas crescentes na Europa, como consequência dos efeitos das alterações climáticas, que têm implicado tanto o aumento da temperatura média global como o aumento da frequência e intensidade dos fenómenos climáticos extremos, tais como inundações e secas.

Durante a Presidência Portuguesa do Conselho da União Europeia no primeiro semestre de 2021 foi colocada no topo da agenda política europeia a problemática da escassez de água e das secas no contexto da adaptação às alterações climáticas e da necessidade de se acordar medidas concretas para fazer face a essa situação e mobilizar financiamento para tornar essas mesmas medidas possíveis.

Com efeito, a água tem um papel ímpar nos impactes da mudança do clima. É um elemento estruturante em diversos domínios, tais como a agricultura, as florestas, a biodiversidade, a indústria, a energia, as pescas, as cidades, a saúde e o turismo, pelo que a mudança tem de envolver todos.

As mudanças nos padrões de precipitação, conjugadas com o aumento das temperaturas médias, já estão a agravar significativamente as pressões existentes sobre a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, situação que será previsivelmente exacerbada num futuro não muito longínquo.

O desenvolvimento económico, a saúde humana e os ecossistemas estão inseparavelmente ligados à disponibilidade e à qualidade da água. O Pacto Ecológico Europeu e as suas iniciativas vieram estabelecer o quadro e dar o ímpeto necessário para a UE avançar com uma agenda ambiciosa sobre a gestão da quantidade de água, com base nas conclusões das avaliações recentes da água e na aplicação da nova legislação neste domínio.

Na sequência da adoção da nova Estratégia da UE para a Adaptação às Alterações Climáticas, e por solicitação do Parlamento Europeu, foi lançado pela Comissão Europeia o projeto Observatório Europeu da Seca para a Resiliência e Adaptação (EDORA, no acrónimo em inglês), com o objetivo principal de melhorar a resiliência e a adaptação às secas em toda a UE.

A posição geográfica de Portugal continental é propícia à ocorrência de situações de seca. Efetivamente tem-se assistido a um incremento da frequência e da intensidade das situações de seca, sobretudo nas duas últimas décadas do século XX e nas primeiras décadas do século XXI.

Dos 30 anos mais quentes em Portugal continental no período de 1931 a 2020, verifica-se que 21 ocorreram depois de 1990 e 13 desde de 2000. O ano de 1997 foi o mais quente seguido pelo ano de 2017. O aumento da temperatura e a diminuição do número de anos húmidos nas últimas duas décadas têm provocado:

- Menor reposição dos volumes de água armazenados quer nas albufeiras quer nas águas subterrâneas;
- Dificuldades em atingir o Bom estado das massas de água;
- Aumento da temperatura e intensificação das atividades têm implicado um aumento dos consumos.

Para Portugal de acordo com os cenários climáticos mais gravosos (RCP 8.5, IPCC AR5), o aumento da temperatura pode chegar a +5°C em 2100 (aplicável a temperaturas mínimas, médias e máximas), particularmente durante o verão e no interior de Portugal. As temperaturas elevadas estão relacionadas com o aumento substancial de dias muito quentes (Tmax ≥ 35°C), especialmente no interior sul, o aumento do número de noites tropicais (Tmin ≥ 20°C) e com as ondas de calor mais longas, especialmente no interior nordeste. No cenário menos gravoso (RCP 4.5), os aumentos de temperatura média poderão variar entre 2°C a 3°C.

Os padrões de precipitação também deverão enfrentar alterações, com redução importante dos valores anuais em todo o território, apesar do aumento da precipitação em dezembro/janeiro (particularmente para o período 2041-2070). Desta forma, é de esperar a extensão da estação seca do verão para a primavera e outono. Ainda assim, essa redução da precipitação não é superior aos desvios positivos da variabilidade inter-anual, verificando-se então que apesar dessa tendência haverá anos com mais precipitação do que a normal climática de 1971-2000.

Os impactos das alterações climáticas sobre a água fazem-se sentir tanto do lado da oferta de água, como do lado da sua procura.

No que respeita à oferta, as alterações climáticas provocam uma modificação do regime de precipitações que conduz a variações do volume e da distribuição temporal das disponibilidades de água superficiais e subterrâneas;

Do lado da procura de água, ocorrem alterações dos volumes de água consumidos pelas diversas atividades utilizadoras e modificações da distribuição temporal destes consumos;

Deste modo, é urgente promover a manutenção da disponibilidade de água e a qualidade de serviço, através de uma gestão interanual das disponibilidades hídricas, da adoção de medidas de eficiência hídrica em todos os setores económicos e do aumento da resiliência das disponibilidades hídricas das regiões.

A utilização de origens alternativas de água como águas para reutilização (ApR), dessalinização, interligações entre sistemas, novas barragens (mediante estudos atuais) é cada vez mais necessária, permitindo diminuir a pressão sobre as massas de água e promover que os objetivos ambientais definidos sejam atingidos.

Impunha-se assim o desenvolvimento, por parte da Autoridade Nacional da Água, de um estudo que reunisse a melhor informação disponível e que fizesse uma avaliação das disponibilidades existentes e futuras bem com determinasse o índice de escassez por bacia e por sub-bacia de forma a efetivamente se poder ter um referencial para o licenciamento e que servisse de base para o planeamento dos setores dependentes da água.

O estudo realizado, em articulação com o meio científico e com a participação dos melhores especialistas nacionais, utilizou a melhor informação disponível, articulando-se com diferentes entidades e garantindo desde logo a ligação aos estudos, que estão a ser também realizados pela APA, relativos ao Roteiro Nacional para a Adaptação 2100.

O estudo realizado inclui:

- **Avaliação anual e mensal das disponibilidades hídricas superficiais em regime natural em ano húmido, médio e seco**; - A avaliação das disponibilidades hídricas superficiais em regime natural foi realizada recorrendo aos resultados da modelação hidrológica que produziu séries de escoamento mensal a partir das séries de precipitação e de evapotranspiração potencial (ETP) mensal que foi calculada pela fórmula de Hargreaves. Adotou-se um modelo distribuído matricial com uma resolução espacial de 1 km x 1 km e uma escala temporal mensal que implementa o modelo de Temez, regularmente usado por Espanha. Foram consideradas 3818 estações de precipitação e 438 estações de temperatura. Foram usadas 221 estações hidrométricas em Portugal e Espanha para calibrar e validar o modelo de Temez. A série de dados compreende o período 1930-2015.
- **Avaliação das disponibilidades hídricas para vários cenários climáticos**. Os cenários climáticos de precipitação e temperatura considerados na avaliação das disponibilidades hídricas futuras foram obtidos do projeto EURO-CORDEX, utilizando-se os 13 modelos num Ensemble. Estes cenários climáticos foram compatibilizados com os estudos associados ao Roteiro Nacional Adaptação 2100. As disponibilidades hídricas futuras, em regime natural, foram calculadas correndo o modelo hidrológico, já calibrado e validado, com estes cenários climáticos. Foram calculadas as anomalias da precipitação mensal média, em %, e das temperaturas mensais mínima e máxima, em ºC, para os períodos 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100 e para duas trajetórias de emissão RCP4.5 e RCP8.5, em relação a um período histórico de 1971 a 2000. A evapotranspiração potencial (ETP) mensal foi calculada pela fórmula de Hargreaves usando o resultado da soma das temperaturas mensais históricas (de outubro de 1930 a setembro de 2016) às anomalias da temperatura média e a diferença entre as temperaturas máximas e mínimas mensais somadas com as anomalias respetivas destas temperaturas para cada período e RCP, tendo-se obtido seis cenários de ETP mensais.
- **Avaliação do uso da água pelos setores**. A determinação dos volumes de água captados – quantidade de água extraída do meio hídrico superficial e subterrâneo para fins específicos – é habitualmente baseada na informação patente nos TURH e utilizada no cálculo da Taxa de Recursos Hídricos. No entanto, para alguns setores/usos, como o setor agrícola – que inclui a rega e a pecuária – e o golfe, a informação é escassa, face à realidade, tornando-se necessário recorrer as estimativas desses volumes. Para determinar a superfície regada utilizou-se o Recenseamento Agrícola 2019. Os dados do recenseamento incluem a superfície regada de culturas temporárias, de culturas permanentes e de pastagens permanentes segundo o método de rega, por freguesia, o que significa que é possível conhecer a superfície regada por freguesia, mas não onde ela se localiza exatamente. Nesse sentido, foi desenvolvida uma metodologia de espacialização (algoritmo em Visual Basic), que usa as delimitações conhecidas dos aproveitamentos hidroagrícolas da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de Portugal

continental para 2018 (DGT, 2019) para distribuir a superfície regada dentro de cada freguesia. A superfície regada em cada freguesia foi atribuída, em primeiro lugar, às áreas inseridas em AH e depois a áreas exteriores aos AH, mas definidas como agrícolas na COS. Este procedimento foi realizado para várias classes de culturas: culturas temporárias, culturas permanentes, pastagens permanentes e as subdivisões possíveis/pertinentes dentro destas, considerando a correspondência com as classes de nível 3 da COS. Assegurou-se que os valores por freguesia do RA 2019 foram respeitados e procurou-se, sempre que possível, respeitar a distribuição espacial das várias classes da COS. O resultado do algoritmo é uma shapefile de polígonos obtida pela intersecção dos limites de freguesia, com os limites dos AH e das classes do COS. Cada polígono tem como atributos a freguesia, o AH (se for o caso), a classe (de nível 3) da COS, e a percentagem de área regada por classe de cultura do RA. No anterior Recenseamento Agrícola (2009 – INE, 2011) tinham sido identificados 464 627 ha de superfície regada: 277 mil ha de culturas temporárias, 135 mil ha de culturas permanentes e 52 mil ha de pastagens permanentes. Em 2019 foram identificados 561 452 ha de superfície regada: 258 mil ha de culturas temporárias, 254 mil ha de culturas permanentes e 49 mil ha de pastagens permanentes. O valor da dotação cultural foi obtido na DGADR (2018) que define a dotação de referência de cada cultura para diferentes métodos de rega e três regiões climáticas. Atendendo que é a Autoridade nacional do Regadio não havia como usar uma informação diferente, sendo que foi complementada também por informação cedida pela EDIA. No que diz respeito à distribuição mensal dos volumes captados, considerou-se uma distribuição distinta para culturas (e pastagens) permanentes e culturas temporárias. Considerou-se que as perdas no transporte e distribuição da água, associadas a sistemas de adução e distribuição constituídos essencialmente por canais e grandes adutores, em geral com grande desenvolvimento, retornam para águas superficiais. E que, por outro lado, nas perdas ao nível da parcela, o escoamento superficial será negligenciável e os retornos dar-se-ão sobretudo por infiltração, para águas subterrâneas. As quantidades de água consumidas pela pecuária foram estimadas tendo por base a informação disponibilizada pela DGAV, para o ano de 2019, sobre o efetivo pecuário por exploração e respetiva localização. O estudo do setor do golfe foi desenvolvido com recurso ao método desenvolvido pela United States Golf Association (USGA) (Gross & Hartwiger, 2016) que estima as quantidades de água consumidas por um campo de golfe, a partir da evapotranspiração potencial e precipitação usada pela relva.

- **Avaliação anual e mensal das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas em regime modificado em ano húmido, médio e seco –** Determinação do índice de escassez WEI+ - utilização do Modelo MIKE. As principais bacias hidrográficas de Portugal continental foram representadas através de uma rede de arcos e nós que inclui os cursos de água e as suas sub-bacias hidrográficas, as infraestruturas de armazenamento e de adução de água (barragens, albufeiras e canais) e os locais de consumo de água. Os dados de entrada do modelo incluem as séries de escoamento mensal em regime natural nos vários cursos de água e as séries de recarga mensal das várias unidades hidrogeológicas, resultantes da modelação hidrológica e das necessidades identificadas. A calibração do modelo incluiu a aferição das regras de operação das várias infraestruturas e resultou da comparação dos escoamentos mensais e dos volumes armazenados nas albufeiras calculados pelo modelo com os registos de monitorização dessas variáveis. Os resultados do modelo incluem as séries

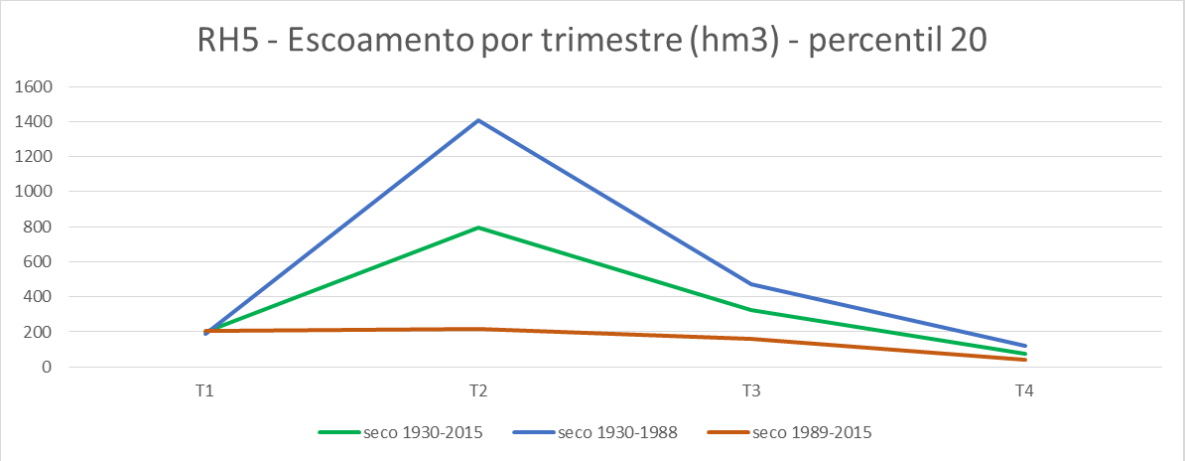
de volume armazenado nas albufeiras e nas massas de água subterrâneas, assim como o escoamento em regime modificado que flui em cada curso de água e os volumes de água fornecido a cada uso de água. A partir destes resultados foi possível determinar indicadores de desempenho que avaliam a capacidade do sistema em satisfazer as necessidades de água, nomeadamente a garantia de abastecimento ou o déficit médio, em caso de incumprimento dos objetivos de abastecimento. A escassez de água define-se como a carência de recursos hídricos disponíveis face ao que seriam os suficientes para atender às necessidades de água numa região. A escassez de água pode ser agravada pela poluição da água (reduzindo a adequação para diferentes usos da água) e durante os episódios de seca. O WEI+ é definido como a razão entre o volume total de água captado e as disponibilidades hídricas renováveis. O índice WEI+ é calculado de forma sequencial para todos os meses de um período de simulação, sendo por regra apresentado como médias do valor que assume em cada mês, mês mais seco, trimestre ou ano. O índice de escassez WEI+ varia entre o valor 0%, representando uma situação de uso limitado dos recursos hídricos, e o valor de 100%, representando uma situação de escassez hídrica crítica. Todo o projeto e o cálculo do índice de escassez hídrica WEI+ foi desenvolvido em ambiente SIG.

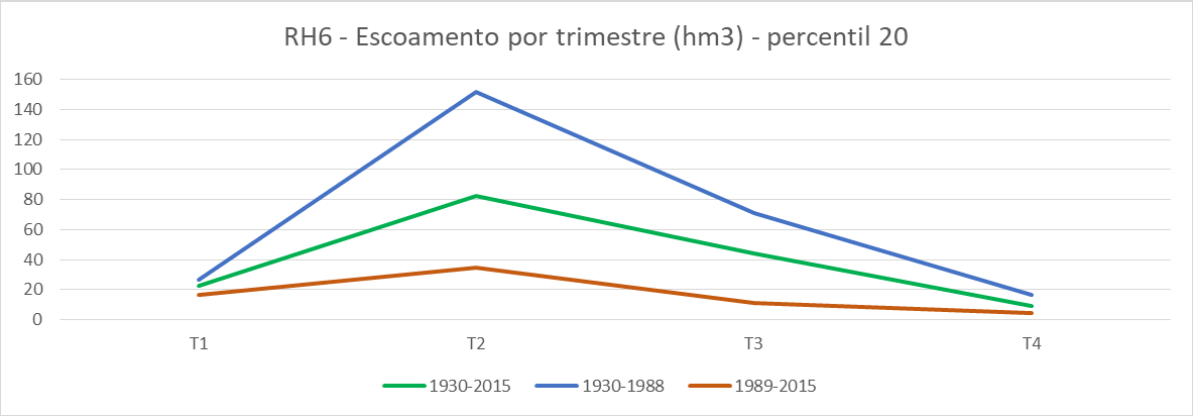
- **Orientações para o licenciamento.** Com base nas disponibilidades hídricas existentes mensalmente, em ano seco e médio (o tipo de anos que desde 2000 têm sido os mais frequentes), retirando os caudais ecológicos nas águas superficiais e os caudais ambientais nas águas subterrâneas, foi calculado o índice de escassez que ilustra o stress hídrico nas bacias. Esta será a base para a avaliação dos novos pedidos de captação ou para a revisão dos já atribuídos e que não tenham sustentabilidade. Os 16 modelos desenvolvidos no Mike Basin estão disponíveis na APA para realizar as simulações que se venham a tornar relevantes no futuro.

É preciso ter em conta que no que respeita à precipitação anual em Portugal continental, verifica-se que desde o início deste século, a magnitude das anomalias negativas face aos valores médios de precipitação superou fortemente as anomalias positivas registadas nos anos mais chuvosos. Confirma-se assim a tendência de redução da precipitação preconizada nos modelos climáticos. A redução da precipitação reduzirá os caudais dos rios, intensificará os eventos de seca e a pressão de desertificação e promoverá a perda de biodiversidade associada à alteração da estrutura e dinâmica dos ecossistemas.

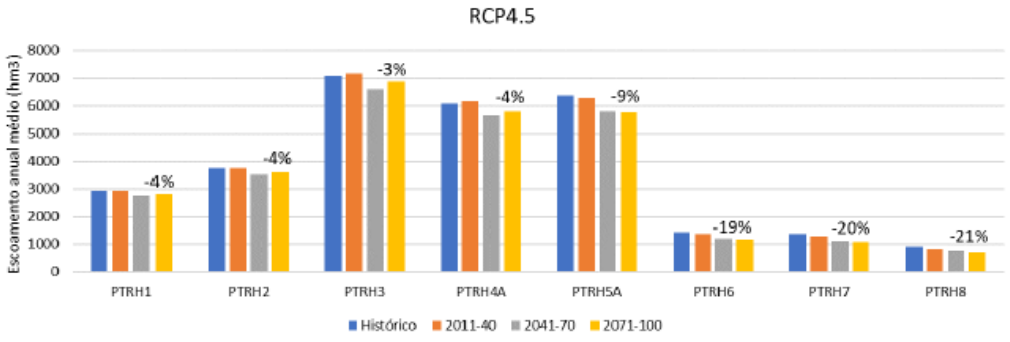
O estudo demonstra que desde 2000 apenas têm ocorrido anos médios e secos não se observando os picos de anos húmidos que ocorriam no século passado. Consequentemente observa-se uma diminuição de 12% a 15%, em média, podendo em algumas regiões atingir um valor mais elevado.

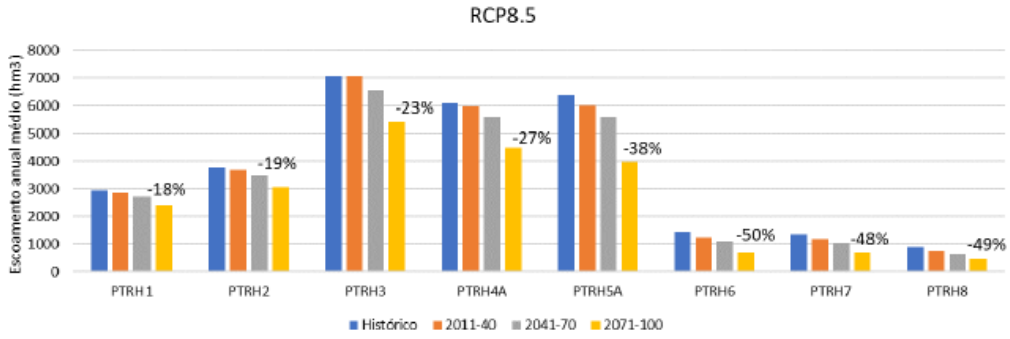
Esta diminuição da precipitação, e a não ocorrência nos últimos vinte anos de anos húmidos, e o aumento crescente da temperatura tem tido como consequência uma diminuição das disponibilidades hídricas quer em regime natural quer na reposição do armazenamento nas albufeiras e águas subterrâneas. O estudo demonstra claramente a redução nos últimos anos do escoamento em regime natural quando comparado com o século anterior. A título de exemplo apresentam-se a RH do Tejo e Oeste e a RH do Sado e Mira



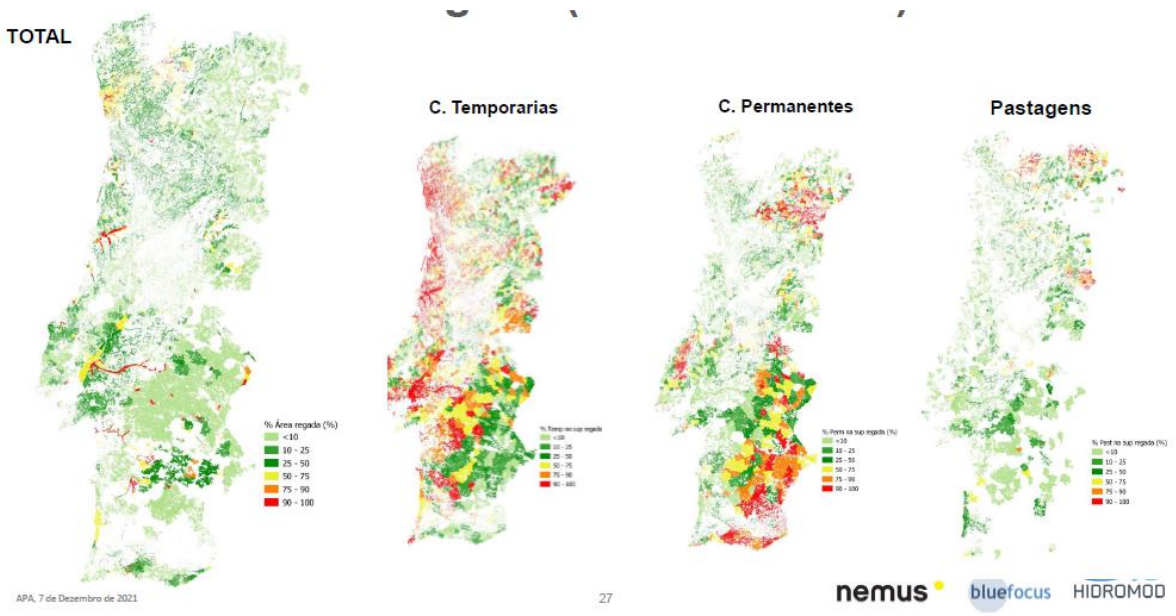


Com as alterações climáticas as tendências de diminuição do escoamento, nomeadamente para o cenário RCP8.5, são ainda mais gravosas, particularmente nas bacias a sul do Tejo





Existe ainda um *deficit* de conhecimento das utilizações existentes que importa melhorar, nomeadamente ao nível da agricultura, pois só com um conhecimento mais sistematizado das utilizações deste setor (público e privado) será possível ter uma resposta mais efetiva. De qualquer forma, a metodologia realizada permitiu efetivamente mapear as áreas regadas com base na informação atualizada do RA2019 e dos COS2018, em termos de ocupação espacial. Para o cálculo dos consumos e das perdas, para além da informação reportada no âmbito da TRH (que serviu para calibração em algumas situações do aproveitamentos agrícolas), utilizou-se a informação da autoridade nacional do regadio, das DRAP e da EDIA.



Notas finais:

- Nas últimas décadas a precipitação em Portugal e Espanha diminui cerca de 15%, prevendo-se que diminua entre 10% a 25% até ao final do século.
- Não existe neste século a mesma água disponível que existia em meados do século passado, tendo havido uma redução de cerca de 20%, por isso os projetos a implementar têm de ser revistos à luz desta nova informação.
- Os volumes captados em média em Portugal rondam os 6000 hm3, dos quais 70% pela agricultura.
- O índice de escassez agravou-se em todas as bacias, comparativamente ao que tinha sido calculado para o 2.º ciclo de planeamento, fru da diminuição das disponibilidades mas também do aumento dos consumos, atingindo valores muito elevados (escassez severa) em algumas regiões hidrográficas, nomeadamente RH6, RH7 e RH8.
- A manutenção contínua das redes de monitorização da APA, do IMPA são fundamentais para melhor suportar os modelos hidrológicos desenvolvidos.
- Melhorar a monitorização dos volumes captados e das perdas pelos diferentes setores, disponibilizando-os à administração, nomeadamente a agricultura e a pecuária, é um requisito essencial para um conhecimento mais real das necessidades de água.

- A compatibilização das necessidades setoriais com as disponibilidades hídricas existentes é um duplo desafio na gestão de água. Este duplo desafio passa por assegurar a eficiência na oferta e incentivar a eficiência na procura.
- A variabilidade climática sazonal e interanual traduz-se numa grande variabilidade das disponibilidades hídricas, ao longo do território e do tempo, que se vão agravar com as alterações climáticas.
- A gestão da água no lado da procura passa pelo incremento da eficiência hídrica e da redução de perdas e consumos, quer na utilização quer na gestão da água pelas entidades, com o objetivo de diminuição de recursos hídricos captados, muitas vezes em contextos de escassez.
- A gestão da água no lado da oferta passa por garantir uma utilização sustentável da água, nomeadamente em zonas de escassez, e uma qualidade da água compatível com os usos.
- As medidas de adaptação a ser implementadas têm que ser avaliadas *à priori* com uma análise custo-benefício para cada solução.
- Importa ainda salientar que a construção de novas barragens está sujeita a uma avaliação rigorosa, em termos de impacte ambiental, incluindo o disposto no artigo 4(7) da DQA (Documento Guia da Implementação Comum n.º 35) e cujo cumprimento condiciona a possibilidade de utilização de fundos comunitários, pelo que se impõe desde o início que estes estudos sejam realizados.