

Estratégias para a gestão da escassez de água com recurso a soluções digitais no Alentejo



Informação do Entregável

Número de entregável	E.2.4.3
Data de entrega establecida	Junho 2025
Fecha de entrega real	Agosto 2025
Líder do projecto	COTR

Autores		
Nome	Apelido/s	Entidade
Marta	Costa Santos	COTR
Paula	Brás	COTR
Luis	Boteta	COTR
Gonçalo	Morais Tristão	COTR

Histórico de modificações			
Versión	Fecha	Nombre	Apellido/s

INDICE

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. ADMINISTRAÇÃO HIDRÁULICA.....	8
3. DIREITOS DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA.....	II
4. PLANOS DE CONTIGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE SECA.....	13
5. ESTRATÉGIAS PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM EPISÓDIOS DE SECA	22
5.1. Estratégias de melhoria da eficiência do uso de água à escala de aproveitamento hidroagrícola	22
5.1.1. Instalações hidráulicas.....	22
5.1.2. Gestão de instalações hidráulicas	23
5.2. Estratégias para melhorar a eficiência do uso da água	23
5.2.1. Instalações de Rega	24
5.2.2. Gestão da Rega.....	25
5.2.3. Aspetos agronómicos.....	26
6. ESTRATÉGIAS DIGITAIS PARA ENFRENTAR COM MAIS EFICÁCIA OS EPISÓDIOS DE SECA	27
6.1. Inventário de culturas sobre sistemas de informação geográfica e teledeteção.....	27
6.2. Ferramentas digitais para gestão, monitorização e controlo da rega	28
6.2.1. Estimativa das necessidades de água para rega.....	29
6.2.2. Uso de sensores para apoio à decisão da rega	32
6.2.3. Teledeteção: Satélites e drones	33
6.2.4. Sistemas de medida e controlo da rega: contadores e manómetros digitais	34
6.2.5 Sistemas avançados de gestão da rega: Sistemas preditivos e Gémeos digitais.....	35
7. Referências Bibliográficas.....	36

I. INTRODUÇÃO

As alterações climáticas são, atualmente, um fenómeno inegável, confirmado pelas tendências climáticas evidenciadas pelos dados observados e pelas projeções futuras de aumento da temperatura e redução da precipitação, do consequente aumento da aridez e do aumento da frequência e intensidade dos fenómenos meteorológicos extremos (ENAAAC 2013, 2020). Merecem atenção à escala global e, em especial, nos climas mais suscetíveis tais como o clima temperado mediterrânico.

As condições climáticas mediterrânicas prevalecentes no território continental dão origem a que a água seja o principal fator limitante da produção agrícola. Apesar de a precipitação anual ser, em média, suficiente, ela não é uniformemente distribuída, apresentando grande variabilidade durante o ano (intra-anual) e entre anos (interanual). Por esta razão, é fundamental regularizar a disponibilidade e o armazenamento de água para a agricultura e para o abastecimento público (uso prioritário).

A avaliação da vulnerabilidade dos sistemas de produção é um aspeto cada vez mais considerado nos trabalhos sobre impactos e adaptação à variabilidade e alterações climáticas. O setor do regadio, no que diz respeito à variabilidade climática atual e à antecipação de vulnerabilidades futuras, representa um exemplo importante dos desafios que se colocam quando se pretende integrar múltiplos elementos numa avaliação de vulnerabilidade (Dow et al. 2007).

O regadio é uma atividade estratégica de desenvolvimento do território português, com importância decisiva na redução da vulnerabilidade dos sistemas de produção, promovendo a regularização da disponibilidade de água para as culturas. Os processos de otimização da eficiência do uso da água e do aumento da capacidade de armazenamento da mesma são aspetos essenciais como garantia de uma agricultura sustentável nas vertentes económica e ambiental.

De acordo com Pires et al. (2018) os principais impactos das alterações climáticas na agricultura são causados pelo aumento da temperatura, pelo decréscimo da precipitação, pelos fenómenos extremos de calor, pelo aumento da evaporação e pelo alargamento do período seco estival. As principais alterações de natureza agronómica far-se-ão sentir sobretudo ao nível da produtividade e das necessidades de rega das culturas.

As necessidades de rega das culturas são afetadas pela precipitação (cujo número de eventos tenderá a diminuir, embora com maior intensidade, o que acarreta maiores perdas por drenagem e escoamento superficial), pela transpiração das plantas e evaporação do solo (causadas pelo aumento da temperatura). Dado que as saídas de água do sistema são superiores às entradas, preveem-se aumentos na necessidade de rega das culturas (Rolim et al. 2017). No caso particular da agricultura de sequeiro, verificar-se-á um aumento no défice hídrico o que se traduz em quebras de produção (Rolim et al. 2017), podendo inviabilizar esta prática em algumas culturas/regiões.

Complementarmente, a produtividade das plantas é afetada quer pelo aumento da temperatura quer pelo aumento de dióxido de carbono, que apresentam consequências antagónicas (Brandão, 2006). O aumento da temperatura encurta o ciclo das culturas e consequentemente a sua produtividade. As elevadas temperaturas também aumentam a atividade metabólica das plantas, reduzindo a sua taxa fotossintética líquida. Por outro lado, o aumento do CO₂ aumenta a taxa fotossintética das folhas e, naturalmente, a produtividade.

Devido à redução prevista nos recursos hídricos disponíveis (Iglesias et al. 2005), a mudança na distribuição anual das chuvas (Moreno 2005) e nas exigências de água para a rega (Mínguez et al. 2005), haverá impacto no desempenho dos Aproveitamentos Hidroagrícolas.

Na figura 1 apresenta-se a localização dos aproveitamentos hidroagrícolas do sul de Portugal, e no quadro 1 são apresentadas as características hidráulicas das redes de adução e distribuição dos aproveitamentos hidroagrícolas, as datas da sua construção, áreas beneficiadas e capacidade total de armazenamento (hm³). A região do Alentejo tem uma capacidade total de armazenamento em regadio coletivo de 5580,80 hm³.

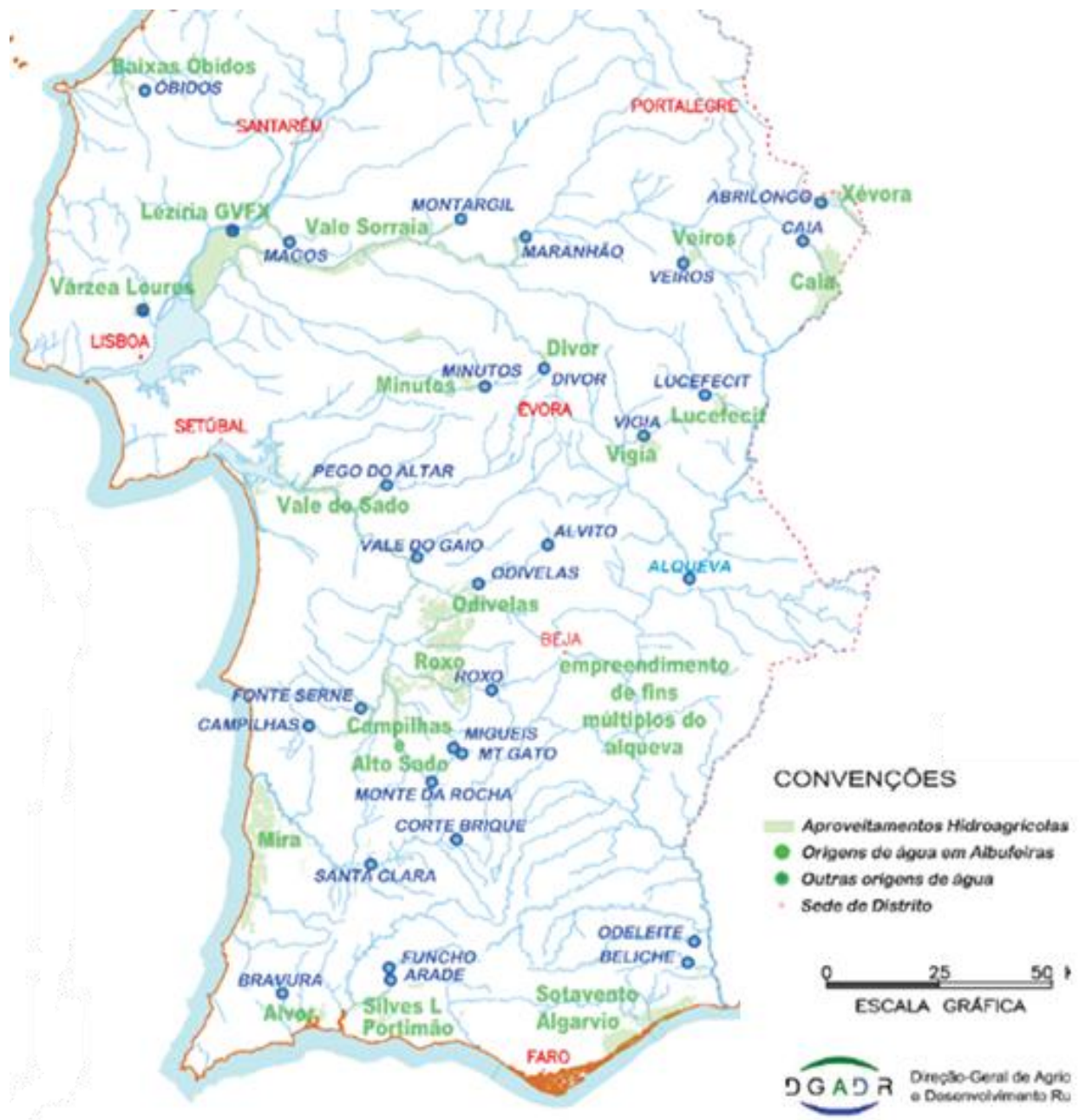


Figura 1 – Localização dos aproveitamentos hidroagrícolas do sul de Portugal
(Fonte: DGADR).

Quadro I – Aproveitamentos hidroagrícolas na região Alentejo

Aproveitamento hidroagrícola	Bacia Hidrográfica	Origem de água: Albufeira/Curso de Água	Capacidade total de armazenamento (hm ³)
Divor	Tejo	Divor	11,9
Minutos	Tejo	Minutos	52,1
Veios	Tejo	Veios	10,3
Complementar ao AH Odivelas	Sado	Alvito	132,5
Campilhas e Alto Sado	Sado	Campilhas	27,156
Campilhas e Alto Sado	Sado	Fonte Serne	5,15
Campilhas e Alto Sado	Sado	Migueis	0,9386
Campilhas e Alto Sado	Sado	Monte Gato	0,6533
Campilhas e Alto Sado	Sado	Monte de Rocha	104,5
Odivelas	Sado	Odivelas	96
Roxo	Sado	Roxo	96,311
Vale do Sado	Sado	Pego do Altar	94
Vale do Sado	Sado	Vale do Gaio	63
Mira	Mira	Corte Brique	1,636
Mira	Mira	Santa Clara	485
Xevora	Guadiana	Abrilongo	19,9
Caia	Guadiana	Caia	203
Lucefecit	Guadiana	Lucefecit	10
Vigia	Guadiana	Vigia	16,725
EFMA	Guadiana	Alqueva	4150

A reavaliação das garantias de abastecimento de água para o regadio determinadas em projeto para os aproveitamentos hidroagrícolas, considerando os atuais usos consumptivos, as reservas ecológicas e os efeitos das mudanças climáticas é essencial para o regadio, cuja sua viabilidade resulta do balanço entre as necessidades de água das culturas (considerando os sistemas culturais e as tecnologias de regadio) e as disponibilidades hídricas úteis nas várias origens, albufeiras ou rios, isto é, descontando as perdas de água por evaporação.

2. ADMINISTRAÇÃO HIDRÁULICA

A Diretiva-Quadro da Água (DQA) da União Europeia (Diretiva 2000/60/CE) é o principal quadro legal para a gestão da água na UE, com o objetivo de proteger todas as formas de água (superfície, subterrânea, costeira e de transição). Os seus objetivos incluem reduzir a poluição, restabelecer ecossistemas e garantir a utilização sustentável dos recursos hídricos.

A Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro (Lei da Água), transpõe para o ordenamento jurídico nacional a Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro (Diretiva Quadro da Água), e estabeleceu as bases para a gestão sustentável das águas e o quadro institucional para o respetivo sector, assente no princípio da região hidrográfica como unidade principal de planeamento e gestão, tal como imposto pela mencionada diretiva.

Entre os princípios que norteiam a gestão dos recursos hídricos nacionais contam-se o princípio do valor social da água, pelo qual se reconhece que ela constitui um bem de consumo ao qual todos devem ter acesso para satisfação das suas necessidades elementares, o princípio da dimensão ambiental da água, pelo qual se reconhece que esta constitui um ativo ambiental que exige a proteção capaz de lhe garantir um aproveitamento sustentável, e o princípio do valor económico da água, pelo qual se reconhece que a água, constituindo um recurso escasso, deve ter uma utilização eficiente, confrontando-se o utilizador da água com os custos e benefícios que lhe são inerentes.

O planeamento dos recursos hídricos é efetuado por Região Hidrográfica (RH), para a qual foram elaborados Planos de Gestão de Região Hidrográfica, tendo por base as bacias hidrográficas que a integram. Este planeamento dos recursos hídricos, para além de ir ao encontro do disposto na Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro e de ser conforme a matriz de planeamento e gestão das águas, prevista na Lei da Água, permite ainda, que os planos de gestão estejam plenamente articulados entre si. Deste modo, alcança-se uma desejável harmonia no planeamento e gestão das águas ao nível de cada uma das regiões hidrográficas, sem prejuízo da sua necessária articulação e harmonização com o Plano Nacional da Água.

A Região Hidrográfica do Alentejo, que se estende por uma vasta área de Portugal, é constituída principalmente pelas bacias hidrográficas dos rios Sado e Mira, e por parte da bacia do Guadiana.

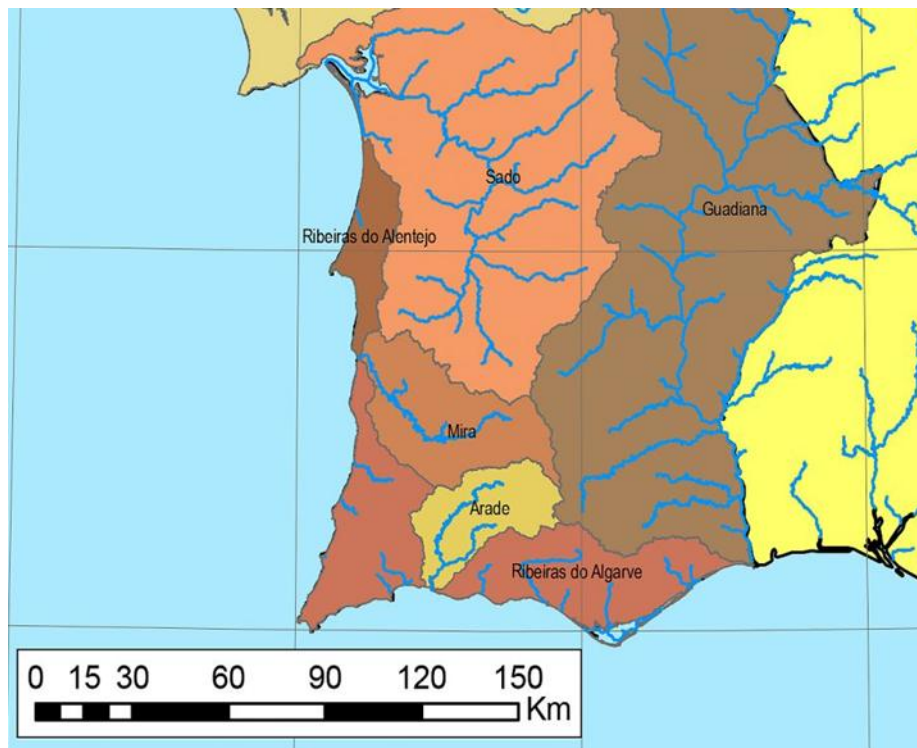


Figura 2- Bacias hidrográficas (Fonte: adaptado SNIRH)

Os planos de gestão de bacia hidrográfica são precedidos de avaliação ambiental, nos termos do Decreto-Lei n.º 232/2007, de 15 de junho, e constituem instrumentos de planeamento das águas que, visando a gestão, a proteção e a valorização ambiental, social e económica das águas ao nível da bacia hidrográfica.

A APA, Agência Portuguesa do Ambiente, I. P. (APA, I. P.), é a instituição da Administração Pública a quem cabe exercer as competências previstas na lei da Água, como autoridade nacional da água, representa o Estado como garante da política nacional e prossegue as suas atribuições, ao nível territorial, de gestão dos recursos hídricos, incluindo o respetivo planeamento, licenciamento, monitorização e fiscalização ao nível da região hidrográfica, através dos seus serviços desconcentrados.

A representação dos sectores de atividade e dos utilizadores dos recursos hídricos é assegurada através dos seguintes órgãos consultivos:

a) O Conselho Nacional da Água (CNA), enquanto órgão consultivo do Governo em matéria de recursos hídricos;

b) Os conselhos da região hidrográfica (CRH), enquanto órgãos consultivos da APA, I. P., em matéria de recursos hídricos, para as respetivas bacias hidrográficas nela integradas. A articulação dos instrumentos de ordenamento do território com as regras e princípios decorrentes da lei e dos planos de águas nelas previstos e a integração da política da água nas políticas transversais de ambiente são asseguradas em especial pelas comissões de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR).

De acordo com o estabelecido na Lei da Água compete à Autoridade da Água (a APA) declarar a situação de alerta em caso de seca e iniciar, em articulação com as entidades competentes e os principais utilizadores, as medidas de informação e atuação adequadas, bem como promover o uso eficiente da água através da implementação de um programa de medidas preventivas aplicáveis em situação normal e medidas imperativas aplicáveis em situação de secas (alíneas o) e p) do ponto 1, Artigo 8º).

3. DIREITOS DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA

A Lei da Água estabelece o enquadramento para a gestão das águas superficiais, designadamente as águas interiores, de transição e costeiras, e das águas subterrâneas. Ao abrigo da Lei da Água, as atividades que se considera terem um impacto significativo no estado das águas só podem ser desenvolvidas ao abrigo de um Título de Utilização de Recursos Hídricos (TURH).

Estes Títulos – que podem assumir a forma de uma licença, de uma concessão ou de uma autorização – são emitidos pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e são essenciais, por exemplo, para a captação de água para rega, para a abertura de um furo ou para a construção de uma barragem.

Nesse sentido, este regime vem consagrar os direitos atribuídos ao utilizador e enquadrar com precisão os termos em que a administração pode recorrer ao mecanismo da revogação de um título, sendo, em qualquer caso, necessária a audição prévia do titular da utilização.

Este regime tem também preocupações de simplificação administrativa, encetando mecanismos que visam tornar mais célere a atribuição de títulos de utilização. Desde logo, ao lado das figuras da concessão e da licença, é introduzida a figura da autorização para algumas utilizações de recursos hídricos particulares, tais como construções, implantação, demolição, alteração ou reparação de infra-estruturas hidráulicas e captação de águas.

Como se disse atrás, a Lei da Água estabelece o enquadramento para a gestão das águas superficiais, nomeadamente as águas destinadas ao regadio no sector agrícola. Neste domínio, temos um segundo nível de governance, em que a Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) é investida como Autoridade Nacional do Regadio. Nessa qualidade, a DGADR tem por missão contribuir para a formulação da estratégia, das prioridades e objetivos e participar na elaboração de planos, programas e projetos na área do regadio; representar o Ministério da Agricultura em matérias relacionadas com a utilização da água na agricultura, participando na definição da política nacional da água e elaborando, coordenando, acompanhando e avaliando a execução do Plano Nacional dos Regadios; e criar e manter atualizado um sistema de informação sobre o regadio e sobre as infraestruturas que o sustentam.

No cumprimento da sua missão, e enquadrada no Regime Jurídico das Obras dos Aproveitamentos Hidroagrícolas (Decreto-Lei nº 269/82, de 10 de Julho, com a redação introduzida pelo Decreto-Lei nº 86/2002, de 6 de Abril), à DGADR compete promover a outorga do contrato de concessão para a conservação e exploração dos aproveitamentos hidroagrícolas (áreas com infraestrutura hidráulica destinada a rega agrícola, associadas a uma origem de água), e gerir o mesmo contrato, sendo que a conservação e exploração será da responsabilidade das associações de beneficiários e regantes. Estas associações são pessoas coletivas de direito público, sujeitas a reconhecimento formal do Ministério da Agricultura, constituídas pelos agricultores com explorações dentro do aproveitamento hidroagrícola. Ao abrigo do contrato de concessão, a água destinada ao regadio nestes aproveitamentos hidroagrícolas está limitada pelo TURH emitido para aquela origem de água. Na gestão do contrato de concessão, a DGADR exerce um papel de tutela sobre estas associações de beneficiários.

Dito isto, importa referir que o governo atual aprovou uma estratégia relativa à água, em todas as suas valências - a estratégia “Água Que Une” -, que vai alterar a governança da gestão da água em Portugal, redefinindo as funções e competências de alguns organismos e criando outras entidades que terão um papel central na gestão dos recursos hídricos.

4. PLANOS DE CONTIGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE SECA

O Plano de Prevenção, Monitorização e Contingência para Situações de Seca, previsto em Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2017, de 7 de Junho e aprovado em 19 de Julho desse ano pela Comissão Permanente de Prevenção, Monitorização e Acompanhamento dos Efeitos da Seca, tem como objetivos uniformizar conceitos, harmonizar procedimentos de atuação, definir limiares de alerta de seca agrometeorológica e de seca hidrológica e medidas associadas, bem como clarificar as entidades responsáveis em cada nível de atuação.

O plano é desenvolvido considerando as seguintes temáticas:

a) **Prevenção:** sintetização dos planos estratégicos existentes e apresentação de algumas recomendações para o futuro;

b) **Monitorização :** descrição dos meios existentes de monitorização dos fatores meteorológicos e humidade do solo, das atividades agrícolas, dos recursos hídricos;

c) **Contingência:** definição de indicadores e níveis a partir dos quais se deve declarar uma situação de seca e quais as entidades responsáveis pela sua declaração; definição de níveis de intervenção, articulação e responsabilização da Administração Pública em situações de emergência, incluindo a entidade que detém a competência de mobilização institucional perante uma situação de seca.

O Plano resultou do contributo das seguintes entidades, designado por GTSeca:

Agência Portuguesa do Ambiente – APA;

Associação Nacional de Municípios Portugueses – ANMP;

Autoridade Nacional de Proteção Civil – ANPC;

Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural – DGADR;

Direção-Geral de Energia e Geologia – DGEG;

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos – ERSAR;

Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral – GPP, que coordenou;

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas – ICNF;

Instituto Português do Mar e da Atmosfera – IPMA.

Prevenção:

Da reflexão do grupo salientam-se algumas medidas estruturais e não estruturais que deverão ser seguidas de forma a minimizar os impactos de uma seca, designadamente:

A preparação e previsão de medidas de gestão para períodos de seca como medida preventiva;

Regularização do ciclo hidrológico, promovendo a infiltração e a recarga dos aquíferos e o armazenamento superficial;

Planeamento agrícola dos perímetros regados, tendo em conta o tipo de culturas e a sazonalidade da precipitação, face às necessidades hídricas;

Planeamento ao nível da exploração agrícola, com a responsabilização do próprio agricultor na orientação e gestão da sua atividade, designadamente na adoção de boas práticas de uso eficiente da água e a disponibilização de reservas mínimas adequadas para garantir a alimentação e abeberamento do efetivo pecuário por um determinado período de tempo;

Os conceitos, no âmbito da Monitorização e Contingência, a adotar serão:

Seca Agrometeorológica - falta de água induzida pelo desequilíbrio entre a precipitação e a evaporação associada a um desequilíbrio entre a água disponível no solo e a necessidade das culturas;

Seca Hidrológica - redução dos valores médios de disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas;

Monitorização

Identificar as variáveis instrumentais para construção de indicadores de seca;

Clarificar as responsabilidades de cada entidade, harmonizar a terminologia e periodicidade a utilizar na comunicação de desvios da situação meteorológica, de armazenamentos de água, do estado das culturas e previsão das colheitas, face a situações de referência, consideradas como normais:

Precipitação e Teor de Água no Solo – IPMA - Mensal o Agricultura de Sequeiro e Pecuária Extensiva- GPP a partir de DRAP/INE - Mensal

Armazenamento de Água subterrânea – APA - Mensal o Armazenamento de água superficial (albufeiras) – APA - Mensal

Armazenamento nas Albufeiras dos Aproveitamentos Hidroagrícolas, focado em particular nas previsões de consumo das culturas usualmente praticadas – DGADR – Semanal o Gestão da Rede Elétrica – REN

Contingência

Para uma situação de desvio dos parâmetros monitorizados foram sistematizados os procedimentos a adotar:

Quando o IPMA deteta desvio nos parâmetros que monitoriza, passíveis de serem pronunciadores de seca agrometeorológica, deverá informar a coordenação do Grupo de Trabalho (GTSeca) que informará a Comissão Permanente (Interministerial), de modo a iniciar uma vigilância mais apertada;

Prolongando este período, numa primeira fase, o GTSeca poderá apenas reunir para proceder a uma avaliação da situação na agricultura de sequeiro e pecuária extensiva e propor, caso necessário, medidas de atuação adequadas;

Mantendo-se o agravamento da situação de seca, dever-se-á alargar o acompanhamento às reservas hídricas, com particular ênfase naquelas cujo objetivo é o abastecimento público, o regadio, e as albufeiras com fins múltiplos;

Nesta fase, se a APA deteta desvio nos parâmetros que monitoriza, passíveis de serem pronunciadores de seca hidrológica, aciona, a Comissão de Gestão de Albufeiras, de modo a acompanhar as disponibilidades hídricas face às necessidades dos setores, com vista a informar o Grupo de Trabalho.

Estão propostos 4 níveis de Intervenção e de Alerta para os dois tipos de seca definidos:

Seca Agrometeorológica:

Nível de Intervenção	Nível de alerta	Categoria de Seca
A.0	Situação Normal	Normal
A.1	Pré-Alerta	Seca moderada
A.2	Alerta	Seca severa
A.3	Emergência	Seca extrema

Foram definidas medidas de atuação para cada nível de intervenção:

Nível A.0 – Medidas pró-ativas de prevenção, de âmbito geral

Nível A.1 – Medidas Voluntárias, de âmbito geral, para o setor urbano – consumo municipal e para o setor agrícola

Nível A.2 – Medidas restritiva de alguns usos da água e dos reforços dos controlos, de âmbito geral, para o setor agrícola e de carácter ambiental

Nível A.3 – Medidas de carácter excecional, de âmbito geral, para o setor agrícola e de carácter ambiental

Seca Hidrológica:

Nível de Intervenção	Nível de alerta
H.0	Situação Normal
H.1	Pré-Alerta
H.2	Alerta
H.3	Emergência

Foram definidas medidas de atuação para cada nível de intervenção, sendo os níveis de alerta hidrológico estabelecidos por bacia hidrográfica:

Nível H.0 – Medidas pró-ativas de prevenção, de âmbito geral, setor urbano, subsetor do regadio, setor do turismo, setor da indústria, setor energético e ambiente;

Nível H.1 – Medidas Voluntárias, de âmbito geral, setor urbano, subsetor do regadio, setor do turismo, setor da indústria, setor energético e ambiente;

Nível H.2 – Medidas restritiva de alguns usos da água e dos reforços dos controlos, de âmbito geral, setor urbano, subsetor do regadio, setor do turismo, setor da indústria, setor energético e ambiente, que poderá passar pela revisão temporária dos títulos de utilização dos recursos hídricos, nos termos do artigo 28.º do Decreto-lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio;

Nível H.3 – Medidas de carácter excecional, de âmbito geral, setor urbano, subsetor do regadio, setor do turismo, setor da indústria, setor energético e ambiente.

É importante realçar que as duas vertentes de seca, agrometeorológica e hidrológica, não deverão ser vistas de forma isolada ainda que possuam níveis de alerta próprios e distintos. Esta diferenciação permite adequar respostas a cada situação. Poderá haver períodos secos, em que o país se encontre numa situação de seca agrometeorológica nível A.3 – Emergência – e as reservas hidrológicas ainda não sentirem os efeitos da baixa precipitação, permanecendo no nível de alerta H.1 – Pré-Alerta. Nestas situações é necessário estruturar uma resposta mais ligada à agricultura. O inverso poderá acontecer também, quando, no início de um ano hidrológico, os níveis de precipitação estejam próximos dos normais, comparados com os níveis médios, e as reservas hídricas estejam muito debilitadas, resultado, por exemplo, de uma seca prolongada. Neste caso, são ainda necessárias medidas extraordinárias de atuação, podendo ser o Nível de Alerta H.3 – Emergência no que respeita à seca hidrológica e na seca agrometeorológica o Nível de Alerta ser A.1 – Seca Moderada.

No âmbito da prevenção existem mecanismos dirigidos para uma gestão eficiente do uso da água, que condicionam direta ou indiretamente as opções assumidas no Plano, nomeadamente nos domínios da Monitorização e Contingência. Para além desta vertente estão definidos meios complementares já orientados para os recursos existentes na prevenção e preparação de uma

reação célere e adequada à ocorrência de secas. Existem vários programas e estratégias nacionais e comunitárias de importância extrema e que se reportam essencialmente à gestão da água. Uma das linhas mais relevantes no que se refere à prevenção é, inevitavelmente, tomar consciência de que a água é um bem natural finito. Assim, torna-se importante referir, de uma maneira breve e geral, as conclusões do Relatório de junho de 2012, do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA):

Nem toda a água utilizada é realmente aproveitada, existindo ainda uma componente importante de desperdício associada a perdas e ao uso ineficiente para os fins previstos que comportam elevados prejuízos ambientais, sociais e económicos;

O PNUEA, centrado na redução das perdas de água e na otimização do uso da água é, cada vez mais, um instrumento de gestão imprescindível para a proteção dos Recursos Hídricos, principalmente num País onde a variabilidade climática gera frequentes situações de escassez hídrica;

A necessidade de implementar um programa que determine claramente as linhas orientadoras para a utilização eficiente da água, só faz sentido no âmbito de uma política ambiental integrada e transversal de eficiência de todos os recursos;

A estreita articulação do PNUEA com o setor energético, estabelecida através do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), é uma necessidade incontornável, dada a interdependência entre estes recursos, sendo uma prioridade na fase inicial de diagnóstico e revisão das medidas do PNUEA;

Um sistema integrado de certificação hídrica e energética será a via por que este programa se debaterá, como o culminar de um processo sério e comprometido para o uso eficiente da água;

· A implementação eficaz do PNUEA requer ainda a articulação com outros mecanismos de gestão: Plano Nacional da Água (PNA), Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH), Plano Estratégico Nacional para o setor de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PENSAAR 2020), Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE);

A opção estratégica central da política de ambiente assenta na gestão eficiente de recursos. A estratégia de execução do PNUEA, subordinada ao lema “Água com futuro”, é uma peça fundamental para uma nova política de água em Portugal;

Outra das vertentes da prevenção recai sobre o aumento da preparação e da capacidade de resposta aos impactos das Alterações Climáticas, através das medidas de atuação propostas na Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC), nomeadamente naquelas que incidem nos setores dos recursos hídricos e da agricultura e das florestas

Foi concluído em 2013 o Relatório de Progresso desta estratégia, no qual os setores representados inventariaram as medidas de adaptação em resposta às vulnerabilidades setoriais. Presentemente, a ENAAC está na sua 2ª fase de implementação, no decurso da aprovação da Resolução de Conselho de Ministros n.º 56/2015, de 30 de julho, que instituiu o Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPiC), e que inclui como instrumentos de operacionalização o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC 2020/2030) e o Sistema Nacional de Políticas e Medidas (SPeM) no que toca à vertente da mitigação e a ENAAC 2020, para a adaptação.

Além do PNUEA e da ENAAC, o presente Plano teve ainda em conta outros Programas e Estratégias Nacionais, nomeadamente:

- Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação - PANCD
- Estratégia Nacional para as Florestas
- Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade – ENCNB.

A prevenção de ocorrência de secas tem como objetivo a criação de condições para a implementação de uma resposta estruturada a esses acontecimentos, tendo em vista a mitigação dos seus impactos. Essa resposta tem componentes estruturais, assentes na construção de estruturas que permitam aumentar a disponibilidade ou diminuir a degradação da qualidade dos recursos hídricos em situações de carência, e não estruturais, baseadas em diversos tipos de medidas – de ordenamento do uso do solo, de criação de regulamentos, de previsão e de acompanhamento e, ainda, de sensibilização. Estas últimas visam alertar a consciência dos agentes económicos e das populações para os fenómenos de seca, de forma a facilitar a

implementação de medidas preventivas de uso eficiente da água nas situações normais e de medidas de restrição e corretivas no decurso dos fenómenos de seca. Considera-se que a definição clara da situação, assim como a elaboração de planos de contingência, constituem medidas de importância primordial para a melhoria da consciência dos agentes utilizadores de água e, consequentemente contribuem decisivamente para preparação, participação e aceitação das restrições que sejam necessárias implementar durante os episódios de seca. Foi este o principal objetivo que conduziu a um tratamento pormenorizado destes aspetos no presente Plano. A monitorização dos recursos hídricos permite conhecer em tempo real, o nível das reservas e, antecipar a implementação de medidas necessárias, que conduzam a uma poupança da água. Este acompanhamento sistemático é efetuado em pontos estratégicos definidos no Programa de Vigilância e Alerta de Secas (PVAS) que, por serem representativos da realidade hidrológica nacional, consubstanciando uma medida de prevenção do tipo não estrutural.

De entre as medidas estruturais, merecem relevância as preventivas de regularização do ciclo hidrológico, nomeadamente, aquelas que promovem a infiltração e a recarga dos aquíferos. Com efeito, os aquíferos são geralmente mais resilientes aos anos de seca, permitindo disponibilizar volumes de água apreciáveis nestes anos.

As culturas permanentes de regadio são economicamente mais sensíveis a situações de absoluta indisponibilidade de água do que as culturas temporárias. Com efeito, a falência de uma cultura permanente implica a perda de todo ou quase todo o investimento de estabelecimento do pomar, significando importantes prejuízos. Para os evitar, reconhece-se que estas culturas necessitam de um mínimo de aplicação de água em anos de seca (a rega de sobrevivência). Se um determinado perímetro regado tiver uma grande predominância de pomares, a água disponível num ano de seca poderá não ser suficiente para assegurar esse mínimo a todos eles. Assim, preconiza-se que o planeamento agrícola dos perímetros regados tenha em atenção esta realidade, evitando-se situações de dependência de uma área demasiado extensa de pomares, e que no seu planeamento a longo prazo tenha em conta o tipo de culturas, face ao tipo de solo e ao clima, a utilização de métodos de rega mais eficientes, a diminuição de perdas de água nos sistemas de distribuição da rega e a adequação das quantidades de rega às necessidades hídricas das culturas.

Ao nível da exploração agrícola, em particular nas de sequeiro, um conjunto de pequenas ações e adaptações poderão ser benéficas em várias vertentes, nomeadamente na melhoria do aproveitamento da água das chuvas ou na reutilização de águas residuais tratadas, minimizar as perdas de água usada para rega através da evapotranspiração, escoamento superficial e percolação profunda. Para a diminuição da evaporação da água do solo poder-se-á utilizar barreiras contra o vento, cobertura matéria vegetal melhorando o balanço hídrico ou mobilizações do solo superficiais.

O quadro seguinte apresenta uma lista de medidas de prevenção da seca, dispostas segundo o seu carácter estrutural ou não estrutural.

Quadro 2 - Lista de medidas de prevenção da seca disposta por carácter estrutural ou não estrutural.

MEDIDAS ESTRUTURAIS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
<p>Ações de regularização do ciclo hidrológico:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Florestação; · Medidas de conservação do solo e da água. 	Definição clara do(s) estado(s) de seca.
Identificação de zonas com escassez de água (seca estrutural) e medidas de aumento da oferta (construção de reservas de água).	Elaboração de planos de contingência.
Reutilização de águas residuais tratadas para rega.	Promoção de campanhas de sensibilização para o uso responsável da água em zonas urbanas.
Combate às captações ilegais de água.	Acautelar um equilíbrio de culturas permanentes e temporárias em função dos recursos dos aproveitamentos hidroagrícolas.
Redução das roturas e fugas de água nos sistemas de distribuição urbanos e de rega.	Alocação de fundos para:
	<ul style="list-style-type: none"> (i) execução de furos de captação em anos de seca; (ii) trabalhos de manutenção de furos de reserva.
Investigação e seleção de dispositivos, técnicas e produtos visando reduzir as perdas de água por evaporação.	Apoio para a constituição de seguros agrícolas de seca.

5. ESTRATÉGIAS PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM EPISÓDIOS DE SECA

A eficiência do uso da água está condicionada tanto pelas infraestruturas e instalações necessárias para o seu transporte, distribuição e aplicação, pela gestão que delas se faça, assim como por aspetos agronómicos. Além disso, é conveniente classificar as estratégias de melhoria da eficiência em função da sua escala de aplicação: aproveitamento hidroagrícola ou exploração. A seguir, descrevem-se diversas estratégias de melhoria da eficiência no uso da água em escalas de aproveitamento hidroagrícola e exploração, e classificadas de acordo com a forma como afetam as infraestruturas e instalações hidráulicas e a gestão, ou se relacionam com aspetos agronómicos.

5.1. Estratégias de melhoria da eficiência do uso de água à escala de aproveitamento hidroagrícola

A melhoria da eficiência do uso de água, inclui tanto a atuação sobre as infraestruturas hidráulicas, gestão e melhoria, como a atuação sobre aspetos agronómicos.

5.1.1. Instalações hidráulicas

As principais ações sobre as instalações hidráulicas são:

- a) Modernização do sistema de distribuição de água.

A transformação de sistemas abertos de transporte e distribuição de água em redes pressurizadas, embora o seu funcionamento implique custos energéticos, é uma ação que melhora a eficiência no transporte e distribuição de água à escala de aproveitamento hidroagrícola, adquirindo especial relevância em situações de escassez.

b) Sistemas de armazenamento.

Sempre que possível (disponibilidade de espaço e as autorizações administrativas correspondentes) é recomendável dispor de reservatórios de armazenamento para minimizar a redução das dotações em situações de escassez.

5.1.2. Gestão de instalações hidráulicas

Apresentam-se a seguir algumas das possíveis ações relativas à gestão das instalações:

a) Manutenção do sistema hidráulico: Inspeções das instalações do aproveitamento hidroagrícola, deteção e reparação de fugas, substituição de equipamentos de bombagem com funcionamento ineficiente, etc. A manutenção adequada minimiza as perdas de água em momentos de escassez.

b) Otimização da operação das estações de bombagem: Regulação das estações de bombagem ajustada ao intervalo de caudais e pressões do sistema para evitar consumo desnecessário de energia, otimizando o bom funcionamento do sistema e a sua durabilidade.

c) Modificação da gestão ordinária das instalações: Na região Alentejo existem aproveitamentos hidroagrícolas cujo sistema de distribuição é misto, aberto (canais) desde o ponto de captação até às estações de bombagem e de lá até aos hidrantes através de redes pressurizadas. A gestão deste tipo de instalações é complexa e exige caudais mínimos no canal. Assim sendo, em situações de escassez, a rega a pedido é temporariamente suspensa, e a procura concentra-se em turnos de rega associados a períodos em que o canal terá um caudal adequado, distribuindo a alocação disponível durante esse período.

5.2. Estratégias para melhorar a eficiência do uso da água à escala da exploração ou da parcela

Ao nível da parcela são possíveis de melhorar a eficiência do uso da água intervenções na instalação de rega, na sua gestão e nos aspetos agronómicos.

5.2.1. Instalações de Rega

a) Transformação em sistemas de rega eficientes.

A escolha do sistema de rega e a elaboração de um projeto são fatores determinantes para a sustentabilidade e a eficiência no uso da água, pois condicionam a uniformidade da distribuição, a redução de perdas e a adaptação às necessidades específicas das culturas e do solo. Um bom projeto de sistema de rega garante a distribuição uniforme da água por toda a área, o que é essencial para o crescimento homogêneo das culturas e o aumento da produção. Além disso, uma boa gestão da rega reduz ou previne perdas de água por escoamento superficial, infiltração profunda, evaporação e deriva, aproximando a lâmina total aplicada ou lâmina bruta à lâmina que corresponde às necessidades ou lâmina líquida.

Assim, com o bom desenho do sistema de rega poderá conseguir-se uma boa eficiência de aplicação. Sistemas com a rega localizada, com gotejadores, permitem uma aplicação precisa da água diretamente na zona radicular das plantas, minimizando as perdas.

Por outro lado, cada cultura e tipo de solo, tem necessidades hídricas diferentes. Um sistema de rega bem concebido pode ser ajustado para satisfazer estas necessidades específicas (dotações e intervalos de rega), devendo ser projetado por disponibilidade de água, tipo de solo, cultura e estratégia de rega, otimizando a utilização da água e melhorando a produtividade das culturas.

b) Inspeção e Manutenção dos sistemas de rega:

A otimização dos sistemas de rega deve basear-se em inspeções realizadas por uma entidade com essa competência, como o COTR. Este serviço técnico permite verificar o estado de funcionamento do equipamento e compará-lo com as condições potenciais, traduzidas no projeto de execução; com o objetivo de dar a conhecer ou informar os regantes sobre as características atuais de funcionamento dos equipamentos, ao determinar as reais alocações de rega, a uniformidade e eficiência e fornecer recomendações ao regante relativamente a melhorias a introduzir nos sistemas de rega e na gestão.

c) Armazenamento e reutilização da água:

A construção de charcas/depósitos para armazenar água, para minimizar a seca estacional. Assim como a reutilização de água residual tratada, nomeadamente dos sistemas de filtragem.

5.2.2. Gestão da Rega

Para desenvolver estratégias de uso eficiente da água de rega, como a rega deficitária, é necessário conhecer a quantidade de água que se pode reduzir sem diminuir o rendimento e a qualidade das culturas. Isto depende, entre outros fatores, das fases de desenvolvimento da cultura.

Para utilizar estas técnicas, é imprescindível conhecer os períodos mais e menos sensíveis da cultura ao défice hídrico e o seu impacto sobre a produção final e a qualidade. Atualmente, estas etapas mais sensíveis ao défice hídrico são conhecidas para a maioria das culturas. As técnicas de rega deficitária aplicam-se principalmente em culturas lenhosas. Como apoio à implementação de regas deficitárias, pode consultar-se o documento da FAO 66 sobre a variação do rendimento das culturas em função da água disponível, como introdução a esta temática.

Existem diferentes técnicas de rega deficitária:

a) Rega deficitária controlada: consiste em reduzir a dotação de água apenas nas fases da cultura menos sensíveis à falta de água, sem comprometer o rendimento (tanto em quantidade como em qualidade), ou seja, sem colocar em risco a viabilidade da exploração.

b) Rega deficitária sustentada: baseia-se numa redução proporcional ao consumo ótimo de água pela cultura, distribuída de forma constante ao longo da época de rega.

c) Rega parcial da zona radicular (Partial Root Drying): baseia-se na alternância das zonas de solo húmido. Enquanto uma parte das raízes está na zona húmida, a outra parte permanece na zona seca. A cada 2-3 semanas, a zona húmida é alternada com a seca. As técnicas de rega deficitária podem ser muito interessantes e dar bom resultado em muitos casos. A sua eficácia depende do sistema de rega, do tipo de solo e da adaptabilidade da cultura. Na região do Alentejo, esta prática tem pouca expressão na adesão por parte dos regantes.

5.2.3. Aspetos agronómicos

Ao nível da parcela, as principais práticas agronómicas destinadas a melhorar a eficiência da utilização da água de rega são:

- a) **Gestão do solo:** Melhorar a capacidade de retenção de água do solo através da incorporação de matéria orgânica (composto e estrume) e da mobilização mínima facilita a infiltração da água e aumenta a capacidade de retenção de água do solo. A utilização de plantas de cobertura e cobertura morta (mulching) ajuda a reduzir tanto a evaporação direta da água do solo como a erosão e a formação de crostas superficiais, facilitando assim a infiltração.
- b) **Seleção de culturas e variedades:** A escolha de espécies ou variedades que requerem menos água ou que têm ciclos de crescimento mais curtos pode contribuir para a redução da pressão sobre os recursos hídricos.
- c) **Otimização do calendário de plantação/sementeira e colheita:** O ajuste das datas de plantação com base nas previsões meteorológicas e nos ciclos vegetativos das espécies ajuda a evitar fases críticas de défice hídrico das culturas durante os períodos mais secos e quentes.

Estas ações, embora sejam frequentemente consideradas complementares, desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de sistemas agrícolas mais eficientes e resilientes face à escassez de água.

6. ESTRATÉGIAS DIGITAIS PARA ENFRENTAR COM MAIS EFICÁCIA OS EPISÓDIOS DE SECA

A eficácia das medidas sobre as infraestruturas hidráulicas e agronómicas descritas no ponto anterior, implementadas à escala de aproveitamento hidroagrícola e/ou da exploração, pode ser melhorada com ações baseadas em ferramentas digitais. Para enfrentar uma situação de menor disponibilidade de água num regadio coletivo como num aproveitamento hidroagrícola, é necessário tomar decisões eficazes.

Não dispor da água necessária, implica implementar restrições em relação à situação de normalidade para que as culturas possam chegar à colheita. Ao mesmo tempo, as estratégias implementadas podem ser muito diferentes em função das infraestruturas de transporte e distribuição de água, de que o aproveitamento hidroagrícola dispõe e da sua eficiência. O objetivo das ações descritas na secção anterior é minimizar o impacto da redução das dotações na produção. A eficácia de tais ações pode ser melhorada com o uso de ferramentas digitais, com o apoio dos técnicos do aproveitamento hidroagrícola.

A seguir, descrevem-se diversas ações nas quais serão aplicadas várias tecnologias digitais analisadas na atividade 2.5 do projeto Smart Green Water. Desenvolvimento conjunto de um método de caracterização das soluções disponíveis no mercado e dos respetivos entregáveis, em particular o 2.5.3 de Recomendações aos utilizadores para a escolha da ferramenta mais adequada entre as disponíveis no mercado. Será dada ênfase em como utilizar as diferentes ferramentas digitais para reduzir o consumo de água em situações de escassez.

6.1. Inventário de culturas sobre sistemas de informação geográfica e teledeteção

Os aproveitamentos hidroagrícolas em situações de normalidade costumam dispor da ocupação cultural anual de parcelas regadas e das culturas que se desejam implementar. Se esse inventário é armazenado a cada campanha de rega sobre um sistema de informação geográfica (base de dados georreferenciadas que se visualiza sob a forma de mapas), facilitando consideravelmente

a identificação das parcelas com culturas permanentes (lenhosas) e com culturas de implantação anual (herbáceas). Esta informação pode ser consultada por aproveitamento hidroagrícola, nas suas páginas web ou no documento anual publicado e posteriormente toda a informação dos aproveitamentos hidroagrícolas é integrada pela autoridade do regadio a DGADR – Direção Geral de Agricultura.

Com esta informação, o aproveitamento hidroagrícola pode planear uma distribuição da água com base nos seguintes critérios:

- a) Reduções específicas estabelecidas no Plano de prevenção e contingência para situações de seca;
- b) Prioridade à sobrevivência das culturas lenhosas plurianuais, conforme determina a lei da água;
- c) Quantificação da área com culturas regadas e determinação do volume por unidade de área possível de distribuição, após ter em conta a eficiência do transporte e da distribuição da água nas infraestruturas do aproveitamento.

Posteriormente, o aproveitamento hidroagrícola deve fazer a sua gestão e planeamento de acordo com base nas disponibilidades/concessão, das inscrições de áreas, ocupação cultural e necessidades de rega, como se pode consultar, como exemplo modelo, o Plano de Utilização Anual de Água no EFMA (https://www.edia.pt/wp-content/uploads/2025/08/PAUA-2025_rev2_vf.pdf).

6.2. Ferramentas digitais para gestão, monitorização e controlo da rega em situações de seca

No ponto 6.2 descrevem-se as ferramentas digitais que permitem, desde a estimativa das necessidades das culturas com base em dados climáticos, até sistemas de apoio à decisão de última geração para a gestão da rega em condições de escassez.

6.2.1. Estimativa das necessidades de água para rega com base no cálculo da evapotranspiração da cultura e no planeamento da rega

A determinação da evapotranspiração da cultura - ET_c - é normalmente feita a partir da evapotranspiração da cultura de referência - ET_o -, afetando-a de um coeficiente - coeficiente cultural - K_c , ou seja:

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (I)$$

O coeficiente cultural, K_c , representa a relação entre a evapotranspiração cultural e a evapotranspiração da cultura de referência, comportando a integração do efeito conjunto de quatro características que distinguem a evapotranspiração cultural da evapotranspiração da cultura de referência: a altura da cultura, a resistência da superfície relativa à cultura-solo, o albedo da superfície cultura-solo e a evaporação do solo.

A informação de base para a determinação das necessidades hídricas das culturas é a informação agrometeorológica necessária para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o), consistindo em temperatura do ar, humidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar global.

Outra informação de base necessária diz respeito à caracterização das principais fases de desenvolvimento vegetativo da cultura, duração e identificação dos períodos em que a cultura é mais ou menos sensível ao stress, sendo esta informação ajustada às condições reais da região.

Em culturas de baixa densidade, como é o caso dos pomares, a ET_c é afetada por um fator de redução (K_r), que permite contabilizar apenas a área da cultura, não considerando, portanto, a evaporação ou transpiração não associadas à cultura. O valor deste coeficiente depende da cultura (compasso ou espaçamento, definido pelas distâncias na linha e na entrelinha). Nos pomares com uma percentagem de cobertura do solo pela vegetação (Sc) menor que 40 a 60%, a ET_c deverá ser ajustada em função dessa percentagem, através da estimativa do Sc e K_r do seguinte modo:

$$K_r = 2S_c / 100 \quad (2)$$

$$S_c = (\pi D^2 N) / 400 \quad (3)$$

Em que: K_r - coeficiente de redução da evaporação, S_c - percentagem do solo coberta pela copa da cultura, D - diâmetro médio das árvores (m), N - número de árvores por hectare.

Na determinação das necessidades hídricas em amendoeira, utilizou-se a metodologia de Girona (2006), tendo em consideração plantações adultas com uma cobertura superior a 50% e, para plantações jovens, considerou-se um desenvolvimento médio equivalente a 2 anos.

Para a determinação das necessidades hídricas de flores, bambu e catos (figos da índia), seguiu-se a metodologia específica adequada a espaços verdes (Costello et al., 2000), e determinou-se a evapotranspiração da paisagem (ETL), tendo em conta três fatores: tipo de vegetação ou espécie (K_v ou K_e) que compõe o espaço verde, a densidade de plantação (K_d) e as condições microclimáticas (K_m).

$$ETL = E_{To} \cdot K_e \cdot K_d \cdot K_m \quad (4)$$

O Manual de Riego de Jardines (Alabarces et al., 2004) apresenta os coeficientes considerados nos cálculos.

A determinação das necessidades rega líquidas, resulta do balanço hídrico simplificado mensal entre a E_{Tc} e a precipitação efetiva. Com base na monitorização da precipitação, estima-se a precipitação efetiva pelo método SCS-USDA (Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos).

$$P_{efetiva} = (P_{total} (125 - 0,2 P_{total})) / 125 \quad \text{para } P_{total} < 250 \text{ mm} \quad (5)$$

$$P_{efetiva} = 125 + 0,1 P_{total} \quad \text{para } P_{total} > 250 \text{ mm} \quad (6)$$

A avaliação das necessidades de rega das culturas ao nível da parcela recorre aos valores indicativos de eficiência de aplicação de acordo com os métodos/sistemas de rega (Quadro 3), que pressupõem sistemas bem projetados e bem mantidos (Pereira, 2005). Os valores expressam a eficiência do uso da água a jusante da zona de controlo dos aproveitamentos hidroagrícolas (parcela).

Quadro 3 – Valores de eficiência de rega na parcela (adaptado de PEREIRA, 2005).

Método/Sistema de Rega	Eficiência de rega (%)
Rega sob pressão	
Rega gota a gota	85-95
Rega por aspersão	65-85
Rega por Pivot	75-85
Microaspersão	85-95
Canhão	55-70
Rega por gravidade	
Rega por gravidade (sulcos)	45-70
Rega de arroz, canteiros em alagamento	50-70

No seguimento da programação da rega baseada na determinação das necessidades de rega foram desenvolvidas aplicações, <https://calendariorega.tintacriativa.pt/> que permitem calendarizar e planear a rega com base no balanço hídrico simplificado. Paralelamente existe o [PARE - Plataforma de Avisos de REga](#) para a região do Algarve, que a curto prazo a sua abrangência será alargada à região do Alentejo, e está projetada atingir a abrangência nacional.

A plataforma PARE trata-se de uma plataforma de acesso gratuito, destinada a fornecer informação centralizada sobre necessidades de rega aos agricultores inseridos nos aproveitamentos hidroagrícolas e aos de regadio individual, de forma a contribuir para a redução dos custos de produção e aumentar a competitividade das empresas agrícolas no uso da água. Assenta em informação meteorológica, atual e de previsão, e em metodologias adequadas para o cálculo das dotações de rega para diversas culturas agrícolas e espécies ornamentais.

Visa assim promover uma maior eficiência do uso da água pelos agricultores regantes, através da melhoria da gestão da rega, garantindo também uma redução das perdas de água por escorrência e percolação.

6.2.2. Uso de sensores para apoio à decisão da rega

Atualmente existe uma ampla gama de equipamentos que permitem, a monitorização de parâmetros que afetam o estado hídrico das culturas. Estes sistemas são compostos por sensores com comunicação do tipo Internet das Coisas (IoT), o que permite o acesso aos valores registados em tempo real a partir de qualquer dispositivo com comunicação à Internet.

Os equipamentos de monitorização para apoio à gestão da rega devem fornecer informação sobre (i) as quantidades de água a aplicar, (ii) o momento certo de rega e (iii) permitir o diagnóstico correto dos níveis de stress aplicados, melhorando assim o conhecimento sobre os impactos das estratégias de rega (deficitária) aplicadas. Estes equipamentos podem ser instalados na planta ou no solo. Uma vez que todos os equipamentos apresentam vantagens e inconvenientes, para uma caracterização rigorosa pode ser necessário recorrer a mais do que um tipo de equipamento.

Os sensores de monitorização do teor de humidade do solo são os sistemas que estão mais generalizados pelos regantes. Estes sistemas normalmente são constituídos por sensores que registam a humidade a vários níveis de profundidade do solo permitindo conhecer a dinâmica da água no processo de distribuição no perfil bem como a sua extração pelo sistema radicular das culturas. Com este controlo é possível realizar ajustes precisos na gestão da rega para evitar o excesso ou a falta de água, permitindo reduzir drasticamente as perdas de água (drenagem, escoamento, evaporação) e repor a água transpirada dos dias ou horas anteriores.

Outra opção é a sensorização ao nível da planta, recorrendo quer à medição direta do estado hídrico (potencial hídrico foliar) quer a medições indiretas que se baseiam na reação da planta ao estado hídrico, como por exemplo a utilização de dentrómetros. A medição do potencial hídrico é um método bastante robusto que permite determinar com precisão e fiabilidade o estado hídrico da cultura, sendo atualmente possível a total automatização deste sistema com a instalação de micro-tensiómetros na planta que permite monitorizar o potencial hídrico em

registo contínuo. Um outro tipo de equipamentos também bastante úteis para detetar o stress hídrico são os dendrómetros. Estes permitem medir em contínuo a variação do diâmetro do tronco e estabelecer vários indicadores de stress hídrico como por exemplo a contração máxima diária ou o crescimento diário, entre outros.

A utilização destes sistemas de monitorização do teor de humidade no solo e do estado hídrico da planta ao nível da parcela permite ajustar as recomendações de rega propostas pelos sistemas de avisos às condições específicas de cada exploração, melhorando assim a eficiência do uso da água em situações de escassez e minimizar as perdas de produção.

6.2.3. Teledeteção: Satélites e drones

A Teledeteção é uma ferramenta que permite obter informações sobre objetos situados na superfície terrestre, sem necessidade de contacto físico direto. Sendo efetuado através da deteção e registo da energia que os objetos refletem ou emitem, utilizando sensores especializados. A teledeteção pode ser passiva ou ativa, dependendo de a captação da radiação ser natural (luz visível ou as bandas do infravermelho refletido e térmico) ou ser emitida pelo sensor e posteriormente refletida pelos objetos (radar, laser). A aplicação da teledeteção permite determinar com elevada precisão que cultura está implantada em cada parcela, e se está a ser regada. É possível estimar a evapotranspiração real das culturas a partir da temperatura da superfície terrestre obtida através da análise de imagens, que medem a radiação infravermelha térmica e determinar as suas necessidades de rega.

A nível regional, é possível estimar com alguma precisão (dependendo da cultura) a água evapotranspirada na área de abrangência de um aproveitamento hidroagrícola e realizar um acompanhamento automatizado e periódico de superfícies de rega, superfícies de culturas e consumos totais de água, facilitando assim a gestão dos recursos hídricos do aproveitamento hidroagrícola em situações de escassez. Existe a ferramenta de uso público desenvolvida pelo IFAP <https://publico-isip.ifap.pt/web/Index.aspx> que pode ser utilizada para realizar inventários de parcelas/culturas. Outras plataformas de processamento de imagens de satélite gratuitas facilitam o acompanhamento da superfícies de rega e apoiam a gestão da cultura e da

rega, tais como Sentinel Hub (<https://www.sentinel-hub.com/>), Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>), e a APP Onesoil, entre outros.

Os drones fornecem informações semelhantes às de satélites, com resolução espacial muito maior (da ordem dos cm), mas com maior custo (realização do voo e processamento das imagens), por não estar disponível esta informação em plataformas abertas.

6.2.4. Sistemas de medida e controlo da rega: contadores e manómetros digitais

Para maximizar a eficiência do uso de água de rega é necessário, para além de ajustar a dotação de água a aplicar, controlar o sistema hidráulico de distribuição de água do aproveitamento hidroagrícola, para evitar perdas de água, ao detetar a ocorrência de roturas e fugas, especialmente nas épocas de escassez e gerir as operações do sistema para que interfiram minimamente com a rega, das distintas explorações do aproveitamento hidroagrícola.

O uso de sensores de pressão com conexão IoT nos pontos chaves do sistema hidráulico (estações de bombagem, tubagens principais, hidrantes) facilita a deteção atempada de avarias e fugas (ocorrência e localização) importante na redução das perdas de água. Uma diminuição repentina na pressão nos pontos de amostragem em comparação com os valores normais/projetados indica perdas ou mau funcionamento. Sistemas de alerta podem ser configurados em dispositivos móveis e computadores para monitorar variações de pressão usando plataformas de comunicação IoT, notificando os utilizadores/ técnicos de rega sobre possíveis falhas nos seus sistemas hidráulicos.

A integração de medidores digitais tanto no nível do aproveitamento hidroagrícola (por exemplo, nas saídas das estações de bombeamento) quanto no nível da exploração agrícola (nos hidrantes) permite a medição precisa da água de rega e o consumo de água em tempo real. Isso também facilita a deteção precoce de perdas (devido a falhas no sistema ou áreas de regantes não autorizados), resultando em poupança de água. Além disso, a instalação de sistemas de controle volumétrico conectados a plataformas digitais, permite a monitorização detalhada do consumo de água, o que é essencial para melhorar a transparência e a rastreabilidade na gestão da rega.

Ao implementar tecnologias avançadas, como caudalímetros, telegestão e análise de dados em tempo real, os agricultores podem monitorizar com precisão a água utilizada nas suas culturas. Isto não só permite ajustes dinâmicos na rega com base nas necessidades específicas de cada parcela, como também ajuda a evitar o desperdício de água e a otimizar os custos de produção através do controlo preciso do sistema de rega.

6.2.5 Sistemas avançados de gestão da rega: Sistemas preditivos e Gémeos digitais

A informação histórica registada por sensores tanto locais (no sistema atmosfera-solo-planta e nas instalações hidráulicas), como remotos, permite alimentar sistemas preditivos baseados em algoritmos de inteligência artificial como as redes neurais com diferentes níveis de complexidade. Estes algoritmos podem estimar com erros de predição da ordem dos 2%, a necessidade de água à escala do aproveitamento hidroagrícola para os subsequentes 7 dias, a partir da ocupação cultural, dos registos de contadores de hidrantes e do clima. Esta informação permite otimizar a gestão tanto do recurso água em situações de escassez, como da energia necessária para o funcionamento dos sistemas de rega, com o conseguinte ajuste dos custos da rega e sua repercussão na rentabilidade das explorações.

Os aproveitamentos hidroagrícolas ou as empresas agrícolas de alto nível de digitalização têm possibilidade de implementar sistemas de suporte à decisão de última geração, como os gémeos digitais, que integrem as distintas ferramentas descritas anteriormente (desde sensores IoT, teledeteção, modelação hidráulica, sistemas preditivos). Um gémeo digital de um aproveitamento hidroagrícola ou de uma empresa agrícola, é uma réplica virtual do sistema de distribuição de água desde o ponto da captação (estação de bombagem, pontos de captação do rio/barragem) aos hidrantes na parcela, que está conectada com o sistema real através de uma rede de equipamentos (caudalímetros e sensores de pressão) em tempo real. O operador do sistema pode simular o comportamento da rede do bloco de rega/aproveitamento hidroagrícola, considerando as características reais, proporcionadas pela monitorização com os equipamentos, perante múltiplos cenários de funcionamento, por exemplo, variação da dotação de água segundo a cultura ou grupo de culturas associadas a cada hidrante.

7. Referências Bibliográficas

ALABARCES e al. (2004) Manual de Riego de Jardines. Junta de Andalucía. Cordoba

AGIR (2018) - Projeto Grupo Operacional (2017-2020) AGIR - sistema de avaliação da eficiência hídrica e energética em aproveitamentos hidroagrícolas (<http://www.fenareg.pt/agir-sistema-de-avaliacao-da-eficiencia-do-uso-da-agua-e-da-energia-em-aproveitamentos-hidroagricolas/>)

Allen, R. G.; Raes, D.; Smith, M. & Pereira, L. S. (1998) - Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Roma.

Brandão, A. M. 2006. Alterações climáticas na agricultura portuguesa: instrumentos de análise, impactos e medidas de adaptação. Lisboa: Tese de Doutoramento em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia.

DGADR (2020) - Aproveitamentos hidroagrícolas do grupo II no Continente – culturas e áreas regadas em 2019.

Dow, K., Kasperson, R. E., & Bohn, M. (2007). Exploring the social justice implications of adaptation and vulnerability. In W. N. Adger, I. Lorenzoni, & K. L. O'Brien (Eds.), *Adapting to climate change: Thresholds, values, governance* (pp. 79–96). Cambridge University Press.

Estratégia de Adaptação da Agricultura e das Florestas às Alterações Climáticas. Portugal Continental (2013) -. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território

Estratégia Nacional para as Florestas -ENF, (2006) Resolução Conselho de Ministros n.º 114/2006

Estratégia Nacional para a Conservação da Natureza e Biodiversidade (2018) Resolução Conselho de Ministros n.º 55/2018

Girona, J. (2006). La respuesta del cultivo del almendro al riego. *Vida Rural*, 234, 12-16.

Girona, J., Mata, M. & Marsal, J. (2005). Regulated deficit irrigation during the kernel-filling period and optimal irrigation rates in almond. *Agricultural Water Management*

Iglesias, A., Estrela, T., & Gallart, F. (2005). Impactos sobre los recursos hídricos. In J. M. Moreno Rodríguez (Coord.), Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Proyecto ECCE — Informe final (pp. 303–354). Ministerio de Medio Ambiente

Mínguez Tudela, M. I., Ruiz Mantecón, A., & Estrada Peña, A. (2005). Impactos sobre el sector agrario. In J. M. Moreno Rodríguez (Coord.), Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Proyecto ECCE — Informe final (pp. 437–468). Ministerio de Medio Ambiente.

Moreno Rodríguez, J. M. (Coord.) (2005). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Proyecto ECCE — Informe final. Ministerio de Medio Ambiente, Centro de Publicaciones. ISBN: 84-8320-303-0.

PNUEA (2012) -Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água -Implementação 2012 – 2020, Agência Portuguesa do Ambiente, Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território.

Pastor, M. (2005) - Cultivo del Olivo com Riego Localizado. Junta de Anadalucía: Consejería de Agricultura y Pesca. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Pires, V.; Cota, T.M.; Silva, A. (2018) - Observações alteradas no clima atual e cenários climáticos em Portugal Continental-influência no setor agrícola. Cultivar, 12, 57–67.

Plano de Prevenção, Monitorização e Contingência para Situações de Seca (2017) - Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território.

Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação – PANCD (2014) Resolução do Conselho de Ministros n.º 78/2014, Diário da República n.º 248/2014, Série I.

Agência Portuguesa do Ambiente – APA, I.P. (s.d.). Programa de Vigilância e Alerta de Secas (PVAS).

PEREIRA, L. S. (2005) – Necessidades em Água e Métodos de Rega. Coleção Euroagro. Edições Europa – América. Lisboa.

Rolim, J., Teixeira, J.L., Catalão, J., & Shahidian, S. (2017) - The impacts of climate change on irrigated agriculture in Southern Portugal. Irrigation and Drainage, 3-18.

STEDUTO P.; HSIAO T. C.; FERERES E. (2012) - Irrigation and drainage paper 66. Crop yield response to water. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome

<http://www.dgadr.gov.pt/>