

Recebido em 20 de Setembro de 1986

Agricultura e gestão da água

I - Avaliação e previsão de necessidades de água para a rega em Portugal Continental

por

LUÍS SANTOS PEREIRA

Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia
da Universidade Técnica de Lisboa

e

VICTOR CORREIA PAULO

Engenheiro Agrónomo da HIDROPROJECTO, Lisboa

RESUMO

O presente trabalho dá conta de estudos, visando a gestão dos recursos hídricos, realizados para a avaliação dos consumos e das necessidades de água para a rega no Continente e previsão da sua evolução para os horizontes dos anos 2000 e 2020. Para o efeito, tomando como base regiões agro-ecológicas, caracterizaram-se as culturas representativas dos sistemas de agricultura de regadio que serviram de base aos cálculos dos consumos e necessidades de água. Com esta finalidade: calculou-se a evapotranspiração máxima das culturas (ET_m); definiram-se coeficientes de redução (K_e) da ET_m de acordo com os níveis de produção a atingir; estabeleceram-se critérios de evolução dos K_e de acordo com a evolução tecnológica previsível; efectuaram-se os balanços hídricos para a rega, para calcular os volumes úteis de rega (RU), actuais e futuros; estimaram-se as eficiências de rega globais (e_p) e estabeleceram-se critérios para prever a sua evolução; determinaram-se as áreas de regadio e formularam-se hipóteses para a sua expansão; finalmente, combinando os valores estimados para RU , e_p e áreas regadas, calcularam-se os consumos e as necessidades de água para a rega. Cálculos e resultados foram referidos a regiões hidrográficas. É lícito concluir

pela adequação da metodologia utilizada e, apesar da carência de informações, os resultados mostram das possibilidades de desenvolvimento do regadio e da importância de consumos e necessidades de água para a rega.

RÉSUMÉ

Ce travail rend compte d'études réalisées pour l'évaluation des consommations et des besoins en eau pour l'irrigation dans le Portugal et de la prévision de son évolution pour les horizons des années 2000 et 2020, en envisageant la gestion des ressources en eau. A ce fin, on a fait la caractérisation des cultures représentatives des systèmes d'agriculture irriguée selon des régions agro-écologiques, ce qui a servi pour fonder les calculs des consommations et des besoins en eau. La méthodologie suivie fut la suivante: on a calculé l'évapotranspiration maximale des cultures (ET_m); on a défini des coefficients de réduction (K_e) de l' ET_m d'après les niveaux de production atteints et, selon des critères choisis, son évolution future a été prévue d'après l'évolution technologique prévisible; pour calculer les volumes utiles d'irrigation (RU) on a fait les bilans hydriques du sol dans les conditions présent et future; on a estimé les rendements de l'irrigation (e_p) et établi les critères de son évolution future; on a calculé les surfaces irriguées et leur croissance future; à la fin, en combinant les données ci-dessus, on a calculé les consommations et les besoins en eau par région hydrographique. On a pu conclure que la méthodologie utilisée s'est avérée adéquate et que, malgré le manque d'informations disponibles, les résultats montrent bien tant de larges possibilités pour le développement de l'irrigation que l'importance des consommations et des besoins en eau pour l'irrigation.

SYNOPSIS

This paper reports on assessment of water consumption and needs for irrigation in Portugal and on prevision of their evolution up to years 2000 and 2020, aiming water resources management. The characterization of representative crops of the agro-ecological regions was done for calculation of related water consumption and needs. The following methodology has been utilized: i) calculation of maximum evapotranspiration (ET_m), ii) definition of reduction coefficients (K_e) to correct ET_m according yields; iii) prevision of K_e future evolution related to adoption of production technologies; iv) calculation of irrigation volumes (RU) using soil water balance methods for present and future conditions; v) estimation of global irrigation efficiencies (e_p) and prevision of its future evolution; vi) calculation of irrigation areas and prevision of its future development; vii) calculation of water consumption and needs for each hydrographic region. It has been concluded that methodology was satisfactorily accurate despite existing lack of information. Results show that large possibilities for irrigation development exist and make evident how important irrigation water consumption and needs are.

1. INTRODUÇÃO

A utilização racional dos recursos hídricos envolve uma problemática complexa, tanto maior quanto sejam limitados os recursos disponíveis, quer em quantidade, quer em qualidade. De facto, o desenvolvimento das actividades económicas e o incremento das necessidades das populações vêm criando necessidades em água crescentes, originando situações concorrenciais para os seus consumos, nomeadamente em relação à actividade agrícola. Neste quadro, a avaliação e a previsão dos consumos e necessidades agrícolas constitui um factor de importância fundamental, tanto para a gestão da água, como para a planificação do desenvolvimento do regadio.

O desenvolvimento agrícola depende, cada vez mais, da introdução de novos processos tecnológicos de produção, adequados às condições estruturais e agro-ecológicas, com a correspondente adopção de novas variedades e cultivares que aumentem a rendibilidade dos factores de produção. No entanto, a inovação tecnológica, em particular o recurso a variedades altamente produtivas, mais exigentes em água e mais sensíveis à sua carência, obriga à plena satisfação das necessidades em água das culturas, isto é, exige um domínio mais perfeito da água como factor de produção (PEREIRA, 1984b).

Este aspecto assume particular importância no nosso país, onde existe uma nítida discordância entre os regimes térmico-energético e pluvial. Assim, o desenvolvimento agrícola e, consequentemente, o aumento do nível de vida no meio rural passam quer pela intensificação, melhoramento e reabilitação dos regadios existentes, quer pela expansão das áreas regadas, isto é, pelo desenvolvimento do regadio.

O desenvolvimento do regadio depende, no entanto, da existência de uma forte dinâmica interna do sector agrícola, que permita encontrar soluções para os problemas de natureza técnica, institucional e sociocultural que se consubstanciem numa política agrícola coerente, bem como da existência de adequada política de gestão dos recursos hídricos, por forma a compatibilizar os interesses concorrenciais entre sectores e actividades. O reconhecimento e a previsão das necessidades de água para a rega assumem, assim, importância fundamental.

As necessidades de água para a rega exprimem-se em quantidade e em qualidade. As necessidades quantitativas são função do clima, das culturas, dos sistemas culturais, dos solos, das tecnologias de produção e das tecnologias de rega, estas últimas como determinantes da eficiência da rega. As exigências qualitativas prendem-se com os teores em sais e sedimentos transportados, afectando a produção por toxicidade para as plantas, ou deteriorando os equipamentos de rega, ou, ainda, provocando a degradação progressiva das características físico-químicas dos solos e da sua capacidade produtiva. A avaliação e projecção futura das necessidades de água para a rega baseiam-se nos consumos, considerando porém que os mesmos deverão ser satisfeitos por disponibilidades de água de qualidade adequada. Da mesma forma se considera que o desenvolvimento do regadio pressupõe coerente solução das necessidades de drenagem que lhe estão associadas.

A avaliação da situação actual (referida a 1980) e das projecções de necessidades de água para a rega referentes aos horizontes dos anos 2000 e 2020, que seguidamente se apresenta, realizou-se no quadro do balanço global necessidades-disponibilidades hídricas, servindo tanto as perspectivas de ordenamento do território e de gestão dos recursos hídricos, como as perspectivas de desenvolvimento do regadio e de desenvolvimento agrícola⁽¹⁾.

2. INFORMAÇÃO DE BASE

2.1. REGIÕES AGRO-ECOLÓGICAS, CULTURAS E SISTEMAS CULTURAIS.

As condições agro-ecológicas são determinantes das necessidades de água para a rega, não só pela influência directa no processo de evapotranspiração, como também por condicionarem a

⁽¹⁾ O presente artigo baseia-se na contribuição dos autores para estudo a nível de Portugal Continental (HENRIQUES, 1985) e em comunicação ao Simpósio sobre o Desenvolvimento do Regadio em Portugal (APRH, 22-24 Fevereiro de 1984), apresentada pelos autores (PEREIRA e PAULO, 1984).

adaptação das culturas, sistemas culturais e tecnologias conexas. Deste modo, optou-se por dividir o país em regiões que apresentassem características agro-ecológicas suficientemente próximas por forma a poderem ser tratadas como homogéneas (Figura 1). Embora a delimitação utilizada enferme de importantes simplificações, dada a natureza global de tratamento dos problemas - à escala de Portugal Continental - e dada a insuficiência de dados que permitissem uma cobertura de informação com malha mais apertada, considerou-se que seria inútil uma definição agro-ecológica mais detalhada. Naturalmente, a efectuar-se o estudo a uma escala de análise diferente, a definição das regiões deverá ser sujeita a outros critérios.

No sentido de concretizar adequada estimativa dos consumos de água para a rega, definiu-se, para cada região agro-ecológica, uma rotação tipo incluindo culturas representativas do regadio actual e com alta probabilidade de representação nos horizontes considerados para a evolução futura. Atendendo às condições climáticas prevalentes em cada região, nomeadamente ao regime térmico e às disponibilidades energéticas, definiram-se os ciclos culturais de cada cultura na perspectiva da melhor eficiência energética e para variedades de alta produção, como se apresenta no Quadro 1.

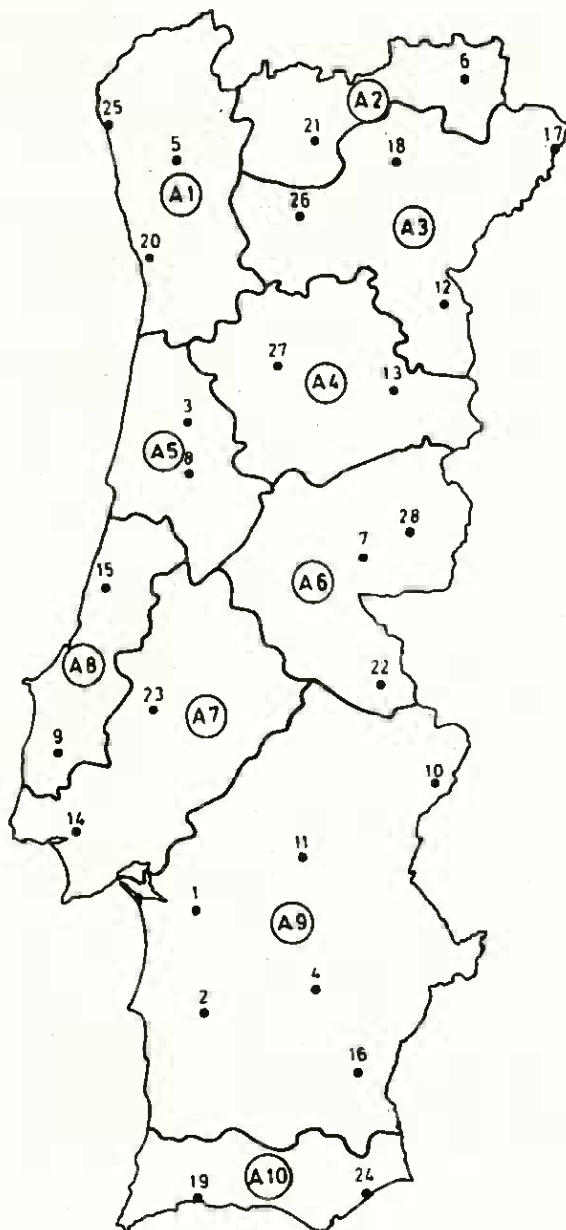
2.2. INFORMAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA.

Para o cálculo da evapotranspiração de referência seleccionaram-se as 28 estações meteorológicas identificadas no Quadro 2 e na Figura 1. A escolha do período de base de cálculo assentou na década 1951/52 - 1960/61 por se ter verificado (HENRIQUES, 1985) que representa adequadamente as condições médias e de variação das principais variáveis que intervêm no cálculo da evapotranspiração de referência e no cálculo do balanço hídrico.

2.3. REGIÕES HIDROGRÁFICAS.

As unidades de análise do balanço necessidades-disponibilidades, numa perspectiva de gestão dos recursos hídricos, são as regiões hidrográficas, isto é, regiões "cujos limites são aproximadamente definidos pelas linhas divisórias das bacias hidrográficas

FIGURA 1 — *Regiões agro-ecológicas consideradas, seguindo os limites da divisão administrativa dos concelhos, com indicação das estações meteorológicas utilizadas no estudo.*



QUADRO 1 — Culturas e sistemas culturais.

| Região | Culturas representativas | Ciclo cultural | | |
|--------------------------------|------------------------------------|----------------|-------|----------------|
| | | Início | Fim | Duração (dias) |
| Noroeste (A1) | Milho grão | 15/5 | 30/9 | 135 |
| | Hortícola (Feijão Verde) | 1/6 | 15/9 | 105 |
| | Silagem (Milho/Sorgo) | 15/5 | 15/9 | 120 |
| | Prado | - | - | 365 |
| Terra fria Transmontana (A2) | Batata (semente) | 15/5 | 15/9 | 120 |
| | Cereal praganoso | 15/10 | 30/6 | 258 |
| | Prado | - | - | 365 |
| | Prado | - | - | 365 |
| Nordeste (A3) | Milho | 15/5 | 15/9 | 135 |
| | Cereal praganoso | 1/11 | 30/6 | 242 |
| | Batata | 1/4 | 30/7 | 120 |
| | Prado | - | - | 365 |
| Beira Alta (A4) | Prado | - | - | 365 |
| | Milho | 15/5 | 30/9 | 135 |
| | Batata | 1/5 | 15/8 | 105 |
| | Fornagem | 15/5 | 15/9 | 120 |
| Beira Litoral (A5) | Arroz | 1/5 | 15/9 | 135 |
| | Milho | 1/5 | 30/9 | 150 |
| | Hortícolas | 15/5 | 15/9 | 120 |
| | Fornagem (Milho Sorgo) | 15/5 | 15/9 | 120 |
| Beira Interior (A6) | Fruteiras (Prunóideas e Pomóideas) | - | - | 365 |
| | Horto-industriais | 15/5 | 15/9 | 120 |
| | Milho | 1/5 | 30/9 | 150 |
| | Prado | - | - | 365 |
| Estremadura (A8) | Prado | - | - | 365 |
| | Fruteiras (Prunóideas e pomóideas) | - | - | 365 |
| | Hortícolas (f.verde x couve) | 1/3 | 15/7 | 135 |
| | Milharada | 15/5 | 30/9 | 135 |
| Vale do Tejo (Baixo Tejo) (A7) | Arroz | 15/4 | 15/10 | 180 |
| | Milho grão | 15/4 | 30/9 | 165 |
| | Fornagem (Milho/Sorgo) | 1/5 | 15/9 | 135 |
| | Horto-industriais (Tomate) | 1/5 | 15/9 | 135 |
| Alentejo (A9) | Cereal praganoso | 15/11 | 30/6 | 228 |
| | Arroz | 15/4 | 15/10 | 180 |
| | Prado permanente | - | - | 365 |
| | Horto-industriais (Tomate) | 1/5 | 15/9 | 135 |
| Algarve (A10) | Fornagem (Milho) | 1/5 | 30/9 | 150 |
| | Cereal | 15/11 | 30/6 | 228 |
| | Fruteiras (Citrinos) | - | - | 365 |
| | Hortícolas (Tomate x batata) | 15/3 | 15/7 | 120 |
| | | 30/7 | 15/11 | 105 |
| | Fornagem (Luzerna) | - | - | 365 |

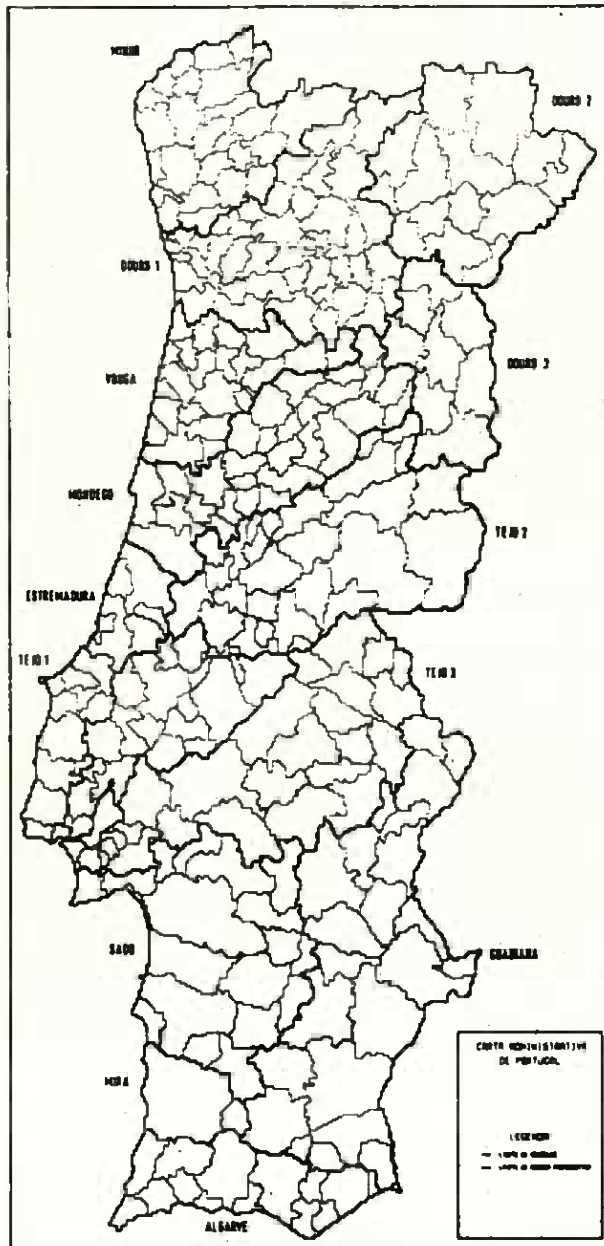
QUADRO 2 — *Estações meteorológicas.*

| | Estação | Latitude | | Longitude | | Altitude (m) |
|----|-----------------------|----------|----|-----------|----|-----------------|
| | | (G | M) | (G | M) | |
| 1 | Alcácer do Sal | 38 | 23 | 8 | 31 | 51,0 |
| 2 | Alvalade | 37 | 55 | 8 | 24 | 61,0 |
| 3 | Anadia | 40 | 26 | 8 | 26 | 45,0 |
| 4 | Beja | 38 | 01 | 7 | 52 | 272,0 |
| 5 | Braga | 41 | 33 | 8 | 24 | 190,0 |
| 6 | Bragança | 41 | 49 | 6 | 46 | 720,0 |
| 7 | Castelo Branco | 38 | 49 | 7 | 29 | 390,0 |
| 8 | Coimbra | 40 | 12 | 8 | 25 | 141,0 |
| 9 | Dois Portos | 39 | 02 | 9 | 11 | 90,0 |
| 10 | Elvas | 38 | 53 | 7 | 09 | 208,0 |
| 11 | Évora | 38 | 34 | 7 | 54 | 309,0 |
| 12 | F. Castelo Rodrigo | 40 | 53 | 7 | 02 | 587,0 |
| 13 | Guarda | 40 | 32 | 7 | 16 | 1019,0 |
| 14 | Lisboa | 38 | 43 | 9 | 09 | 77,1 |
| 15 | Marinha Grande | 39 | 46 | 8 | 56 | 83,0 |
| 16 | Mértola | 37 | 42 | 7 | 52 | 190,0 |
| 17 | Miranda do Douro | 41 | 30 | 6 | 16 | 693,0 |
| 18 | Mirandela | 41 | 29 | 7 | 11 | 250,0 |
| 19 | Praia da Rocha | 37 | 07 | 8 | 32 | 19,0 |
| 20 | Porto, Serra do Pilar | 41 | 08 | 8 | 36 | 94,6 |
| 21 | Pedras Salgadas | 41 | 33 | 7 | 36 | 613,0 |
| 22 | Portalegre | 39 | 17 | 7 | 26 | 462,0 |
| 23 | Santarém | 39 | 15 | 8 | 42 | 54,0 |
| 24 | Tavira | 37 | 07 | 7 | 39 | 25,0 |
| 25 | Viana do Castelo | 41 | 42 | 8 | 50 | 11,0 |
| 26 | Vila Real | 41 | 17 | 7 | 45 | 423,0 |
| 27 | Viseu | 40 | 40 | 7 | 55 | 443,0 |
| 28 | Zebreira | 39 | 51 | 7 | 03 | 391,0 |

adaptadas aos limites dos concelhos” e seguindo, na medida do possível, critérios de adequada homogeneidade socio-económica e de equilíbrio de dimensões entre as diversas regiões (HENRIQUES, 1985). A Figura 2 mostra as regiões hidrográficas consideradas.

A extrapolação dos dados de necessidades hídricas, calculadas para cada estação meteorológica de acordo com as condicionantes culturais definidas para a região agro-ecológica em que se situam,

FIGURA 2 — *Regiões hidrográficas* (HENRIQUES, 1985).



foi feita por ponderação, tomando como pesos as áreas de influência de cada estação meteorológica.

3. EVAPOTRANSPIRAÇÃO E CONSUMOS DE ÁGUA NA REGA

3.1. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA.

A evapotranspiração é o processo de perda de vapor de água para a atmosfera através de superfícies complexas, mortas ou vivas, em particular o solo e as plantas. Este fenómeno compreende tanto a evaporação, respeitante às perdas a partir de superfícies inertes, como a transpiração, relativa à passagem de água para a atmosfera através das plantas.

A variabilidade de condições para a evapotranspiração, diferentes de um para o outro coberto, obriga à necessidade de definição de condições padrão, que sirvam à comparação entre diferentes cobertos vegetais e entre condições diversas para um mesmo coberto. Define-se assim a evapotranspiração de referência (ET_0): a taxa de evapotranspiração de uma superfície extensa de relva verde, com uma altura uniforme de 8 a 15 cm crescendo activamente, cobrindo completamente o solo e sem restrições de água⁽²⁾.

Assim, sendo padronizadas as condições que influenciam o comportamento do solo e do coberto vegetal na evaporação e na transpiração, a variação da taxa de evapotranspiração é essencialmente determinada pelas condições climáticas. Este facto permite estimar ET_0 através de fórmulas ou modelos climáticos que fornecem a evapotranspiração potencial climática (ET_p).

De acordo com resultados obtidos em diversas outras regiões, o estudo divulgado por FERREIRA e PEREIRA (1983) mostrou que as fórmulas de Penman e da radiação são as que melhor reproduzem as condições reais de evapotranspiração. Assim, dado que as estações meteorológicas escolhidas não ofereciam dados suficientes para o cálculo da ET_p (Penman) para o período de re-

(²) Os conceitos e a nomenclatura utilizados são os propostos por PEREIRA e FERREIRA (1983).

ferência em todas as estações, optou-se por estimar ET_0 a partir da ET_p (radiação).

Para o seu cálculo utilizou-se o método aconselhado pela FAO (DOORENBOS e PRUITT, 1977), previamente comprovado no estudo comparativo citado (FERREIRA e PEREIRA, 1983).

3.2. EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA. COEFICIENTES CULTURAIS.

A rega tem como objectivo a obtenção da máxima produção das culturas regadas. Como é sabido, abaixo de dados teores de humidade do solo (variáveis com as características das culturas, com as características do solo e com as condições climáticas representadas pela ET_0) a evapotranspiração real vai decrescendo, afectando-se então as funções fisiológicas das plantas e, consequentemente, a produção. Assim, a rega deverá proporcionar condições tais que a taxa de evapotranspiração das culturas se situe ao nível da produção máxima, a qual se designa por evapotranspiração máxima (ET_m). A ET_m pode estimar-se a partir da ET_0 recorrendo aos coeficientes culturais (K_c), coeficientes adimensionais tais que:

$$ET_m = K_c ET_0 \quad (1)$$

Os coeficientes K_c são característicos das culturas, variam com as fases e duração do ciclo vegetativo, e são influenciados pelas condições climáticas locais.

Na ausência de experimentação para as condições portuguesas, determinaram-se os K_c com base nos elementos propostos pela FAO (DOORENBOS e PRUITT, 1977; DOORENBOS e KASSAM, 1979). Na definição dos K_c para as diferentes fases do ciclo vegetativo das culturas escolhidas (Quadro 1) tomaram-se em consideração os valores médios da ET_0 , a frequência de precipitação superior a 10 mm em ano médio durante as fases iniciais dos ciclos vegetativos, bem como as condições médias de humidade relativa e da velocidade do vento, dadas pelas normais climatológicas das estações utilizadas (Quadro 2).

3.3. DOTAÇÕES ÚTEIS DE REGA.

A dotação útil de rega (DU) é a quantidade de água a aplicar em cada rega, por unidade de superfície, para compensar apenas as perdas por evapotranspiração. Depende fundamentalmente das características físicas do solo, podendo definir-se através da relação

$$DU = p Sa Z \quad (2)$$

exprimindo DU em função da profundidade de solo a humedecer (Z), expressa em m; da capacidade utilizável (Sa), expressa em mm/m; e da percentagem de água facilmente utilizável (p), que pode ser consumida sem que o desenvolvimento e a produção da cultura sejam afectados (o que depende necessariamente da cultura, das fases do seu ciclo vegetativo, das características físico-químicas do solo e da taxa de evapotranspiração (ETm)).

Dada a natureza deste estudo, cobrindo todo o Continente e visando, apenas, o conhecimento das necessidades globais, considerou-se um solo tipo em que a conjugação da profundidade e da capacidade utilizável conduz a um armazenamento útil $U = 100$ mm, que traduz condições médias do país. Assim, as dotações úteis apenas variam com as culturas em função da percentagem de água facilmente utilizável (p), tendo-se adoptado os valores propostos por DOORENBOS e PRUITT (1977).

4. FACTORES CONDICIONANTES DA ESTIMATIVA DAS NECES- SIDADES DE ÁGUA PARA A REGA

4.1. RELAÇÕES REGA-PRODUÇÃO.

O estudo das relações entre os níveis de satisfação das necessidades hídricas das culturas e as correspondentes produções tem sido objecto de numerosos estudos, que têm fornecido informação muito esclarecedora: existe uma relação directa entre os níveis de satisfação da capacidade de evapotranspiração dos cobertos vegetais e os consequentes níveis de produção, sendo as respostas influenciadas pela sensibilidade das culturas às deficiências hídricas, registadas quer ao longo do ciclo vegetativo, quer durante deter-

minadas fases do mesmo ciclo.

Tais relações têm sido expressas por numerosos modelos cuja utilização, discutida em PEREIRA (1984b), permite detectar a influência do nível de satisfação das necessidades hídricas sobre a produção. Por se tratar de estudo orientado para a definição das necessidades globais da água para a rega, o modelo mais adequado é o de STEWART (STEWART *et al.*, 1977; DOORENBOS e KASSAM, 1979), cujos resultados são altamente encorajadores (HANKS, 1982). Este modelo relaciona o défice de produção com o défice hídrico através de um coeficiente (Ky) de sensibilidade da cultura às carências em água:

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = Ky \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (3)$$

O défice de produção é obtido a partir da relação entre a produção realmente obtida (Y_a), designada produção actual, e a produção máxima (Y_m) que se pode obter com as disponibilidades energéticas locais e utilizando variedades, cultivares e tecnologias de produção verdadeiramente adequadas às condições agro-ecológicas prevaletentes. Por seu lado, o défice hídrico é calculado a partir da relação entre a evapotranspiração real da cultura regada correspondente à produção Y_a , designada evapotranspiração actual (ET_a), e a já definida ET_m , a que corresponde a produção Y_m .

Precisando o conceito de produção máxima de uma cultura (Y_m), podemos defini-la como a quantidade de produto que é susceptível de ser colhido utilizando uma variedade ou cultivar altamente produtiva, bem adaptada às condições do meio, em condições não-limitantes para o seu desenvolvimento, nomeadamente no que respeita à água, aos fertilizantes e ao seu estado sanitário.

Na ausência de resultados experimentais seguros, Y_m pode ser estimada a partir de modelos, como os de SLABERS (ou de WAGENINGEN) e de KASSAM (ou das zonas agro-ecológicas), cuja utilização é sugerida por DOORENBOS e KASSAM (1979), e já ensaiados para as condições portuguesas (AVELAR *et al.*, 1982). Porém, para as culturas escolhidas (Quadro 1), apenas se dispunha de informação suficiente para o modelo de KASSAM:

$$Y_{mp} = CL.CN.CH.G.Y_o \quad (4)$$

em que a produção máxima potencial (Y_{mp}) é função do desenvolvimento vegetativo e do índice da área foliar (factor CL), da energia radiante disponível para o crescimento (factor CN), da fracção da planta que não é colhida (factor CH), da duração do ciclo cultural (G) e da produção bruta de matéria seca da cultura de referência (Y_0). Este parâmetro, por sua vez, é dado pelo modelo de DE WIT (DOORENBOS e KASSAM, 1979), que relaciona a actividade fotossintética com a energia radiante posta à disposição da cultura.

Os resultados obtidos para Y_{mp} foram confrontados com resultados experimentais obtidos por diversos investigadores e, posteriormente, assumidos como valores da produção máxima Y_m , passando, pois, a representar as produções correspondentes a níveis óptimos das tecnologias de produção agrícola em regadio.

Para estimar a produção actual Y_a recorreu-se a várias fontes de informação, nomeadamente às estatísticas agrícolas do INE e aos dados contidos nos estudos da JHA (1974) e de SOARES (1981).

Conhecidas, assim, Y_a , Y_m e ET_m , utilizando valores de K_y referentes à totalidade do ciclo cultural propostos por DOORENBOS e KASSAM (1979), a partir do modelo de STEWART (3) estimou-se:

$$ET_a = \left[1 - \frac{1}{K_y} \left(1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right) \right] ET_m \quad (5)$$

Consequentemente, foi possível obter os coeficientes

$$K_e = 1 - \frac{1}{K_y} \left(1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right) \quad (6)$$

que designamos por coeficientes de redução da evapotranspiração das culturas, e que corrigem os valores calculados para ET_m sempre que a produção Y_a seja inferior a Y_m . Os baixos valores das produções em regadio que se verificam entre nós conduziram a fortes reduções da ET_m ⁽³⁾, para valores da ET_a muitas vezes

(3) Por se considerarem rotações de culturas, os valores da ET_m e de K_e calculados para cada cultura foram sujeitos à consequente ponderação de forma a definir os valores correspondentes às rotações características de cada região (Quadro 1).

inferiores à ET_p (Thornthwaite), o que condiz com a informação que se possui sobre a condução (tradicional) da rega no país.

Para realizar as projecções referentes aos horizontes dos anos 2000 e 2020, partiu-se do pressuposto de que é possível uma evolução tecnológica da produção agrícola em regadio, incidindo tanto na condução da rega - volumes e oportunidades das regas -, como no emprego dos factores de produção - sementes melhoradas de variedades mais produtivas e adaptadas às condições ecológicas regionais, fertilizações respondendo às necessidades específicas das culturas, dos solos e dos níveis de produção, correcções dos solos, controlo de infestantes e tratamentos fitossanitários oportunos e cuidados.

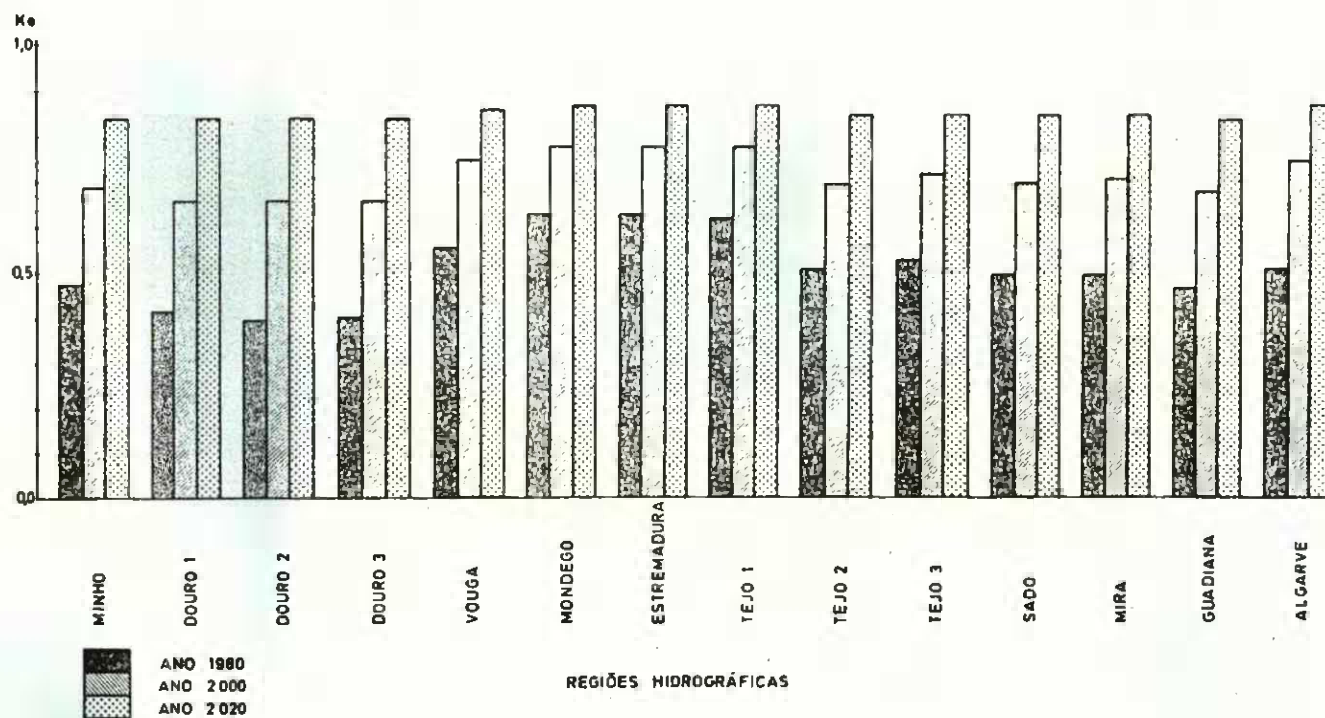
Admitiu-se, porém, que a produção máxima só seria atingida por alguns agricultores e que, conseqüentemente, a produção média regional se venha a situar em cerca de 80% de Y_m , no horizonte do ano 2020. Tal facto corresponde a prever que as produções médias em regadio dupliquem, aproximadamente, nas próximas décadas, o que é perfeitamente realizável se, a par da inovação tecnológica, se resolverem as questões institucionais relativas ao desenvolvimento do regadio (PEREIRA, 1984a; 1985-1987).

Na projecção aos horizontes dos anos 2000 e 2020 optou-se portanto por uma progressão quase linear das tecnologias a partir da situação actual, mais acentuada no campo das culturas hortícolas, menos no que respeita às culturas arvenses e horto-industriais de regadio. Pode observar-se que são esperadas progressões menos espectaculares nas regiões onde as produções unitárias são já mais elevadas (Figura 3).

4.2. BALANÇO HÍDRICO PARA A REGA.

A quantidade de água a aplicar na rega em dado período de tempo, não considerando as perdas por escoamento, por infiltração profunda ou por percolação, pode ser calculada através do balanço hídrico do solo. Assim, para dado período, o volume de

FIGURA 3 — Evolução dos coeficientes K_e , de redução da ET_m , entre a situação actual (1980) e os horizontes dos anos 2000 e 2020 relativamente às culturas arvenses e horto-industriais de regadio.



rega

$$RU = \sum_{i=1}^n DU_i \quad (7)$$

é função

$$RU = ETa + FL + Wf - (Wi + Pu + GR) \quad (8)$$

da evapotranspiração real (ETa) correspondente à produção Y_a prevista; da fracção de lavagem (FL), quantidade de água a aplicar para a lavagem dos sais no perfil cultural; dos volumes de água armazenados no solo no início (Wi) e no final do período (Wf); da precipitação útil (Pu); e do volume de água que atinge a zona radicular a partir de lençóis livres subjacentes (GR). Considerando-se situações generalizáveis às diversas regiões agro-ecológicas, desprezaram-se quer as entradas GR (embora possam ser localmente importantes) quer as necessidades FL (a ser consideradas em situações particulares).

4.3. INFLUÊNCIA DAS TECNOLOGIAS DE REGA NAS NECESSIDADES EM ÁGUA. EFICIÊNCIAS DA REGA.

Os volumes RU determinados através do balanço hídrico dizem apenas respeito às quantidades de água a fornecer às culturas para satisfazer as necessidades da evapotranspiração, independentemente das tecnologias de rega relativas quer ao método ou processo de aplicar a água na parcela, quer à distribuição da água aos regantes, quer à condução a partir das origens da água. A definição das necessidades globais de água para a rega na origem obriga, assim, a considerar a influência de tais tecnologias sobre as perdas por evaporação, por escoamento, por percolação e por infiltração profunda. Para o efeito há que estimar as eficiências da rega (ICID, 1978):

- a eficiência da aplicação, na parcela regada

$$e_a = \frac{Vm}{Vf} \quad (9)$$

relação entre a quantidade de água necessária para manter a humidade do solo ao nível requerido pela cultura (V_m) e a quantidade fornecida na tomada de água na parcela (V_f);

- a eficiência do sistema de distribuição

$$e_d = \frac{V_f}{V_d} \quad (10)$$

relação entre os volumes fornecidos às tomadas de água da rede de distribuição (V_f) e o volume recebido, a montante, pela rede de distribuição considerada (V_d);

- a eficiência do sistema de transporte ou condução

$$e_c = \frac{V_d}{V_c + V_l} \quad (11)$$

relação entre os volumes fornecidos à rede de distribuição (V_d) e os volumes recebidos pelo canal ou conduta de transporte, quer a montante (V_c), quer durante o percurso (V_l);

- a eficiência global ou eficiência do projecto

$$e_p = \frac{V_m}{V_c + V_l} \quad (12)$$

ou

$$e_p = e_a e_d e_c \quad (13)$$

que integra todas as perdas do sistema.

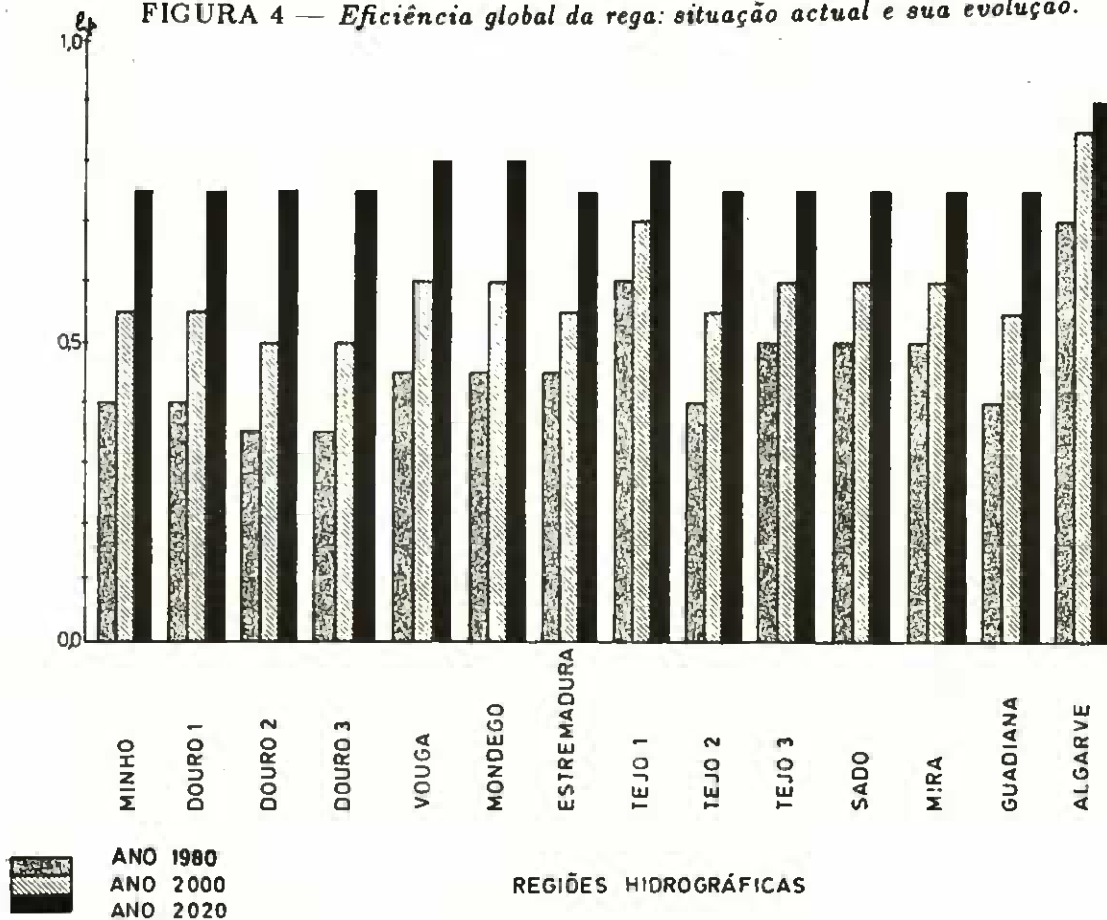
Ao presente estudo interessou uma abordagem global, que permitisse estudar as eficiências de projecto médias para cada região e, assim, passar dos volumes úteis de rega (RU) aos volumes necessários para o regadio (VR).

Na ausência, mais uma vez, de dados experimentais, houve que utilizar como referência dados publicados, alguns referentes ao nosso país (BOS e NUGTEREN, 1983), e relacionar as condições tecnológicas dos regadios regionais com os dados disponíveis de alguns exemplos (ALLEN e BROCKWAY, 1982; DAVENPORT e HAGAN, 1982; TROUT, 1983; WAYATT, 1983). Distinguiram-se os pequenos regadios tradicionais alimentados por levadas, ou a partir de poços; os pequenos regadios modernos, a partir de pequenas barragens ou recorrendo a águas subterrâneas profundas; os médios e grandes regadios modernos construídos pelo Estado. Além disso, tomou-se em conta a influência das dimensões das parcelas - a eficiência tende a aumentar com a dimensão da parcela e, sobretudo, com a diminuição do número de parcelas servidas por uma mesma tomada de água - e a influência dos métodos de rega, correspondendo maiores eficiências de aplicação aos métodos de rega localizada e menores aos métodos de rega de superfície não melhorados.

As estimativas feitas para a eficiência global da rega e sua evolução futura nas diversas regiões hidrográficas consideradas são apresentadas na Figura 4. Assim, actualmente, excepção feita ao Algarve e ao Vale do Tejo, as eficiências globais são bastante baixas. Tal facto resulta, no Norte, da carência de estruturas de derivação ou captação convenientes, e do envelhecimento e má conservação das redes de transporte e distribuição, embora se admita que as eficiências na aplicação sejam aceitáveis. No Sul, com excepção do Vale do Tejo, com tradições de regadio, as baixas eficiências dever-se-ão principalmente às eficiências na aplicação. No Algarve as eficiências são melhores já que, para além de tradições de regadio, se têm adoptado métodos apropriados à rega de pomares, culturas horticolas e estufas, a que correspondem, em geral, eficiências mais altas.

A evolução tecnológica em matéria de rega passa, em larga medida, por investimentos na modernização e reabilitação das infra-estruturas de rega nos regadios tradicionais (PEREIRA e VIEL-

FIGURA 4 — Eficiência global da rega: situação actual e sua evolução.



RA, 1985), enquanto o desenvolvimento de tecnologias de rega apropriadas às condições locais é um processo lento nas condições portuguesas (carentes de investigação e de experimentação em regadio). Assim, entendeu-se que a melhoria esperada das eficiências de rega seria relativamente pequena nas décadas mais próximas, podendo crescer mais rapidamente para o horizonte do ano 2020, sendo de esperar crescimentos mais rápidos e eficiências mais elevadas para as culturas hortícolas e frutícolas relativamente às culturas arvenses, em boa parte em relação com a aplicação de métodos de rega mais sofisticados.

A melhoria das eficiências de rega prende-se com diversas tecnologias: reabilitação das infra-estruturas de rega, melhoria da conservação das redes, modernização dos sistemas de distribuição, adopção de inovações em matéria de métodos e práticas de rega (de superfície, de aspersão e localizada), adopção de programas de condução da rega, recurso à reutilização de caudais excedentes de rega. Também os resultados já divulgados para alguns programas específicos (SAMMIS e HOHN, 1977; KRUSE e HEERMANN, 1977; ENGLISH *et al.*, 1980; VAN SCHILFGAARDE, 1982) mostraram que as previsões se situam em limites aceitáveis.

5. ESTIMATIVA DAS NECESSIDADES DE ÁGUA PARA A REGA NO CONTINENTE E DA SUA EVOLUÇÃO

5.1. ÁREAS DE REGADIO E SUA EVOLUÇÃO.

A estimativa das áreas de regadio na situação actual assentou em trabalho anterior (PEREIRA e MONTEIRO, 1981) com as alterações devidas aos resultados do Inquérito às Explorações Agrícolas realizado pelo INE. No entanto a estimativa de áreas de regadio enfrentou problemas graves dado que não há uniformidade de critérios nas fontes consultadas e é bem conhecido que as

áreas efectivamente regadas variam segundo a decisão dos agricultores face aos preços dos produtos e às disponibilidades de água, em particular nos regadios tradicionais. Optou-se por estimar as áreas de regadio e não as áreas regadas (o que explicará as discordâncias com os dados de outros autores) por serem menos sujeitos a variações de curto prazo. Assim, os valores considerados para os coeficientes K_e (6) tomaram em conta este facto. Calcularam-se as áreas de regadio por região hidrográfica por ponderação das áreas por distritos, critério que, porém, poderá constituir nova fonte de erros e dificuldades.

A evolução das áreas de regadio, não se dispendo nem de estratégias nem de cenários seguros de desenvolvimento agrícola, baseou-se em critérios subjectivos: a) a importância fundamental da rega para a intensificação da produção agrícola, em país de recursos de solo limitados e com carência de precipitações durante o período de maior disponibilidade de energia radiante; b) as possibilidades oferecidas pelas novas tecnologias para um rápido desenvolvimento de rega; c) a necessidade de concretização de obras hidráulicas de fins múltiplos para tornar disponíveis os recursos hídricos potenciais, nomeadamente por pressão de outros sectores, arrastando assim o próprio sector agrícola; d) a premência de aumento da produção agrícola nacional na perspectiva de melhorar o défice da balança de pagamentos, em particular resultante das carências do sector agrícola; e) as modernas potencialidades tecnológicas abertas com a revolução verde; f) a tendência da evolução tecnológica agrícola no sentido de dominar cada vez mais a aleatoriedade da produção e, portanto, também as disponibilidades hídricas.

A previsão constante do Quadro 3, baseada nos critérios descritos, corresponde a: a) um crescimento pequeno do regadio onde a agricultura de regadio é já dominante; b) um crescimento moderado nas regiões onde o regadio tem já um peso considerável; c) um crescimento forte nas regiões de predomínio da agricultura de sequeiro. Estas hipóteses recorrem a opções previsíveis do ordenamento agrícola e de defesa dos solos agrícolas, e supondo-se

que o abandono da agricultura em solos marginais, geralmente de sequeiro, venha a ser compensado por agricultura intensiva, necessariamente recorrendo ao regadio.

QUADRO 3 — *Previsão da evolução das áreas de regadio.*

| Regiões hidrográficas | Áreas (10 ³ ha) | | |
|--------------------------|----------------------------|-------|--------|
| | 1980 | 2000 | 2020 |
| Minho | 132,2 | 135,0 | 137,0 |
| Douro 1 | 147,7 | 160,0 | 173,0 |
| Douro 2 | 23,0 | 38,0 | 51,0 |
| Douro 3 | 26,4 | 28,0 | 32,0 |
| Vouga | 67,3 | 74,5 | 85,0 |
| Mondego | 82,2 | 87,0 | 93,0 |
| Estremadura | 24,2 | 28,5 | 39,0 |
| Tejo 1 | 29,8 | 45,5 | 82,0 |
| Tejo 2 | 67,0 | 80,0 | 99,0 |
| Tejo 3 | 64,4 | 79,0 | 110,5 |
| Sado | 46,8 | 64,0 | 101,0 |
| Mira | 8,0 | 10,0 | 18,0 |
| Guadiana | 41,9 | 87,0 | 171,0 |
| Algarve | 24,2 | 40,0 | 64,0 |
| Continente | 758,1 | 954,0 | 1253,5 |

A evolução das culturas regadas subjacente a esta previsão baseia-se essencialmente no acréscimo das culturas arvenses e horto-industriais, numa perspectiva de evolução progressiva dos sistemas culturais de sequeiro para sistemas culturais de regadio. Nestas condições, embora seja de prever um forte acréscimo relativo das culturas hortícolas e frutícolas, tal acréscimo seria comparativamente pequeno e reservado às áreas ecologicamente mais favoráveis, em particular o Algarve. Quanto à cultura do arroz, considerou-se que o seu acréscimo se poderá verificar apenas nos regadios do Sul, sendo progressivamente substituído nos Vales do Vouga e do Mondego.

A visão do desenvolvimento do regadio que se assumiu é compatível com o crescimento das necessidades em água para os

restantes sectores (HENRIQUES, 1985). Mas, apesar de optimista, assenta em pressupostos que condicionam todo o desenvolvimento do regadio: a inovação tecnológica e a vulgarização de tecnologias adequadas, a participação dos agricultores e a criação de um quadro institucional compatível com o desenvolvimento (PEREIRA, 1985). Nesta ordem de ideias, pressupõe que se encarem decisivamente os problemas de modernização e reabilitação dos regadios (PEREIRA, 1981; PEREIRA e VIEIRA, 1985).

5.2. CONSUMOS DE ÁGUA EM REGADIO E SUA EVOLUÇÃO FUTURA.

Com base nos cálculos discutidos anteriormente, em particular nos do balanço hídrico extensivos às áreas de regadio, foi possível estimar os consumos de água em regadio, que se apresentam no Quadro 4. Tais resultados reflectem uma progressão clara dos consumos nas próximas décadas, devido tanto ao aumento previsto para as áreas regadas como à intensificação da produção em regadio, implicando portanto produzir e regar mais e melhor. Os aumentos de consumos previstos são menos nítidos nas regiões onde o regadio é dominante; ao contrário, nas áreas ainda predominantemente de sequeiro, o crescimento de consumos é muito acentuado.

Verifica-se igualmente que a tendência é para uma progressão mais forte nas últimas décadas do período considerado pois aí se conjugam tanto a dinâmica de crescimento das áreas regadas como a utilização de tecnologias adequadas para a produção, consequentemente com maiores consumos de água mas com maior eficiência da água na produção.

5.3. NECESSIDADES DE ÁGUA PARA A REGA E SUA EVOLUÇÃO FUTURA

A combinação dos elementos anteriormente calculados permitiu estimar as necessidades de água para a rega em ano húmido

(necessidades excedidas em 80% dos anos), em ano médio e em ano seco (necessidades não excedidas em 80% dos anos), como se apresenta no Quadro 5.

QUADRO 4 — *Consumos de água em regadio ($10^6 m^3$) e previsão da sua evolução^(a).*

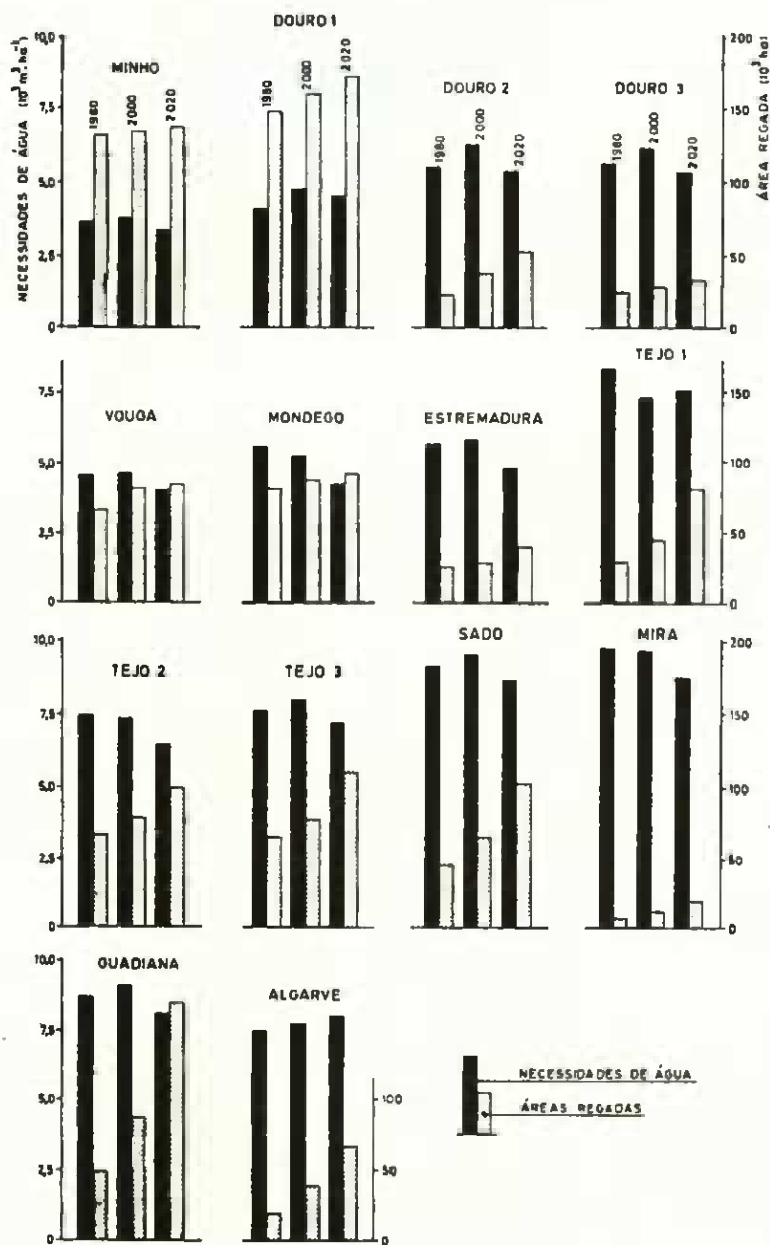
| Regiões hidrográficas | Situação presente 1980 | Horizonte ano 2000 | Horizonte ano 2020 |
|-----------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| Minho | 337 | 424 | 472 |
| Douro 1 | 430 | 631 | 778 |
| Douro 2 | 77 | 176 | 264 |
| Douro 3 | 90 | 125 | 165 |
| Vouga | 235 | 321 | 377 |
| Mondego | 338 | 391 | 407 |
| Estremadura | 97 | 136 | 173 |
| Tejo 1 | 206 | 307 | 616 |
| Tejo 2 | 337 | 464 | 620 |
| Tejo 3 | 382 | 525 | 768 |
| Sado | 327 | 499 | 818 |
| Mira | 60 | 79 | 146 |
| Guadiana | 242 | 614 | 1324 |
| Algarve | 159 | 290 | 503 |
| Continente | 3317 | 4876 | 7239 |

^(a) Em ano seco (probabilidade de 80% de não serem excedidos).

Estes resultados foram comparados (PEREIRA e PAULO, 1984) com os de outros estudos sobre a avaliação de recursos e necessidades de água (RASQUILHO e NUNES, 1978; CUNHA *et al.*, 1980; CRHN, 1981), tendo-se concluído positivamente acerca dos critérios adoptados.

Para explicar a evolução prevista, na Figura 5 apresenta-se um conjunto de gráficos em que, por região hidrográfica, se indicam tanto a evolução das áreas regadas como a das necessidades

FIGURA 5 — *Evolução das áreas regadas e das necessidades unitárias de água para a rega nas diferentes regiões hidrográficas, em ano médio.*



dades unitárias médias de água para a rega. É visível que, de um modo geral, nas duas próximas décadas haja um crescimento de necessidades ligado a uma melhor programação da rega, exigindo maiores consumos unitários, sendo este aumento parcialmente compensado pela melhoria das tecnologias da rega nas duas décadas seguintes. Os resultados exprimem, portanto, as hipóteses formuladas atrás acerca da modernização das tecnologias de produção, implicando consumos crescentes, e sobre a melhoria das tecnologias da rega, conduzindo a melhores eficiências da rega e, portanto, limitando o crescimento das necessidades de água para a rega. Como resultante é de esperar um acentuado acréscimo da eficiência da rega ao nível da produção agrícola, o que corresponderá tanto à satisfação de objectivos de desenvolvimento agrícola, como a objectivos de gestão dos recursos hídricos e naturais.

QUADRO 5 — *Necessidades de água para a rega (10⁶ m³) e previsão da sua evolução.*

| Regiões hidrográficas | Situação presente | | | Horizonte ano 2000 | | | Horizonte ano 2020 | | |
|-----------------------|-------------------|-----------|----------|--------------------|-----------|----------|--------------------|-----------|----------|
| | Ano húmido | Ano médio | Ano seco | Ano húmido | Ano médio | Ano seco | Ano húmido | Ano médio | Ano seco |
| Minho | 385 | 473 | 561 | 407 | 506 | 605 | 368 | 459 | 550 |
| Douro 1 | 509 | 613 | 717 | 625 | 763 | 901 | 636 | 773 | 911 |
| Douro 2 | 112 | 126 | 140 | 202 | 236 | 270 | 244 | 277 | 310 |
| Douro 3 | 131 | 147 | 163 | 149 | 171 | 193 | 153 | 173 | 193 |
| Vouga | 254 | 308 | 362 | 291 | 360 | 429 | 285 | 351 | 417 |
| Mondego | 404 | 462 | 520 | 392 | 457 | 522 | 334 | 393 | 450 |
| Estremadura | 128 | 138 | 149 | 153 | 167 | 181 | 171 | 185 | 199 |
| Tejo 1 | 237 | 256 | 275 | 307 | 334 | 361 | 582 | 630 | 678 |
| Tejo 2 | 446 | 504 | 562 | 519 | 591 | 663 | 507 | 646 | 725 |
| Tejo 3 | 440 | 493 | 545 | 556 | 628 | 700 | 709 | 804 | 899 |
| Sado | 394 | 429 | 467 | 551 | 608 | 665 | 787 | 972 | 957 |
| Mira | 72 | 78 | 85 | 87 | 96 | 105 | 143 | 157 | 171 |
| Guadiana | 325 | 364 | 403 | 701 | 789 | 877 | 1238 | 1396 | 1552 |
| Algarve | 170 | 184 | 199 | 284 | 312 | 340 | 477 | 518 | 559 |
| Continente | 4005 | 4575 | 5148 | 5248 | 6045 | 6840 | 6736 | 7682 | 8626 |

Assim, analisando o Quadro 5, pode verificar-se que são esperados pequenos crescimentos das necessidades nas regiões hidrográficas em que o regadio é já relevante, no Norte e Centro do país, e que ao contrário se prevêm fortes acréscimos nas regiões do interior e do Sul, onde o sequeiro é predominante.

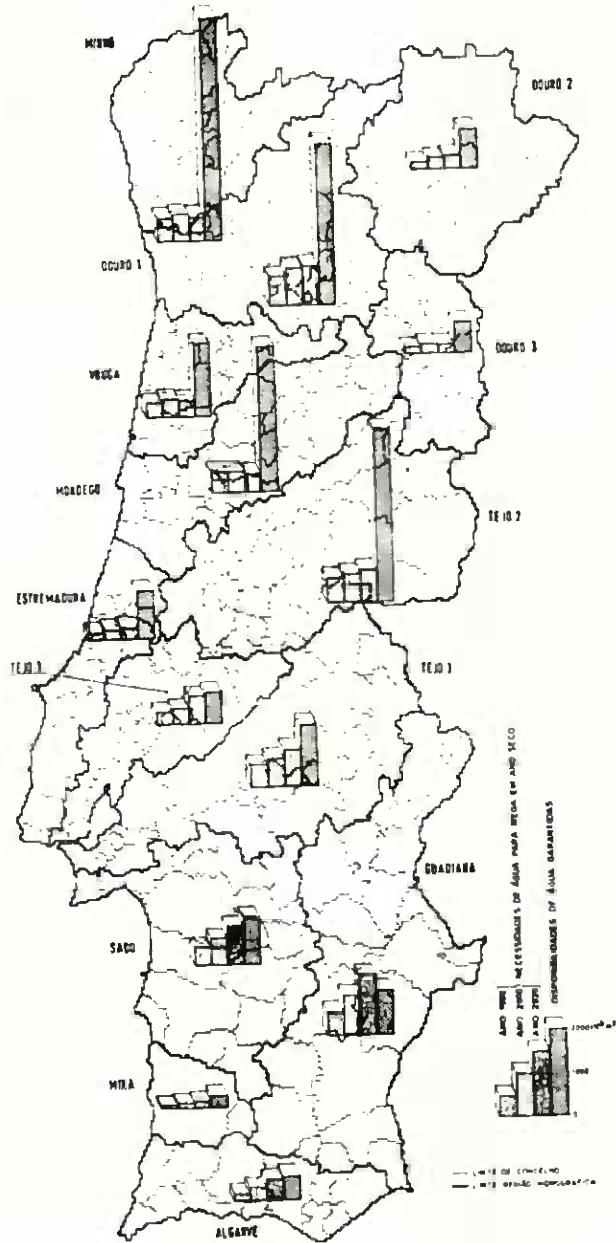
O balanço necessidades-disponibilidades de água (HENRIQUES, 1985) mostrou que os resultados obtidos são viáveis, nomeadamente a um nível de segurança de 80%, como se mostra na Figura 6. As limitações conhecidas a nível das regiões do Sul são já conhecidas e as hipóteses de desenvolvimento do regadio tomaram já em consideração os projectos em estudo, nomeadamente o do Vale do Tejo e o do Alqueva, este com efeitos nas regiões hidrográficas do Guadiana, do Sado e do Algarve e considerado como única forma de reforçar com escoamentos provenientes de Espanha as disponibilidades próprias da bacia portuguesa do Guadiana. Refira-se entretanto que a menção destes projectos, mais conhecidos e de maior dimensão, apenas identifica a necessidade de numerosos outros empreendimentos de fins múltiplos ou hidroagrícolas, de pequena e média dimensão, para satisfazer tanto as necessidades agrícolas como as de outros sectores não agrícolas, a par dos já mencionados projectos de reabilitação e de modernização dos regadios existentes.

6. CONCLUSÕES

Do presente estudo pode concluir-se:

- a) que existem largas possibilidades de desenvolvimento do regadio, capazes de valorizar os recursos naturais existentes, de promover a intensificação da produção agrícola e a modernização da agricultura;
- b) que a metodologia adoptada, apesar da carência de informação normalmente disponível, fornece elementos susceptíveis de serem tratados conjuntamente com os dos

FIGURA 6 — *Necessidades de água para rega - disponibilidades hídricas totais em ano seco (probabilidade de 80%).*



outros sectores de actividade, nas perspectivas de ordenamento do território e de gestão do recursos hídricos;

- c) que o desenvolvimento do regadio, como se mostrou através dos critérios assumidos, tem de ser acompanhado de inovação tecnológica que permita quer a transformação dos sistemas de agricultura quer a modernização das tecnologias de rega, tanto a nível dos projectos como da exploração agrícola;
- d) que, dados os elevados consumos e necessidades de água para a rega, é necessária uma adequada formulação de uma política da água em agricultura, com consequente desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o planeamento e a gestão da água em regadio.

AGRADECIMENTO

Agradece-se ao Instituto de Estudos para o desenvolvimento, à Hidrosistemas e à Hidroprojecto a autorização que nos concederam para divulgar os dados apresentados.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, R.G. E BROCKWAY, C.E. (1982) — *Relationships of Costs and Water Use Efficiency for Irrigation Projects in Idaho*. Idaho Water Resources Research Institute, University of Idaho, Moscow.
- AVELAR, T.M., OLIVEIRA, I.B. ET PEREIRA, L.S. (1982) — Considerations sur le calcul des besoins en eau des cultures en rapport avec les niveaux de production. *Hommes, Terre et Eaux, Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 12 (47), pp. 75-90.
- BOS, M.G. E NUGTEREN, J. (1983) — *On Irrigation Efficiencies*. ILRI Publication 19. Intern. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Wageningen.
- CRHN (1981) — *Relatório preliminar tendo em vista a preparação do Plano Médio Prazo 81/84*. Comissão sobre Recursos Hídricos Nacionais, Departamento Central de Planeamento, Min. Finanças e do Plano, Lisboa.
- CUNHA, L.V., GONÇALVES, A.S., FIGUEIREDO, V.A. E LINO, M. (1980) — *A Gestão da Água. Princípios Fundamentais e sua Aplicação em Portugal*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- DAVENPORT, D.C. E HAGAN, R.M. (1982) — *Agricultural Water Conservation in California, with Emphasis on the San Joaquin Valley*. Dept. Land, Air, and Water Resources, LAWR Paper 10010, University of California, Davis.
- DOORENBOS, J. E KASSAM, A.H. (1979) — *Yield Response to Water*. Irrig. and Drain. Paper n^o 33, FAO, Rome.
- DOORENBOS, J. E PRUITT, W.O. (1977) — *Guidelines for Predicting Crop Water Requirements*. Irrig. and Drain. Paper n^o 24 (rev. ed.), FAO, Rome.
- ENGLISH, M.J. *et al.* (1980) — *A Regional Assessment of the Economic and Environmental Benefits of an Irrigation Scheduling Service*. U.S.Environmental Protection Agency, Ada, OK.
- FERREIRA, M.I. E PEREIRA, L.S. (1983) — Estudo comparativo de várias fórmulas climáticas para o cálculo da evapotranspiração de referência. *Recursos Hídricos*, vol. 3 (3), pp. 61-77.
- HANKS. R.J. (EDITOR) (1983) — Predicting crop production as related to drought stress under irrigation. *Utah Agric. Experim. Station Res. Rep. N^o 65*, Utah State University, Logan.

- HENRIQUES, A.G. (INV. RESP.) (1985) — *Avaliação dos Recursos Hídricos de Portugal Continental. Contribuição para o Ordenamento do Território*. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento, Caderno 9, Lisboa.
- ICID (1978) — Standards for the calculation of irrigation efficiencies. *ICID Bulletin*, 27 (1), pp. 91-101.
- JHA (1974) — *Estudos de Planeamento dos Regadios*. Junta de Hidráulica Agrícola, Lisboa.
- KRUSE, E.G. E HEERMANN, D.F. (1977) — Implications of irrigation system efficiencies. *J. of Soil Water Conservation*, 32 (6), pp. 265-270.
- PEREIRA, L.S. (1981) — Projectos hidroagrícolas. II — Sobre a reabilitação de perímetros de rega. *Recursos Hídricos*, 3 (1), pp. 31-48.
- PEREIRA, L.S. (1984a) — Questões institucionais do desenvolvimento do regadio. *Simpósio sobre o Desenvolvimento do Regadio em Portugal* (Lisboa, Fev. 1984), APRH, Lisboa.
- PEREIRA, L.S. (1984b) — Rega e produção. As tecnologias de regadio como determinantes da transformação da agricultura portuguesa. *Seminário "A Agricultura Portuguesa"* (Lisboa, Nov. 1984), Inst. Sup. Agronomia, Lisboa.
- PEREIRA, L.S. (1985-1987) — Agricultura e gestão da água. III — Regadio e gestão dos recursos hídricos. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, vol. XLII, pp. 189-220.
- PEREIRA, L.S. E FERREIRA, M.I.R. (1983) — Conceitos de base e nomenclatura relativos à evapotranspiração das culturas. *Recursos Hídricos*, vol. 4, pp. 19-25.
- PEREIRA, L.S. E MONTEIRO, A.G. (1981) — La petite et moyenne hydraulique au Portugal. *Hommes, Terres et Eaux, Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 11 (44), pp. 11-17.
- PEREIRA, L.S. E PAULO, V.C. (1984) — Necessidades de água para a rega em Portugal Continental. Avaliação da situação actual e previsão da sua evolução futura. *Simpósio sobre o Desenvolvimento do Regadio em Portugal* (Fev. 1984), APRH, Lisboa. In: *Recursos Hídricos*, 5 (2), pp. 3-31.
- PEREIRA, L.S. E VIEIRA, A.A. (1985) — A reabilitação dos regadios tradicionais como meio para a valorização dos sistemas de agricultura do Norte, com especial referência à cultura do milho. *Congresso 85* (Março de 1985), Ordem dos Engenheiros, Coimbra.

- RAPOSO, J.R. E NUNES, A.C. (1978) — *Balanço Hídrico do Continente*. Comissão Nacional do Ambiente, Lisboa.
- SAMMIS, T.W. E HOHN, C.M. (1977) — Application of modern technology in the Mesilla Valley, New Mexico. In: *Proceed. of National Conference on Irrigation Return Flow Quality Management*. Colorado State University, Fort Collins, pp. 269-282.
- SOARES, F.B. (1981) — *Um Caso - Estudo do Planeamento Agrícola em Portugal*. Centro de Estudos de Economia Agrária, Inst. Gulbenkian de Ciência, Oeiras.
- STEWART, J.I.; HANKS, R.J.; DANIELSON, R.E.; JACKSON, E.B.; PRUITT, W.O.; FRANKLIN, W.B.; RILEY, J.P. E HAGAN, R.M. (1977) — *Optimizing Crop Production through Control of Water and Salinity Levels in the Soil*. Consortium for International Development, Utah Water Res. Laboratory Report PRWG 151-1, Logan.
- TROUT, T.J. (1983) — Measurement device effect on channel water loss. *J. Irrig. and Drain. Engineering*, ASCE, 109 (1), pp. 60-71.
- VAN SCHILGAARDE, J. (1982) — The Wellton-Mohawk dilemma. *Water Supply & Management*. 6 (1/2), pp. 115-127.
- WAYATT, W. (COORD.) (1983) — Irrigation system efficiency evaluations using mobile field water labs-1978-1981. In: *Irrigation System and Pumping Plant Efficiency Evaluations: 1978-1981*. Texas Dept. of Water Resources, Austin, TX.

