

PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO ÍNDICE CLIMÁTICO DO UNEP

Maria Teresa PIMENTA⁽¹⁾; Maria João SANTOS⁽²⁾ e Rui RODRIGUES⁽³⁾

RESUMO

No âmbito da Convenção de Combate à Desertificação (CCD), e para o estabelecimento dos Planos de Acção Regional e Nacional, as entidades constituintes da delegação portuguesa da CCD têm vindo a desenvolver uma metodologia para a caracterização da desertificação em Portugal continental baseada em índices ou indicadores.

O Instituto da Água, na qualidade de membro do Conselho Científico da CCD, tem vindo a testar e adequar os índices às características hidrológicas nacionais. Neste âmbito desenvolveu um índice de desertificação que é obtido a partir do produto de três outros índices: o índice climático, o índice edáfico e o índice de seca, reflectindo cada um processos determinantes da desertificação.

Neste artigo é feita uma proposta de alteração do índice climático do UNEP (definido por P/ETP), que consiste na sua redefinição para o número de meses em que a precipitação e o conteúdo de água no solo não compensam o poder evaporante da atmosfera. O índice climático é assim calculado a partir de balanços hidrológicos sequenciais mensais onde a calibração do armazenamento de água no solo aparece como “by-product”. A metodologia é apoiada no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos e por Sistemas de Informação Geográfica.

A confrontação dos resultados obtidos com a identificação das regiões do país mais susceptíveis à desertificação validou quer a metodologia num todo, quer a pormenorização de índice climático efectuada, reflectindo a influência do tipo de solo e respectivo armazenamento de água na caracterização da desertificação.

Palavras chave: desertificação, índice climático, balanço hidrológico, armazenamento de água no solo, Sistemas de Informação Geográfica.

⁽¹⁾ Técnica superior, *E-mail* teresap@inag.pt

⁽²⁾ Técnica superior, *E-mail* mariaj@inag.pt

⁽³⁾ Chefe de divisão, *E-mail* rrr@inag.pt

1 - INTRODUÇÃO

A desertificação é um processo de degradação ambiental que se pode considerar praticamente irreversível. As suas manifestações incluem a erosão acelerada do solo, o aumento da salinização dos solos o aumento do escoamento superficial pela diminuição da retenção da água no solo, a redução da diversidade das espécies e a redução da produtividade, conduzindo ao empobrecimento das comunidades humanas dependentes destes ecossistemas.

O clima tem grande influência nos processos de desertificação pelo seu impacto na vegetação, no ciclo hidrológico e no uso do solo pelo Homem. Por outro lado, as características dos solos são factores determinantes da sua degradação, influenciando na maior ou menor resistência ao destacamento de partículas pelos agentes erosivos.

Com o objectivo de estabelecer uma metodologia para a caracterização da desertificação em Portugal continental foram propostos pela Comissão de Científica portuguesa no âmbito da Convenção de Combate à Desertificação (CCD) três índices, reflectindo, cada um, diferentes formas de actuação da água no processo de desertificação. Os índices propostos em PIMENTA *et al.* 1997 são apresentados na Figura 1. O índice climático é definido pela relação entre a precipitação anual média e a evapotranspiração potencial anual média calculada pelo método de Penman, tal como proposto pelo United Nations Environmental Program (UNEP). O índice de perda de solo combina essencialmente quatro factores determinantes do processo erosivo: a erosividade da precipitação, o tipo de solo, o coberto vegetal e o declive das encostas. O índice de seca introduz a componente da seca de uma forma pontual, a partir do número de anos (em percentagem) em que o valor da precipitação anual é inferior a um limiar representado pelo quantil 0,01 da distribuição log-normal.

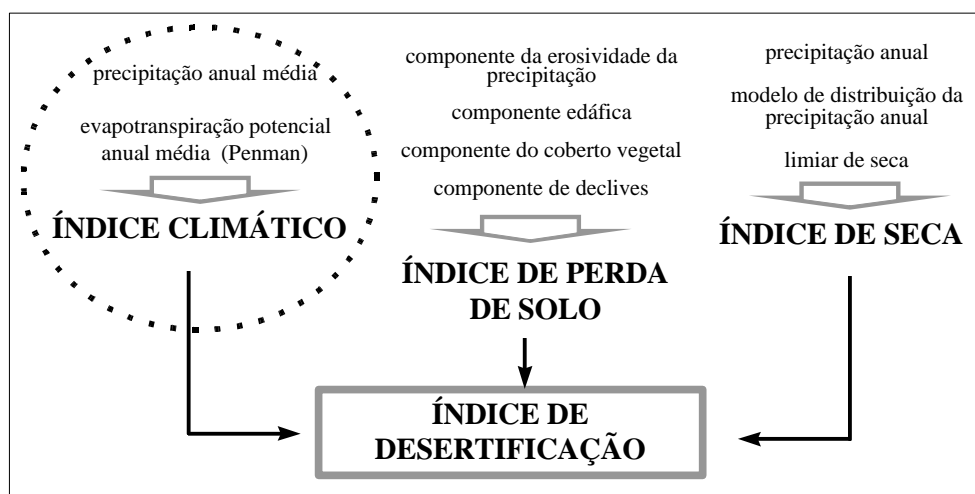


Figura 1 - Informação necessária à determinação do índice de desertificação para a identificação de áreas vulneráveis à desertificação (baseado em PIMENTA *et al.* 1997).

Da combinação dos três índices resulta o índice de desertificação que evidencia a distribuição espacial do fenómeno no continente português (Figura 2). A utilização do índice climático, tal como definido pelo UNEP, na caracterização dos processos de desertificação, constitui uma limitação da metodologia desenvolvida, por não reproduzir a vulnerabilidade dos solos ao “stress” climático. Mesmo o “stress” climático é deficientemente reproduzido por este

índice já que as variáveis precipitação e evapotranspiração potencial são consideradas em termos anuais médios.

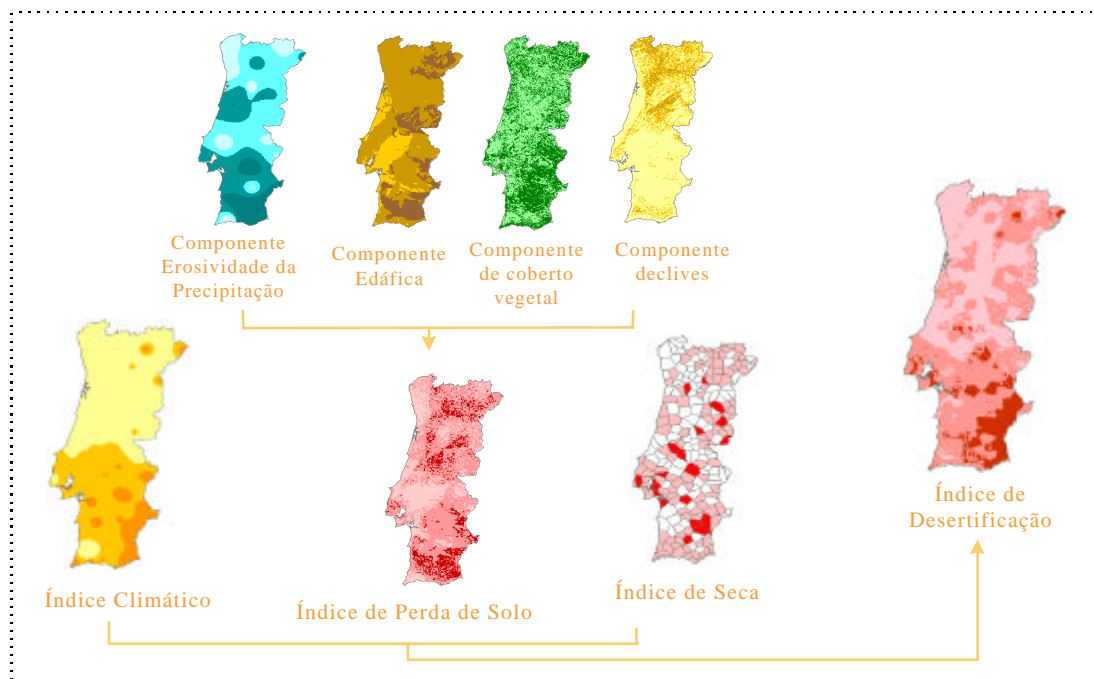


Figura 2 - Determinação do índice de desertificação no continente Português (baseado em PIMENTA *et al.* 1997)

A inclusão da reacção edáfica ao estímulo atmosférico na reformulação do índice climático tem a vantagem de fornecer informação mais detalhada que pode ainda ser utilizada no índice de perda de solo, que representa a componente edáfica no índice de desertificação. Maior capacidade de armazenamento de água no solo conduz a menor susceptibilidade dos solos à desertificação, pela diminuição do escoamento superficial e consequente remoção de partículas do solo, beneficiando também o armazenamento de água no solo. A determinação do armazenamento de água no solo é portanto fundamental para a definição da susceptibilidade dos solos à desertificação.

O objectivo deste trabalho é, pois, a reformulação do índice climático, a partir do número de meses em que a precipitação e o conteúdo de água no solo não compensam o poder evaporante da atmosfera. A metodologia desenvolvida deve resultar de fácil aplicação pois após a calibração da metodologia para o território de Portugal continental pretende-se efectuar a sua aplicação a outras áreas.

2 - DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A análise do número de meses em que a precipitação e o conteúdo de água no solo não compensam o poder evaporante da atmosfera tem por base o conhecimento da distribuição espacial da precipitação mensal, da evapotranspiração potencial mensal e do limiar de armazenamento de água no solo, valor a partir do qual se verifica escoamento.

A distribuição espacial da precipitação mensal e da evapotranspiração mensal pode ser obtida com relativa facilidade com base nas medições pontuais efectuadas nas estações

climatológicas, utilizando-se para obter a distribuição espacial destas variáveis climáticas um método apropriado para a interpolação dos valores pontuais (e.g. interpolação linear com a distância ou com a altitude, krigagem, método de Thiessen).

A distribuição espacial do limiar de armazenamento de água no solo pressupõe o conhecimento do tipo e características hidrológicas dos solos nas áreas em estudo, bem como da sua distribuição espacial. No que se refere às características dos solos a informação existente é insuficiente para estudos a macro escala, tornando-se indispensável a calibração dos parâmetros relativos às características dos solos para as condições reais das bacias hidrográficas.

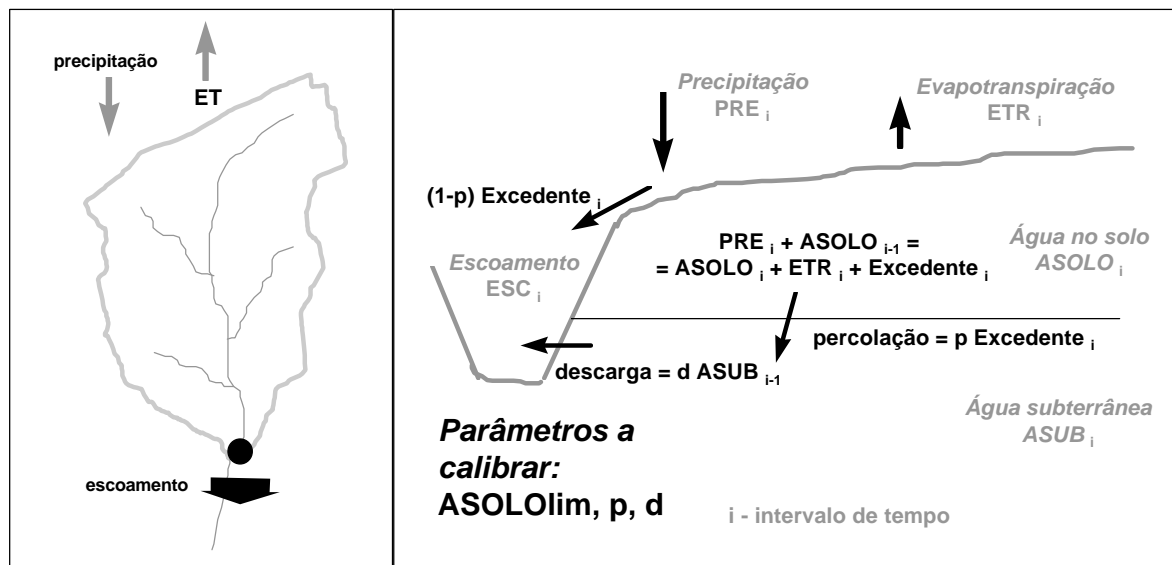


Figura 3 - Balanço hidrológico na bacia hidrográfica.

A metodologia desenvolvida para a determinação do limiar de armazenamento de água nos solos tem por base o modelo de balanço hidrológico simples apresentado na Figura 3. São consideradas duas reservas de água distintas, uma superficial e uma subterrânea. Se a reserva superficial estiver preenchida o excedente reparte-se em percolação para a reserva subterrânea e escoamento superficial, o qual possui ainda esgotamento das reservas de água subterrânea a uma razão **d**. O solo (reserva superficial) constitui um reservatório preferencial de água. Durante um balanço hidrológico sequencial considera-se a evapotranspiração real inferior à evapotranspiração potencial sempre que a água armazenada no solo for inferior ao limiar de armazenamento de água no solo, desencadeando-se ou conservando-se nesse instante a fase de déficit hídrico.

No presente estudo a calibração dos parâmetros do balanço hidrológico sequencial mensal é efectuada para cada ano hidrológico, procurando-se, por aproximações sucessivas, valores de escoamento estimado da ordem de grandeza dos valores de escoamento medidos. Pretendeu-se essencialmente representar bem as variações ascensionais do escoamento no início do ano hidrológico bem como as recessões do escoamento no semestre seco. A estes critérios era adicionado, evidentemente, o objectivo de compatibilização dos volumes anuais de escoamento (gerados e calculados). As condições iniciais do balanço hidrológico, consideradas no final do mês de setembro do primeiro ano hidrológico, correspondem a armazenamento de água no solo nulo e a escoamento subterrâneo igual à $1/d$ parte do escoamento real. Com este procedimento de calibração individualizada por ano hidrológico obtém-se, não um só valor por

tipo de solo, mas uma distribuição de valores útil, entre outras aptidões, para a determinação de valores extremos (neste caso, de secura).

O índice climático é calculado em cada unidade espacial como se apresenta na Figura 4, sendo para tal necessário dispor-se da informação cartográfica relativa à precipitação mensal (PRE), à evapotranspiração mensal (ETP) e ao limiar de armazenamento de água no solo (ASOLOlim) distribuído espacialmente. O processo de cálculo inicia-se com a verificação das condições de “stress” hídrico, seguindo-se a determinação da evapotranspiração real (ETR) e a determinação do armazenamento do solo (ASOLO), em cada mês e para cada unidade cartográfica.

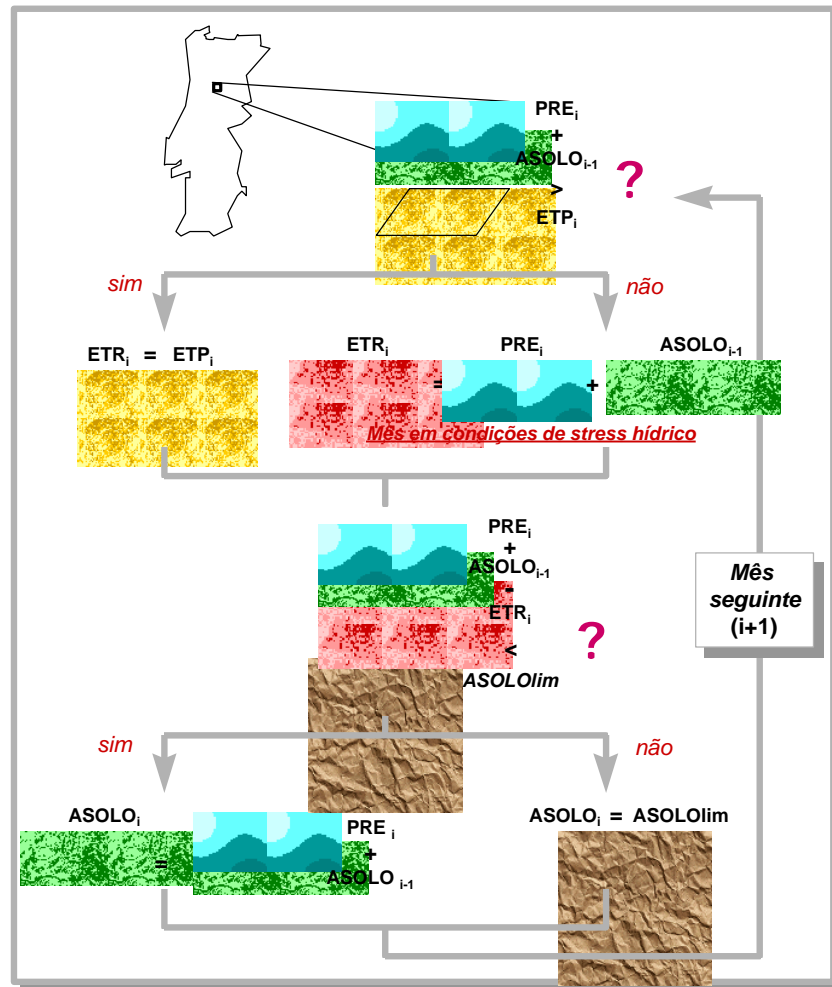


Figura 4 - Metodologia de cálculo do índice climático referido a cada unidade cartográfica.

3 - DETERMINAÇÃO DO LIMIAR DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO

A determinação do limiar de armazenamento de água no solo é efectuada a partir do balanço hidrológico sequencial mensal descrito, com base na seguinte informação:

→ o escoamento mensal nas estações hidrométricas localizadas em áreas em que pode ser considerada a homogeneidade do solo e nos períodos em que se podem considerar as condições de escoamento em regime natural;

→ a precipitação mensal na bacia hidrográfica relativa a cada estação hidrométrica calculada pelo método de Thiessen;

→ a evapotranspiração potencial mensal média do período de 1961 a 1980 calculada pelo método de Penman;

→ os diferentes tipos de solos e a sua representatividade em Portugal continental de acordo com a carta à escala 1:1 000 000 do Atlas do Ambiente.

As características das séries de escoamento mensal estudadas, o tipo de solo predominante nas respectivas bacias hidrográficas e o número de anos hidrológicos utilizados na calibração dos parâmetros do balanço hidrológico são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1

Características das séries de escoamento mensal estudadas e número de anos hidrológicos utilizados na calibração dos parâmetros dos balanços hidrológicos.

Designação	Linha de água	Área da bacia hidrográfica (km ²)	Tipo de solo predominante	Número de anos hidrológicos
Cunhas	Beça	338	C	41
Ponte Santa Clara	Dão	177	C	49
Pai Diz	Mondego	50	C + Ch	17
Ponte Azenha Nova	Foja	51	P	15
Ponte Santo Estevão	Almansor	981	C + L	13
Odivelas	Odivelas	431	L	30
Torrão do Alentejo	Xarrama	465	L	38
Albernoa	Terges	177	L	21
Monte dos Fortes	Odeleite	288	Lt	30
Bodega	Alportel	132	Lt	12

C - cambissolos, Ch - cambissolos húmicos, P - podzois, L - luvisolos, Lt - litossolos

Quadro 2

Representatividade de cada tipo de solo em Portugal continental.

Solo	área (%)
cambissolos	42
fluvisolos	1
litossolos	21
luvisolos	20
planossolos	0
podzois	11
cambissolos húmicos	2
arenossolos	1
solonchaks	1
vertissolos	1

No Quadro 2 é apresentada a representatividade de cada tipo de solo para a área do país, verificando-se que os solos com maior representatividade espacial, como os cambissolos, os litossolos e os luvisolos e os podzois estão contemplados na análise por bacia hidrográfica, como refere o quadro anterior.

Na Figura 5 é apresentada uma sequência de calibração de seis anos exemplificativa de como o limiar de armazenamento de água no solo varia consoante a disponibilidade hídrica dos anos secos e húmidos.

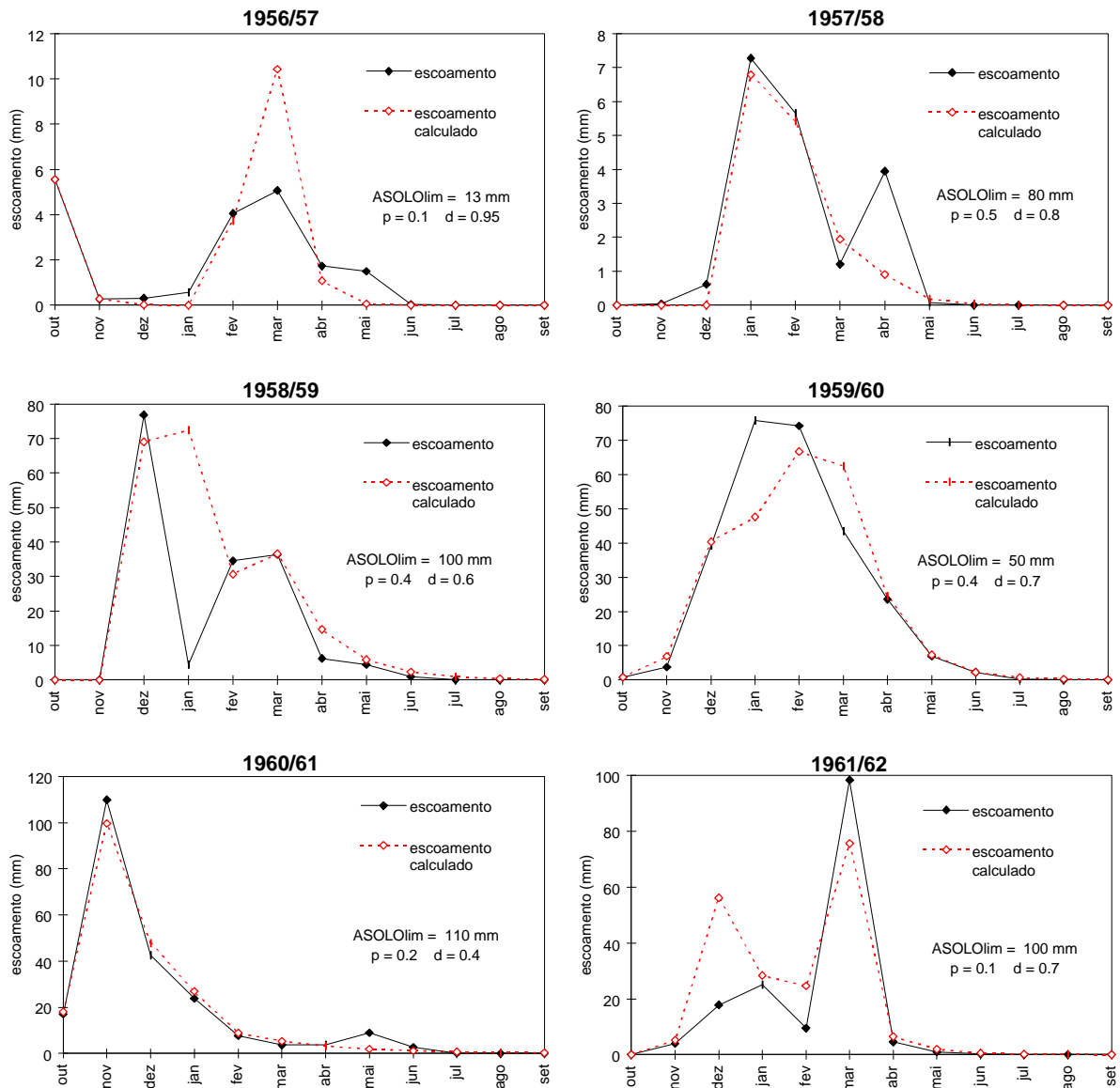


Figura 5 - Parâmetros do balanço hídrico e escoamento observado e calculado em Odivelas para o período de 1956/57 a 1961/62.

As séries mais longas, para as quais se calibraram maior número de balanços hidrológicos (Cunhas, Ponte de Santa Clara, Odivelas, Torrão do Alentejo, Albernoa e Monte dos Fortes), são utilizadas para a análise da adaptabilidade das distribuições teóricas aos valores do limiar de armazenamento de água no solo. No geral, a distribuição do limiar de armazenamento de água no solo é assimétrica negativa, e é bem representada pela distribuição de extremos tipo 1 aplicada aos menores valores. No Quadro 3 são apresentados os quantis 0,1, 0,2 e 0,5 da distribuição de extremos tipo 1 para as séries estudadas.

Quadro 3

Limiar do armazenamento de água no solo (mm): quantis 0,1, 0,2 e 0,5 da distribuição de extremos tipo 1.

Série	$\xi_{0,1}$	$\xi_{0,2}$	$\xi_{0,5}$
Cunhas	88	104	128
Ponte Santa Clara	86	102	126
Pai Diz	95	127	176
Ponte Azenha Nova	28	74	144
Ponte Santo Estevão	47	83	139
Odivelas	69	78	91
Torrão do Alentejo	92	103	119
Albernoa	64	72	83
Monte dos Fortes	61	72	87
Bodega	15	53	109

Para o objectivo estabelecido propõe-se, em primeira aproximação, a utilização do quantil 0,1, por representar de uma forma mais adequada os períodos de maior susceptibilidade à desertificação, visto reproduzir perdas significativas do solo em termos de retenção de água da chuva anterior à geração de escoamento superficial. Essas perdas são, por sua vez, o reflexo de uma sujeição prolongada do solo a condições de secura. Estes conceitos têm que ser entendidos, evidentemente, dentro da abstracção conceptual em que se constitui o próprio limiar de armazenamento. Os limiares de armazenamento de água no solo são calculados para as restantes séries considerando-se a mesma distribuição teórica. O limiar de armazenamento em cada tipo de solo vai corresponder à média dos valores calculados. No Quadro 4 são apresentados os valores do limiar de armazenamento de água no solo calculados por tipo de solo.

Quadro 4

Limiar de armazenamento de água no solo nos tipos de solo com maior representatividade espacial.

Solo	(mm)
cambissolos	87
litossolos	38
luvissolos	66
podzois	26

A utilização do limiar de probabilidade de não excedência 10%, apesar de caracterizar eficazmente os períodos de défice nos anos mais secos (o que é, aliás, objectivo), fornece uma imagem distorcida desses períodos em anos húmidos, pelo que a metodologia proposta poderá ser melhorada com a inclusão de uma função de transferência entre a disponibilidade hídrica interanual e o valor do limiar.

4 - AVALIAÇÃO DO ÍNDICE CLIMÁTICO EM PORTUGAL CONTINENTAL

A avaliação do índice climático no território de Portugal continental foi efectuada de acordo com a metodologia exemplificada na Figura 4 e apoiada na distribuição espacial da precipitação mensal no período de 1940/41 a 1994/95, na evapotranspiração potencial mensal média de Penman no período de 1961 a 1980 e no limiar de armazenamento de água no solo calculado para cada tipo de solo.

A distribuição espacial da precipitação foi reconstituída com base em 150 locais de medição, utilizando-se o método de Thiessen.

A distribuição espacial da evapotranspiração potencial de Penman foi obtida com base em 80 locais de medição, dos quais apenas em cerca de 1/3 se dispunha da informação completa para o cálculo (temperatura, humidade relativa, velocidade média do vento e insolação). Nos locais em que a informação era insuficiente para o cálculo da evapotranspiração potencial pelo método de Penman considerou-se a relação entre a evapotranspiração potencial calculada pelo método de Penman e a calculada pelo método de Thornthwaite, nas estações em que se dispunha da informação, para os períodos de Setembro a Fevereiro e de Março a Agosto.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam o seu agradecimento aos membros do Conselho Científico da Comissão de Combate à Desertificação.

BIBLIOGRAFIA

PIMENTA, M.T., M.J. SANTOS e R. RODRIGUES - A proposal of indices to identify desertification prone areas. Jornadas de reflexión sobre el Anexo IV de aplicación para el Mediterráneo Norte - Convenio de Lucha contra la Desertificación. Murcia, 1997.