

## PASTAGENS COMO FACTOR DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA EM ZONAS DE MONTANHA, OS LAMEIROS\*

Isabel Poças<sup>1</sup>, Luís Santos Pereira<sup>2</sup>, Mário Cunha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculdade de Ciências da Universidade do Porto - Secção Autónoma de Engenharia de Ciências Agrárias - Campus Agrário de Vairão - Rua Padre Armando Quintas - 4485-661 VAIRÃO*

*Endereço e-mail: ipocas@mail.icav.up.pt*

<sup>2</sup>*Centro de Estudos de Engenharia Rural - Instituto Superior de Agronomia - Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA*

### RESUMO

Os lameiros constituem um elemento característico da paisagem e da agricultura tradicional de montanha das regiões Norte e Centro de Portugal. Definem-se como pastagens seminaturais permanentes, de origem centenária e apresentam como especificidade o facto da rega se praticar durante todo o ano, condicionada pela disponibilidade de água, ainda que a sua funcionalidade se altere sazonalmente. No Verão, o objectivo da rega consiste em satisfazer as necessidades hídricas das plantas, enquanto no Inverno a rega, designada de lima, visa uma regulação térmica do microclima do solo e da erva. A água é aplicada, por escorrimento, segundo um peculiar sistema de regadio tradicional que utiliza regueiras para condução e distribuição da água. Hidrologicamente, tal favorece o aumento dos tempos de concentração e a oportunidade de infiltração, diminuindo, por oposição, os caudais de ponta nos cursos de água a jusante. Numa perspectiva de aferir e valorizar a importância do regime hídrico destas pastagens, iniciou-se um trabalho de monitorização de lameiros de regadio e de secadal, em Montalegre, recorrendo à integração de observações no terreno com várias técnicas de detecção remota: i) imagens de satélites com diferentes resoluções espaciais e temporais (*Proba Chris, Spot e Landsat*), ii) espectrorradiómetro portátil, iii) termografia e iv) sensores meteorológicos em parcelas de amostragem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Detecção remota; Lameiros; Recursos hídricos; Rega de lima; Regime hídrico e térmico

---

\* Conferência apresentada na XXVIII Reunião de Primavera da SPPF. Mirandela, Abril de 2007  
Os trabalhos publicados neste volume são da inteira responsabilidade dos autores

## MEADOWS AS A CONSERVATION FACTOR FOR THE WATER IN THE MOUNTAIN REGIONS, “LAMEIROS”

### ABSTRACT

Lameiros are irrigated meadows characteristics of mountain landscape in Northern Portugal. They were originated with first colonizers, many centuries ago. Irrigation is practiced all year around: in summer for satisfying crop water requirements; in winter for controlling the impacts of low temperatures. Irrigation is practiced by runoff over the pasture land, after the water is derived from water courses or sources into a network of earth canals, with small ditches along the contours. Deriving the water to flow over the fields before reaching the downstream water courses favours infiltration opportunity time and increases the time for concentration, which decreases the peak flows downstream. To better assess the water regime of these meadows, a monitoring study is initiated using field and remote sensing to assess and characterize the “lameiros” in the region of Montalegre. Various techniques are adopted: i) satellite imagery with different time and space resolutions (*Proba Chris*, *Spot* e *LandSat*): ii) portable spectroradiometer; iii) thermography; and iv) meteorological sensors in sample parcels.

**KEYWORDS: “Lameiros”; Remote sensing; Water and thermal regimens; Water resources.**

## 1 - INTRODUÇÃO

Os prados e pastagens permanentes são um recurso de grande importância económica, ecológica e paisagística nas regiões de montanha do Norte e Centro de Portugal. Da consulta dos resultados dos dois últimos recenseamentos da agricultura é possível constatar um aumento da área de prados e pastagens permanentes em terra limpa, nas regiões de Trás-os-Montes, Entre Douro e Minho e Beira Litoral, representando respectivamente, cerca de 22%, 24% e 30% da superfície agrícola útil no ano de 1999. Integrados neste grupo surgem os lameiros, os quais, pela sua ancestralidade e especificidade assumem um papel de destaque nas zonas de montanha.

Os lameiros são pastagens seminaturais de carácter permanente, que terão surgido durante a Alta Idade Média, em simultâneo com a fundação dos povoados de montanha (Moreira *et al.*, 2001). A origem da designação de “lameiros” estará associada a características dos locais onde frequentemente ocorrem, nomeadamente elevadas disponibilidades hídricas e solos de textura fina, com elevados teores de matéria orgânica devido aos prados, o que faz com que estas terras, se encharcadas e nuas, teriam sido abundantes em lama (Vieira *et al.*, 2000; Pereira e Sousa, 2005).

A sua distribuição concentra-se principalmente nas regiões mais montanhosas de Trás-os-Montes, mas também na Beira Interior e Entre Douro e Minho, normalmente a cotas superiores a 700 – 800 m (figura 1). Esses locais de ocorrência dos lameiros caracterizam-se por Invernos rigorosos com temperaturas mínimas baixas, frequentemente negativas, e elevados valores de precipitação, ao que se contrapõem Verões quentes, com moderada a severa seca. Característica relevante nestas regiões é ainda o elevado risco de ocorrência de geadas, que frequentemente se estende de Outubro a Maio (56, 61 e 77 dias de geada por ano em Montalegre, Mirandela e Bragança, respectivamente).

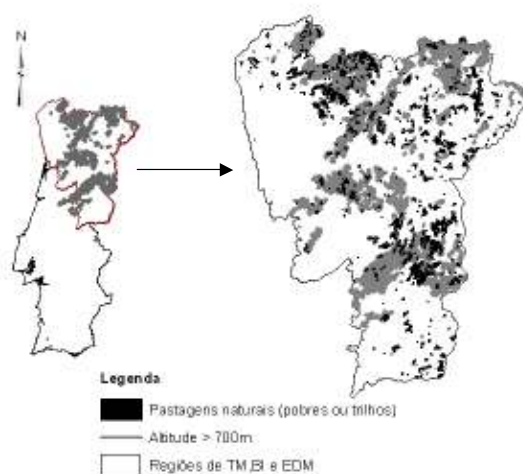


FIGURA 1 – Cartas de distribuição: A – zonas de altitude superior a 700m; B - áreas de pastagens naturais de montanha nas regiões de Trás-os-Montes (TM), Beira Interior (BI) e Entre Douro e Minho (EDM).

Na figura 2 é possível observar a distribuição climática de diferentes zonas de ocorrência de lameiros de acordo com o Índice de Emberger (1932), oscilando de clima mediterrâneo temperado a húmido, estando Montalegre já fora dos limites da região mediterrânea.

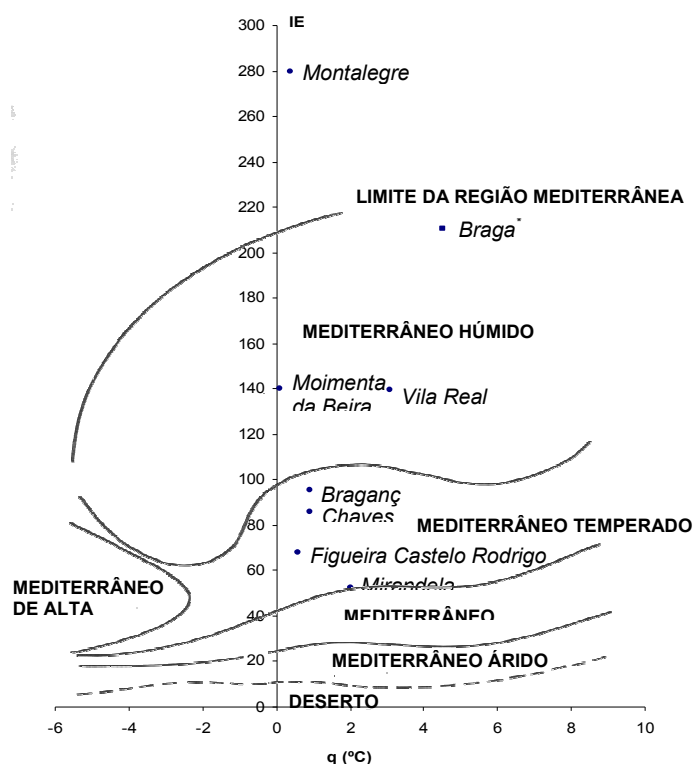


FIGURA 2 – Diagrama de classificação do Índice de Emberger, realçando a distribuição climática de diferentes zonas de ocorrência de lameiros. Índice de Emberger ( $I_E$ ), calculado por  $I_E = 100 \cdot P / (Q^2 - q^2)$ , em que P corresponde à precipitação média anual (mm), Q à média das temperaturas máximas do mês mais quente (°C) e q à média das temperaturas mínimas do mês mais frio (°C). Os dados usados na determinação do referido índice foram obtidos das Normais Climatológicas 1951 – 1980 (INMG. 1991). Os dados relativos a Braga servem apenas de referência.

Pela sua localização e distribuição geográfica, em locais cujas acessibilidades e as distâncias entre povoações eram frequentemente um factor condicionante, os sistemas de agricultura tradicional onde os lameiros se integravam eram estruturados numa perspectiva de auto-abastecimento das comunidades que se lhes encontravam associadas. Deste modo, os lameiros estabeleciam uma forte interligação com outros agro-sistemas característicos da paisagem de montanha, nomeadamente as searas de centeio, as parcelas de cultivo de batata, os baldios e giestais, as hortas e as matas. Os lameiros assumiam-se como determinantes na alimentação do gado bovino; as hortas, instaladas próximo das povoações, em solos de maior fertilidade e regados, garantiam a

produção para autoconsumo; as zonas de mata asseguravam a produção de lenho e no caso concreto do castanheiro, a produção de fruto (Rodrigues, 1996); e os baldios e pastagens comunitárias eram aproveitados de forma mais ou menos extensiva na alimentação do gado.

O êxodo rural, a reestruturação demográfica e económica das zonas rurais e a perda de importância da actividade pecuária (pela falta de mão-de-obra e pela perda de importância dos bovinos enquanto força de tracção), no pós II Guerra Mundial, resultaram em profundas alterações dos sistemas tradicionais de agricultura. Contudo, os lameiros, em conjunto com os baldios, continuam a constituir a fonte forrageira mais importante na produção de gado (Dries, 2002) e estão na base da economia da região. Refira-se, contudo, a diminuição da utilização dos baldios e giestais como fonte forrageira, assumindo os lameiros um papel cada vez mais relevante, representando, em muitos casos, a cultura de maior rendimento para o agricultor das zonas de montanha. Deste modo, os lameiros apresentam-se como um elemento nuclear na agricultura tradicional e na paisagem destas regiões de montanha.

Um dos principais critérios de classificação deste tipo de pastagens seminaturais de montanha é a disponibilidade hídrica, de acordo com a qual os lameiros se podem distinguir em lameiros de regadio, lameiros de regadio imperfeito e lameiros de sequeiro ou de secadal:

(i) Os **lameiros de regadio** dispõem-se ao longo dos cursos de água permanentes durante todo o ano ou junto a boas nascentes de água, permitindo satisfazer as necessidades de rega todo o ano (Teles, 1970; Pires *et al.*, 1994). Localizam-se preferencialmente em fundos de vale e meia-encosta (Moreira *et al.*, 2001).

(ii) Os **lameiros de regadio imperfeito** encontram-se próximos de linhas de água não permanentes ou de reduzido caudal e com nascentes de água menores, pelo que a disponibilidade de água para satisfazer as necessidades da pastagem durante todo o Verão é insuficiente para regar toda a superfície (Pires *et al.*, 1994). De acordo com Moreira *et al.* (2001), a sua localização preferencial é em fundos de vale, meia-encosta, encosta e por vezes nos planaltos.

(iii) Os **lameiros de sequeiro ou secadal** ocorrem junto a linhas de água temporárias, as quais, mesmo no Inverno, em períodos mais ou menos longos sem precipitação, podem extinguir-se (Pires *et al.*, 1994). Deste modo, não dispõem de água para rega de verão, dependendo da água das chuvas e da neve, a qual é frequentemente

conduzida, através de caminhos, e distribuída nos lameiros por um sistema de sulcos dispostos em faixas ou em espinha (Teles, 1970).

Podem ainda considerar-se outros critérios de classificação, nomeadamente o seu regime de aproveitamento – lameiros de pasto, lameiros de erva e lameiros de feno – e a sua localização, distinguindo-se, neste caso, lameiros de encosta declivosa, lameiros de meia-encosta e lameiros de vale.

Os lameiros representam um biótopo de sumo interesse para as regiões de montanha do Norte e Centro de Portugal, quer pelo seu valor económico e produtivo, enquanto elemento base da alimentação do efectivo pecuário, quer pela sua acção ecológica ao nível da regulação do ciclo da água e dos nutrientes, da fixação e aproveitamento da água nas zonas de montanha, da formação e retenção do solo, da minimização dos riscos de erosão em zonas declivosas e da retenção da propagação de incêndios, pela criação de manchas descontínuas na paisagem, quer pelo seu valor paisagístico, turístico e cultural, quer ainda pelo ancestral sistema de rega que se lhe encontra associado.

Contudo, a tendência para o despovoamento das regiões de montanha, associada a um cenário de crescente limitação do recurso água, poderá vir a colocar em risco a sustentabilidade destas pastagens seminaturais de montanha e do seu ancestral e engenhoso sistema de regadio. Neste contexto, surge como grande desafio a utilização cada vez mais eficiente da água de rega nas zonas de montanha, considerando não apenas o seu valor económico, mas também o seu valor ecológico e paisagístico. Deste modo está a ser implementado um trabalho de monitorização de lameiros e água de rega a eles associada, através de novas tecnologias, no sentido de desenvolver ferramentas que possam apoiar decisões no âmbito de uma gestão de regadio que se prevê será cada vez mais exigente.

## *2 - A REGA DOS LAMEIROS*

A utilização da água de rega nestas zonas de montanha obedece frequentemente a regras consuetudinárias, definidas e geridas pelas próprias comunidades e transmitidas de geração em geração. Neste sentido, a água é encaminhada para os terrenos mediante uma aviação da água pré-estabelecida, de acordo com a qual cada regante rega quando e quanto o plano de atribuição de direitos de acesso à água lhe permite.

Sujeitos em grande parte dos casos a esta realidade consuetudinária, os lameiros apresentam como especificidade o facto de neles se regar durante todo o ano, embora com objectivos sazonalmente distintos e condicionado pela disponibilidade de recursos hídricos. No período de Verão a aplicação de água de rega visa satisfazer as necessidades hídricas da cultura. Por sua vez no Inverno, a rega, denominada de lima, é aplicada com o intuito de promover uma regulação térmica ao nível do solo e da vegetação, de modo a evitar ou reduzir os riscos de congelamento decorrentes do prolongado e frequente período de geadas durante o Inverno e Primavera.

### 2.1 - A rega de lima

A referida rega de lima processa-se por escoamento, de acordo com um sistema ancestral e genuíno, no qual as águas de escoamento concentradas em linhas de água são desviadas para pequenos canais de encosta (designados regueiras, regadeiras ou agueiras), dispostos aproximadamente segundo as curvas de nível, de onde se escoam sobre os pastos permanentes de Inverno (Portela, 1996; Dries, 2002; Pereira e Sousa, 2005). Esta água que escorre lenta e continuamente sobre o pasto como uma fina camada, vulgarmente designada de água de lima, vai sendo sucessivamente recolhida pelas regueiras situadas a nível inferior, que a espalham de novo sobre a pastagem, devolvendo, por fim, ao curso de água a parte que não se infiltra (figura 3).

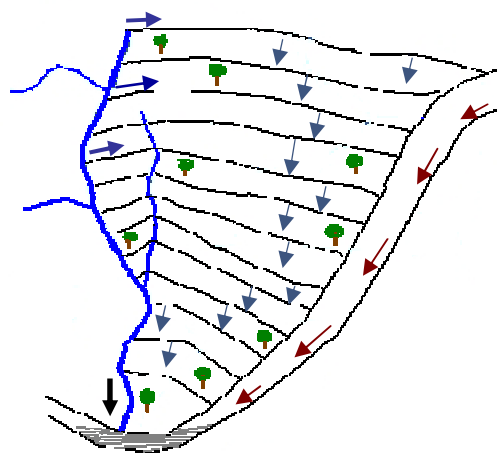


FIGURA 3 – (A) Lameiro na localidade de Azibeiro em que se pode ver a água nas regueiras; (B) Esquema da rega de lima (adaptado de Pereira e Sousa, 2005)

Associada às regueiras é ainda frequente a existência de uma rede mais ou menos densa de sulcos adicionais (denominados tralhas ou tralhões) que, partindo das primeiras, em forma de “T”, “espinha de peixe”, ou outra, permite uma distribuição uniforme da água no interior do lameiro, evitando zonas secas ou alagadas e consequentemente favorecendo a qualidade e produção da pastagem. A relevância da referida rede de tralhões, torna-se evidente, particularmente em condições de elevado grau de irregularidade de declive e topografia, considerando que: i) por um lado, quer o excesso quer o défice de água podem criar condições para o desenvolvimento de espécies florísticas menos apetecíveis e de menor qualidade para os animais; ii) por outro, as condições de encharcamento, podem contribuir para a degradação da estrutura do solo em consequência do pisoteio pelo gado.

A rega de lima pode ser feita de modo automático mediante o recurso a sifões tradicionais em pedra que estabelecem a comunicação entre reservatórios de água e a regueira principal (figura 4). Deste modo, durante o período de Inverno, quando os caudais são relativamente grandes e o reservatório se encontra cheio, o sifão é activado de modo a derivar o caudal necessário à rega (Portela, 1996; Dries, 2002). No Verão o sifão só é activado se os caudais afluentes forem suficientes; caso contrário a derivação a partir do açude é controlada manualmente de forma a que os caudais derivados sejam adequados à rega.



FIGURA 4 – (A) Sifão em pedra que estabelece comunicação entre o reservatório e a regueira; (B) detalhe do sifão, em que o fluxo de água se move do orifício 1 para o 2, em função da altura da água no reservatório, derivando um caudal de rega.



## 2.2 - Água de lima

Face ao risco frequente e prolongado de ocorrência de geadas durante o Inverno e início da Primavera, nas zonas de montanha onde os lameiros se distribuem, a rega de lima surge como uma técnica para garantir algum crescimento da vegetação durante a estação invernal e manter a pastagem num estado menos desidratado, tornando mais rápida e vigorosa a sua re-entrada em actividade na Primavera (Gonçalves, 1985; Pereira e Sousa, 2005).

O princípio de regulação térmica associado a este tipo de rega decorre do facto de a água de lima, durante o período de Inverno, se apresentar mais quente que o solo, a pastagem e a temperatura ambiente, sobretudo durante a noite, tendo como consequência uma libertação de calor que atenua o efeito das geadas (Gonçalves, 1985). Este efeito torna-se mais acentuado e evidente se a água de rega for proveniente de nascentes, uma vez que a sua temperatura é mais elevada que a dos rios ou ribeiros (quadro 1). A rega de lima promove assim um maior integral térmico com grande influência na alteração da composição florística da paisagem.

No entanto, esta acção de correcção do balanço térmico ao nível do microclima do solo e da pastagem só deve ser adoptada em caso de disponibilidade de elevadas quantidades de água, de modo a garantir que a rega se processe durante todas as noites, enquanto houver risco de ocorrência de geadas (Pires *et al.*, 1994; Gonçalves, 1985). Caso contrário, criam-se condições para a ocorrência de “descalçamento” dos prados, fenómeno que consiste no levantamento de terra em partes da pastagem, devido à formação de gelo à superfície do solo, em resultado de frio intenso após regas não contínuas.

QUADRO 1 – Comparação do efeito da água de rega de lima proveniente de nascentes e de rios, na temperatura da pastagem a diferentes distâncias da fonte (adaptado de Gonçalves, 1985)

Fonte de água	Temperaturas (°C)						
	Fonte	Ar	Relva (sem rega)	Água de lima a diferentes distâncias da fonte			
				10m	20m	25m	50m
Nascente*	11,8	-3	-4	--	--	8,5	7,1
Rio*	2,5	0	-0,4	1,5	0,9	--	--

\*Medições das temperaturas na água de nascentes e rios efectuadas nos meses de Fevereiro às 8:30h e de Dezembro, às 8:15h, respectivamente.

### **2.3 - Pastagem vs água**

O relevo caracteristicamente acidentado e declivoso das regiões de montanha cria condições para que a água, proveniente de diversas fontes, nomeadamente da precipitação, se esco rapidamente através da rede hidrográfica. A presença de pastagens permanentes e, de um modo concreto, dos lameiros e seu sistema tradicional de distribuição e derivação da água, sobre a pastagem, de regueira para regueira e tralhas, ao promoverem a diminuição da velocidade de avanço da água originam aumento dos tempos de concentração e da oportunidade de infiltração (figura 5 a) pelo que os cursos de água a jusante verão diminuídos os seus caudais de ponta (figura 5 b).

Deste modo, a pastagem como um todo beneficia o armazenamento de água no perfil do solo e o reabastecimento dos aquíferos subterrâneos (Pereira e Sousa, 2005), actuando eficazmente na retenção e aproveitamento da água nas zonas de montanha.

Tratando-se de pastagens seminaturais permanentes, isto é, constituídas por espécies espontâneas e sub-espontâneas, não semeadas e que não são sujeitas a mobilizações do solo, criam-se condições para que, por um lado, as infra-estruturas de rega, nomeadamente regueiras e tralhas, sejam preservadas (o que não exclui a necessidade de sua limpeza e manutenção) e, por outro, se forme uma elevada densidade de poros biológicos, favorecendo por um lado a infiltração e, por outro, diminuindo os riscos de compactação do solo.

Uma outra função associada a estas pastagens de montanha decorre da cobertura permanente do solo pela vegetação, do que resulta uma minimização dos riscos de erosão decorrentes do impacto das gotas de chuva e do escoamento das águas sobre a superfície do solo. Frequentemente estas águas de escoamento actuam inclusivamente como agentes de fertilização das pastagens, em resultado do seu enriquecimento por partículas (dejectos de animais, ...) arrastadas ao longo do seu percurso até aos prados.

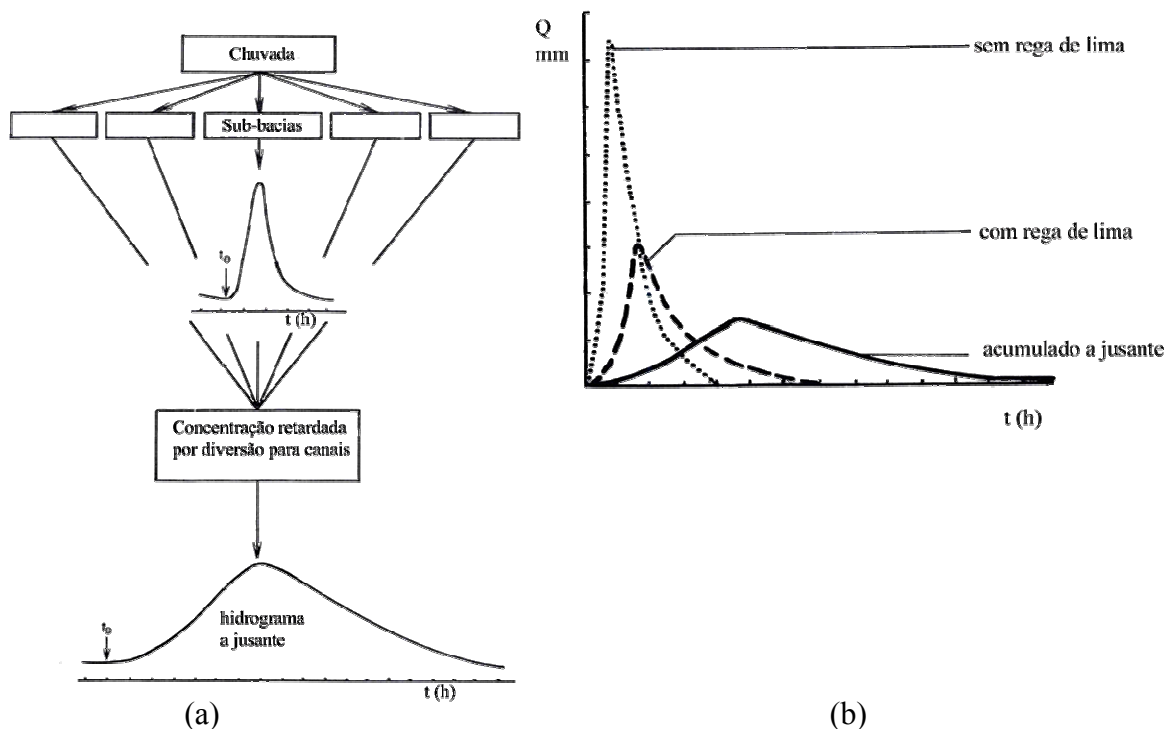


FIGURA 5 - Interpretação esquemática dos impactos hidrológicos da rega de lima (a) sobre o tempo de concentração e oportunidade de infiltração e (b) sobre os caudais de ponta (adaptado de Dunne e Leopold, 1978).

### 3 - NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS AO ESTUDO DOS LAMEIROS

Apesar do seu carácter multifuncional, a vitalidade e perpetuação dos lameiros e seus regadios tradicionais pode estar comprometida, a médio e longo prazo, perante um panorama de nível populacional baixo e tendencialmente envelhecido das regiões de montanha e face à anunciada limitação dos recursos hídricos num futuro mais ou menos próximo pelo que se torna fundamental um estudo profundo dos lameiros e sua dinâmica na agricultura tradicional e paisagem das zonas de montanha (Pôças *et al.*, 2006).

A detecção remota surge, neste contexto, como uma ferramenta com grandes potencialidades, dada a sua aplicabilidade não só na monitorização de biótopos (Bock, 2003) e de formas de utilização da terra (Sawaya *et al.*, 2003; Marçal e Wright, 1997), como também na estimativa do grau de erosão do solo (Lu *et al.*, 2004), da produtividade das culturas (Hazarika *et al.*, 2005; Ferencz *et al.*, 2004), do teor de

humidade do solo (Cosh *et al.*, 2004; Vicente-Serrano *et al.*, 2004; Moran *et al.*, 2004) e da evapotranspiração e coeficientes culturais (Calera *et al.*, 2005; Garatuza-Payan e Watts, 2005).

Nesta perspectiva, deu-se início a um trabalho de monitorização de lameiros através de ferramentas de detecção remota, que tem como objectivos avaliar o estado e extensão espacial dos lameiros no concelho de Montalegre e aferir a importância do regime hídrico nestas pastagens. De modo a cumprir os objectivos referidos têm vindo a ser adquiridas e processadas imagens de arquivo dos sensores Landsat e SPOT e imagens Chris Proba relativas ao ano de 2007, para os locais em estudo – Paredes do Rio e Salto, no concelho de Montalegre. Está prevista ainda a aquisição de imagens do sensor ASTER. Os referidos sensores possuem diferente resolução espacial e temporal e um período de captação de imagens mais ou menos recente. Pretende-se deste modo complementar a informação obtida por satélites de menor resolução espacial mas cujo histórico de imagens é mais antigo, com imagens de captação mais recente mas com maior resolução espacial, de modo a estabelecer uma evolução espacial dos lameiros nas duas últimas décadas. No quadro 2 encontra-se sumariada a informação relativa à colecção de imagens utilizada no presente trabalho.

QUADRO 2 - Resolução espacial, modo espectral e datas de aquisição das imagens usadas no trabalho de monitorização de lameiros em Montalegre.

Sensor	Resolução especial (m)	Modo espectral	Datas de aquisição das imagens
Landsat	30m	Multi-espectral	Desde 1991
SPOT	20m	Multi-espectral	Desde 1991
SPOT	10m	Pancromática	Desde 1991
SPOT	10m	Multi-espectrais	Desde 2002
ASTER	15m	Multi-espectral	Desde 2000
Chris_Proba	18m	Multi-espectral	Ano 2007

As imagens captadas pelos diferentes sensores recolhem a informação acerca da reflectância de diferentes objectos, nos diversos comprimentos de onda do espectro electromagnético. As características espectrais da vegetação na zona do visível são determinadas pela clorofila, verificando-se uma baixa reflectância na zona do vermelho

(0,62 – 0,70µm) do espectro electromagnético e uma reflectância elevada na região do infravermelho próximo (0,7 – 1,1µm). Deste modo, é possível definir índices de vegetação, tais como NDVI e SAVI (índice de vegetação da diferença normalizada e índice de vegetação ajustado ao solo, respectivamente), que resultam da relação entre a reflectância nas bandas do vermelho ( $\rho_r$ ) e do infravermelho próximo ( $\rho_{nir}$ ) do espectro electromagnético (quadro 3). Em paralelo serão realizadas medições de reflectância directamente nas parcelas em estudo, através de um espectroradiómetro portátil, de modo a proceder à validação da informação obtida pelas imagens de satélite.

QUADRO 3 – Fórmulas de cálculo dos índices de vegetação da diferença normalizada e ajustado ao solo

Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI)	Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI)*
$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r}$	$SAVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r + L} \cdot (1 + L)$

\* L – factor de ajustamento para minimizar o efeito do solo (L = 0,5 para uma cobertura intermédia do solo (Huete, 1988, cit. Garatuza-Payan & Watts, 2005)

Os referidos índices de vegetação estão correlacionados com diversos parâmetros biofísicos da planta, nomeadamente o índice de área foliar e fracção de cobertura do solo (Calera *et al.*, 2005), biomassa verde, radiação fotossinteticamente activa, taxa fotossintética, e evapotranspiração. Neste sentido, diversos estudos têm vindo a ser desenvolvidos com o intuito de estabelecer uma aproximação dos valores de índices de vegetação a coeficientes culturais (de que são exemplo os trabalhos de Calera *et al.*, 2005; Garatuza-Payan & Watts, 2005; Cuesta *et al.*, 2005; González, 2006), a partir dos quais se pode obter a evapotranspiração das culturas, constituindo uma ferramenta de apoio à gestão do regadio para diversas culturas. No quadro 4 apresentam-se dois tipos de aproximações aos coeficientes culturais, a partir de índices de vegetação definidos através de imagens de satélite.

De acordo com a metodologia recomendada pela FAO para o cálculo da evapotranspiração cultural (Allen *et al.*, 1998; Pereira, 2004), é geralmente utilizado um coeficiente cultural (Kc), que reflecte o estado da vegetação, o qual é multiplicado pela evapotranspiração de referência, estimada com base em dados meteorológicos. O

coeficiente cultural estimado a partir de índices de vegetação pode assim ser usado para aferir/comparar valores de evapotranspiração em lameiros de regadio e secadal.

QUADRO 4 – Relações entre índices de vegetação e coeficientes culturais, propostas por Garatuza-Payan & Watts (2005) e por Calera *et al.* (2005)

Modelos	Aproximação ao Kc a partir de IV	Parâmetros
Modelo exponencial negativo (Garatuza-Payan & Watts, 2005)	$K_{ccv} = a \cdot (1 - e^{-b \cdot IV}) + c$	$K_{ccv}$ - coeficiente cultural estimado IV = NDVI ou SAVI a, b, c - parâmetros de regressão
Modelo de relação linear simples (Calera <i>et al.</i> , 2005)	$K_c = 1,25 \cdot NDVI + 0,2$ $K_{cb} = 1,5625 \cdot NDVI - 0,1$	Kc – coeficiente cultural Kcb – coeficiente cultural de base* NDVI – índice de vegetação da diferença normalizada

\* Kcb – razão entre a evapotranspiração cultural e a evapotranspiração de referência, em condições de superfície do solo seca

Para validação destas metodologias de aproximação aos valores de evapotranspiração cultural torna-se necessária a medição deste parâmetro *in loco*, a qual pode ser obtida através de um cintilómetro ou recorrendo a equipamentos de determinação da covariância de Eddy, da razão de Bowen, ou à lisimetria. Face às características de relevo acidentado das regiões onde os lameiros se distribuem, que criam condições para a formação de diferentes microclimas em zonas geograficamente próximas, o cintilómetro apresenta-se como um equipamento particularmente interessante para a referida função de validação, na medida em que permite a obtenção dos fluxos de calor sensível e de calor latente de uma área e não apenas de um ponto. O cintilómetro permite a medição dos fluxos da superfície ao longo de um percurso entre um ponto emissor e um ponto receptor, os quais podem distar de 250m a 8Km, o que, perante a frequente heterogeneidade topográfica das áreas de lameiros, permitirá a obtenção de resultados mais fidedignos e mais fáceis de obter do que os determinados pelos outros equipamentos acima referidos e que, para além de serem caros e exigirem observações frequentes, apenas fazem a medição num determinado local. Serão efectuadas medições periódicas do índice de área foliar, fracção de cobertura do solo,

estado fenológico da vegetação das parcelas de lameiros em estudo, para trabalhar a aproximação aos coeficientes culturais de lameiros com diferentes regimes hídricos.

Uma outra tecnologia a utilizar na monitorização dos lameiros é a termografia. De facto, a monitorização da distribuição térmica em áreas de lameiros sujeitas a condições de ocorrência de geadas pode actualmente ser feita, de forma expedita, mediante recurso a câmaras de infravermelhos com elevada sensibilidade térmica, as quais produzem imagens na zona do infravermelho térmico. Tendo em consideração o tipo de relevo e topografia frequentemente associado aos locais de distribuição dos lameiros, estas imagens geradas por termografia poderão facilitar a identificação de áreas/parcelas que, pelo seu posicionamento, exposição ou irregularidade topográfica, apresentam um microclima da vegetação e do solo mais desfavorável devido a deficiente distribuição da água. Deste modo, poder-se-ão delinear estratégias para aumentar a eficiência de regulação térmica da água de lima nesses locais.

#### 4 - CONCLUSÕES

A água é um recurso fundamental na agricultura tradicional e na paisagem das zonas de montanha do Norte e Centro de Portugal. O reconhecimento do seu valor justificou e continua a justificar, em muitos casos, a sua utilização mediante regras estabelecidas e respeitadas por diversas gerações, não sem a ocorrência de alguns conflitos. Por seu lado, os lameiros surgem como um biótopo de suma importância não só para a economia e desenvolvimento rural da região, enquanto elemento base na alimentação do efectivo pecuário, como também para a conservação da biodiversidade florística, faunística e paisagística, para a conservação do recurso solo e como factor de regulação do ciclo hidrológico. De realçar, de modo particular, é o seu papel na conservação da água e do solo em zonas de montanha, pelo revestimento permanente que conferem ao solo e pela forma engenhosa como o seu regadio se processa, permitindo um maior aproveitamento de recursos hídricos que de outra forma fluiriam rapidamente através dos cursos de água até às zonas de jusante. Deste modo, lameiros e água têm, ao longo de séculos, actuado no sentido de garantir o desenvolvimento e a conservação nas zonas de montanha.

Com o trabalho de monitorização de lameiros a que se deu início, no concelho de Montalegre, e para o qual se está a fazer uso de tecnologias de detecção remota e

termografia, pretende-se aprofundar o conhecimento sobre o biótopo lameiro, sua extensão espacial e evolução nos últimos anos e seu comportamento face ao recurso água, de modo a desenvolver e afinar metodologias que possam apoiar tanto a gestão do regadio em zonas de montanha, a qual, num contexto anunciado de limitação de recursos hídricos, se tornará cada vez mais exigente, como a identificação de paisagens construídas pelo homem e cuja preservação é relevante como herança cultural .

### **AGRADECIMENTOS**

O trabalho de monitorização de lameiros está a ser financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (referência PTDC/AGR-AAM/67182/2006). Agradece-se à FCT a bolsa de doutoramento concedida ao primeiro autor (referência SFRH/BD/24373/2005).

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998) – Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrig. Drain. Pap. 56, FAO, Rome, 300p.
- BOCK, M. (2003) – Remote sensing and GIS-based techniques for the classification and monitoring biotopes. Case examples for a wet grass-and moor land area in Northern Germany. *J. Nature Conserv.* 11, 145 – 155.
- CALERA, A.B.; JOCHUM, A.M.; CUESTA, A.G.; MONTOMORO, A.R.; LÓPEZ, P.F. (2005) – Irrigation management from space: Towards user-friendly products. *Irrig. and Drain. Syst.* 19: 337–353.
- COSH, M.H.; JACKSON, T.J.; BINDLISH, R.; PRUEGER, J.H. (2004) – Watershed scale temporal and spatial stability of soil moisture and its role in validating satellite estimates. *Remote Sensing of Environment* 92: 427-435.
- CUESTA, A.; MONTORO, A.; JOCHUM, A.M.; LÓPEZ, P.; CALERA, A. (2005) – Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. *Información Técnica Económica Agraria*, 101 (3): 212-224.
- DRIES, A.VAN DEN (2002) – The Art of Irrigation. The Development, Stagnation and Redesign of Farmer-Managed Irrigation Systems in Northern Portugal. Proefschrift. ter verkrijging van de rector magnificus van Wageningen Universiteit, 369p.



- DUNNE, T.; LEOPOLD, B. (1978) – Water in Environmental Planning. W.H.Freeman and Co., 818 p.
- EMBERGER, L. 1942. Un projet d'une classification des climats du point de vue phytogéographique. *Bull Soc Hist Nat Toulouse* 77:97-124.
- FERENCZ, C.; BOGNAR, P.; LICHTENBERGER, J.; HAMAR, D.; TARSCAI, G.; TIMAR, G.; MOLNAR, G.; PASZTOR, S.; STEINBACH, P.; SZEKELY, B.; FERENCZ, O.E.; FERENCZ-ARKOS, I. (2004) – Crop yield estimation by satellite remote sensing. *Int. J. Remote Sensing* 25 (20): 4113-4149.
- GARATUZA-PAYAN, J.; WATTS, C.J. (2005) – The use of remote sensing for estimating ET of irrigated wheat and cotton in Northwest Mexico. *Irrig. and Drain. Syst.* 19: 301–320.
- GONÇALVES, D. (1985) – A rega de lima no interior de Trás-os-Montes. Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- GONZÁLEZ, J.P. (2006) – Evapotranspiración de la cubierta vegetal mediante la determinación del coeficiente de cultivo por teledetección. Extensión a escala regional: acuífero 08-29 Mancha Oriental. Tesis Doctoral. Valencia. 337 p.
- HAZARIKA, M.K.; YASUOKA, Y.; ITO, A.; DYE, D. (2005) – Estimation of net productivity by integrating remote sensing data with an ecosystem model. *Remote Sensing of Environment* 94: 298-310.
- INMG. 1991. O Clima de Portugal. Fascículo XLIX. Normais climatológicas da região de Trás-os-Montes e Alto Douro e Beira Interior correspondentes a 1951 – 1980. Lisboa.
- LU, D.; LI, G.; VALLADARES, G.S.; BATISTELLA, M. (2004) – Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: Using RUSLE, remote sensing and GIS. *Land and Degradation & Development* 15 (5): 499-512.
- MARÇAL, A.R.S.; WRIGHT, G.G. (1997) – The use of 'overlapping' NOAA-AVHRR NDVI maximum value composites for Scotland and initial comparisons with the land cover census on a Scottish Regional and District basis. *Int. J. Rem. Sens* 18 (3): 491–503.
- MORAN, M.S.; PETERS-LIDARD, C.D.; WATTS, J.M.; MCELROY, S. (2004) – Estimating soil moisture at the watershed scale with satellite-based radar and land surface models. *Canadian Journal of Remote Sensing* 30 (5): 805-826.

- MOREIRA, N.; AGUIAR, C.; PIRES, J.M. (2001) – Lameiros e outros prados e pastagens de elevado valor florístico. Pastagens de Montanha. Direcção Geral de Desenvolvimento Rural. Lisboa. 47 p.
- PEREIRA L.S. (2004) – Necessidades de Água e Métodos de Rega. Publ. Europa-América, Lisboa, 313 p.
- PEREIRA, L.S.; SOUSA, V.S. (2005) – Lameiros e prados de lima, uma paisagem das terras altas húmidas de Portugal. Comunicação apresentada no V Seminário Internacional CYTED-XVII. Un enfoque para la gestion sustentable del agua: Experiencias en zonas húmedas. (Universidad de Buenos Aires, Abril 2005) ([http://www.cytad.agua.uba.ar/V\\_SEM\\_ppt/Santos%20Pereira/html/index.html](http://www.cytad.agua.uba.ar/V_SEM_ppt/Santos%20Pereira/html/index.html)).
- PIRES, J.M.; PINTO, P.A.; MOREIRA, N.T. (1994) – Lameiros de Trás-os-Montes. Perspectivas de futuro para estas pastagens de montanha. Série Estudos, Escola Superior Agrária. Edição do Instituto Politécnico de Bragança. 96 p.
- PÔÇAS, I.; CUNHA, M.; PEREIRA, L.S. (2006) – Los lameiros, pastizales seminaturales de regadio de montaña: sistemas ancestrales en el paisaje rural portugués del siglo XXI. In: J. Palerm, T. Martínez, M. Castro e L. Pereira (Eds.) El pequeño riego y herencias de culturas hídricas en Iberoamérica. Colégio de Posgraduados, Montecillo, México. (in press).
- PORTELA, J. (1996) – Regadios Tradicionais de Trás-os-Montes. In: Brito, J.P. et al. (coord.). O Voo do Arado. Lisboa. pp 371 – 383.
- RODRIGUES, O. (1996) – A mudança do espaço rural em zonas marginais: o caso da Terra Fria Transmontana. In Brito, J.P. et al. (Ed.). O Voo do Arado. Lisboa. pp 385 – 395.
- SAWAYA, K.E.; OLMANSON, L.G.; HEINERT, N.J.; BREZONIK, P.L.; BAUER, ME. (2003) – Extending satellite remote sensing to local scales: land and water resources monitoring using high-resolution imagery. Remote Sensing of Environment 88: 144-156.
- TELES, A.N. (1970) – Os lameiros de montanha do norte de Portugal. Subsídios para a sua caracterização fitossociológica e química. Agronomia Lusitana, XXXI (I – II). 141 p.
- VICENTE-SERRANO, S.M.; PONS-FERNANDEZ, X.; CUADRAT-PRATS, J.M. (2004) – Mapping soil moisture in the central Ebro river valley (northeast Spain) with Landsat and NOAA satellite imagery: a comparison with meteorological data. Int. J. Rem. Sens. 25(20): 4325-4350.

VIEIRA, J.; FERNANDES, A.; BERNARDO, A.; MARTINS, V.; MOREIRA, N. (2000) – Os lameiros e a sustentabilidade dos sistemas de produção agro-pecuários de montanha em Trás-os-Montes. In: II Congresso de Estudos Rurais – “Periferias e Espaços Rurais” (Angra do Heroísmo, Açores, 29 de Setembro a 3 de Outubro) CD-ROM – tema Ilhas, Montanhas e Outros Territórios, 12pp.