

Erosão hídrica em solos florestais

Estudo em povoamentos de *Pinus Pinaster* e *Eucalyptus Glohulus* em Macieira de Alcôba - Águeda*

Carmen Gonçalves Ferreira

"This is the 'New Environmental Age' (...); to geographers there are many obvious opportunities for the subject to make both theoretical and practical contributions to the pressing human challenge of responsible, sustainable planet management (...)

If we seek to advance the holistic study of the environments we need generalists more than specialists. Rather than climatologists, geomorphologists and biogeographers, we need physical geographers: interpreters of the natural environment' (...)"

- Malcolm Newson -

I-INTRODUÇÃO

A utilização racional dos recursos com vista a um desenvolvimento sustentável, que parece caracterizar a sociedade pré-século XXI, pressupõe que se desenvolva uma nova relação simbiótica entre o Homem e o Ambiente e que se repense o posicionamento da Geografia, nomeadamente da Geografia Física, nesta "Nova Era Ambiental".

Se, em 1986, CALDER afirmava que a Geografia tinha perdido a sua característica como grande ciência integradora, o mesmo autor refere, posteriormente, que as Mudanças Globais, com a sua dimensão humana, tinham permitido reinventar uma nova Geografia (in M. NEWSON, 1992 a). Para MAL-

Síntese da Dissertação de Mestrado em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra em 1996, sob orientação do Professor Doutor Fernando Rebelo e arguida pela Professora Doutora Celeste Alves Coelho do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

COLM NEWSON é uma "Nova Era Ambiental" que constitui a grande oportunidade que os geógrafos, da Geografia Física e da Geografia Humana, terão para se unirem e para desenvolverem uma investigação aplicada. Segundo o autor, esta oportunidade parece derivar de três características importantes para o conhecimento no campo ambiental:

- a necessidade do ordenamento sustentável do ambiente que corresponde à integração de métodos de investigação físicos e sócio-políticos;
- a existência de movimentos que defendem, quer na ciência quer na sociedade, um tratamento holístico dos problemas (o reducionismo está a sofrer graves pressões em resultado de falhanços da ciência pura por não considerar os riscos e os efeitos sociais nas aplicações);
- a necessidade de uma investigação aplicada a uma escala global.

O desenvolvimento sustentado da biosfera tem-se tornado, nos últimos anos, numa questão de interesse crescente por parte de cientistas, planeadores e políticos que, cada vez mais preocupados com os impactes, reais e previsíveis, gerados pelas interações entre as diferentes actividades humanas e o ambiente, procuram, analisando os novos padrões de uso do solo e identificando os factores críticos, encontrar limiares para uma exploração sustentada dos recursos naturais (F. PEREZ-TREJO, 1992). O uso sustentado dos recursos requer que estes sejam utilizados de forma a preservar o seu valor para as gerações futuras. O cumprimento deste objectivo pressupõe um melhor conhecimento dos processos físicos de modo a que se possam satisfazer as necessidades da sociedade a longo prazo.

Nada alheia a esta problemática, na Geografia Física dos anos 90 vai aumentando o interesse pelos estudos dos processos actuais, facto relacionado, sem dúvida, com a compreensão dos sistemas ambientais e associado à necessidade de uma investigação aplicada.

A actual conceptualização das relações Homem-Meio implica que os processos físicos e sociais devem ser examinados como partes interactuantes de um mesmo sistema ambiental. A Geografia Física possui um largo conhecimento sobre o funcionamento dos sistemas ambientais e não é contrária ao diálogo com os sistemas humanos de vertente social, económica e política - não podemos esquecer que geógrafos físicos e humanos se encontram no mesmo "edifício", apesar de não falarem suficientemente entre si... (S. TRUDGILL, 1992). Parece-nos que, para responder aos problemas ambientais críticos e perspectivando o ordenamento sustentável do ambiente, se torna necessário combater este "divórcio" entre a Geografia Física e Humana, estabelecendo um diálogo e interacção frutíferos (M. NEWSON, 1992). Apesar de tudo, enquanto geógrafos físicos ou humanos, continuamos geógrafos (S. TRUDGILL, 1992).

Para MALCOLM NEWSON, nos últimos 20 anos de investigação em Geografia Física, os geógrafos, ansiosos por criarem uma boa impressão e obter influência junto de alguns grupos da ciência, apenas adoptaram parte da teoria sistémica nos seus trabalhos de investigação, normalmente representada no desenho experimental dos projectos de investigação, na integração de resulta-

dos e no desenvolvimento de modelos previsíveis. Esta especialização que, segundo o autor, foi criada para ganhar respeitabilidade, permitiu que se negligenciasse o holismo e se não respeitasse a adopção da escala global. NEWSON refere que a Geografia Física, nestas duas últimas décadas, não foi nem global nem "Gaiana".

A Geografia Física está hoje mais preparada para se tornar receptiva ao tipo de ambientalismo contido nos princípios de "Gaia". Devido à sua estrutura cibernética, a teoria de "Gaia" é simultaneamente reducionista e holística e é precisamente nesta característica que reside a sua relevância - providencia uma estrutura para a descrição e análise das relações Homem - Ambiente (J. LOVELOCK, 1988). A Geografia Física é uma disciplina capaz de identificar as prioridades na protecção ambiental e em distingui-las do simples "ambientalismo do jornal diário" (M. NEWSON, 1992). Para MALCOLM NEWSON, os geógrafos não terão que ser transcendentemente "verdes", pois, tal como LOVELOCK insistentemente afirma, a razão da cibernética de "Gaia" é, essencialmente, neutral, ou seja, na teoria de "Gaia" interessa a saúde do planeta e não apenas a de algumas espécies de organismos. Para LOVELOCK, os primeiros factores que ameaçam a saúde do planeta são as grandes mudanças nos ecossistemas naturais, sendo a agricultura e a silvicultura vistas como os agentes mais importantes para este tipo de prejuízos.

A degradação dos solos e conseqüente desertificação foi identificada como um dos graves problemas globais a enfrentar no presente e no futuro.

A Europa Mediterrânea é uma região particularmente afectada pelo problema da degradação dos solos devido às suas características ecológicas específicas como a aridez, a precipitação irregular mas intensa, a frequência de eventos extremos tais como as cheias e outros. Tais características, conjuntamente com inadequados padrões de uso do solo, contribuem para uma maior sensibilidade deste a uma degradação física, quer pela deterioração da sua estrutura, quer pela destruição do coberto vegetal. Em muitas regiões do Sul da Europa o abandono dos sistemas tradicionais de exploração da terra, bem como uma reflorestação frequentemente inadequada, tanto do ponto de vista ecológico como social (exemplo dos eucaliptais em Portugal e Espanha) aumentaram, consideravelmente, os riscos de graves incêndios florestais e, conseqüentemente, de degradação física e química dos solos.

Em Portugal, os novos padrões de uso do solo deixaram de reflectir a imagem de uma cultura rural tradicional e são, agora, resultado de múltiplas decisões, quer de agentes privados, quer de políticos locais que, na procura de retornos financeiros - atribuição de subsídios e concessão de taxas específicas - se vão cada vez mais distanciando de considerações sérias sobre os impactes hidrológicos, climáticos e pedológicos destes novos padrões.

Apesar das causas da degradação serem várias e de se conhecer a localização das principais áreas afectadas, pese embora a parca informação quantitativa disponível, os especialistas nesta temática estão conscientes dos factores que influenciam a erosão (fig. 1) e a sua distribuição (A. IMESON, 1991). No

entanto, a erosão por acção da água é, de longe, a mais importante forma de degradação dos solos.

Contrariamente ao que se passava em relação ao ar e à água, a política ambiental começa, agora, a dedicar mais atenção à quantidade e qualidade dos solos que constituem uma parte essencial de numerosos ecossistemas. Face a estas circunstâncias torna-se clara a necessidade de identificar e avaliar a intensidade dos processos de degradação e de providenciar medidas de conservação para este recurso natural.

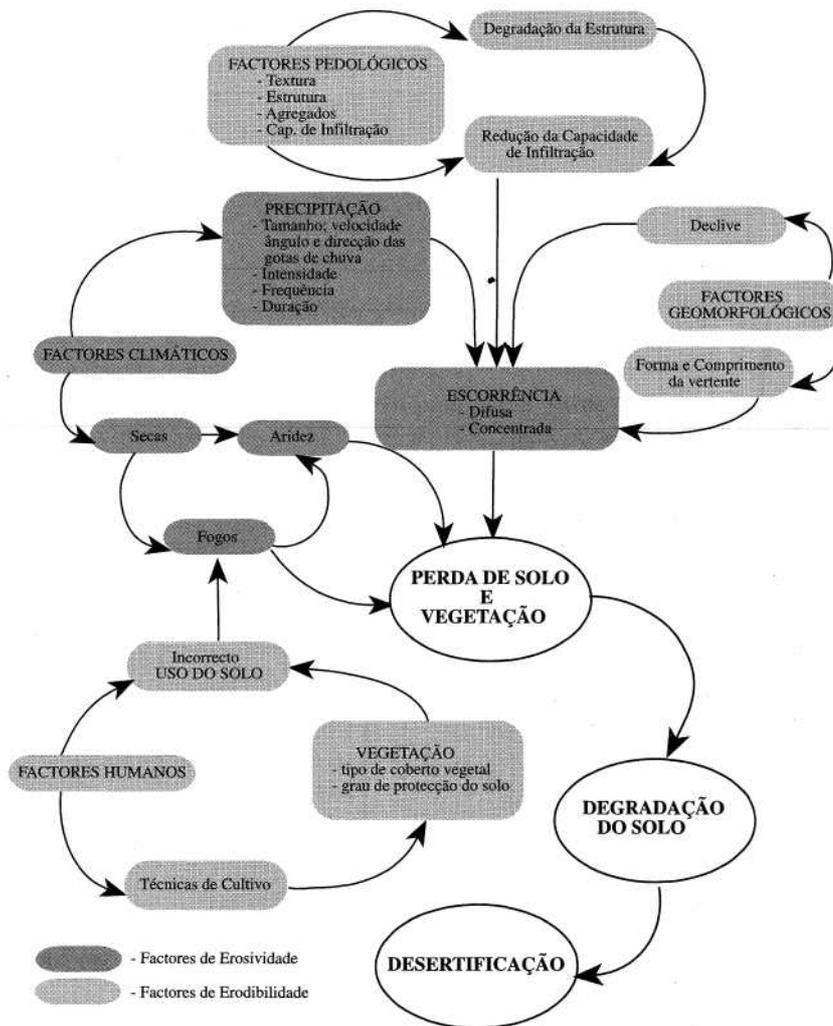


Fig. 1 - Múltiplos factores que intervêm no processo de erosão hídrica do solo e no processo de desertificação (adaptado de Perez-Trejo, 1993, p.51 e de Cook & Doornkamp, 1990, p. 81)

Este trabalho de investigação tem como objectivo principal a avaliação das perdas de solos, por erosão hídrica, em áreas florestais graníticas sob cobertos de *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*. Foram vários os motivos que nos conduziram à escolha desta temática e da área de estudo, salientando-se, pelo atrás exposto, o interesse que, desde sempre, manifestamos pelos aspectos aplicáveis da geomorfologia. Se com este estudo pudermos contribuir, de alguma forma, para a compreensão do processo e para a avaliação da erosão hídrica dos solos florestais em Portugal, entendida numa perspectiva de conservação dos mesmos, estaremos então a cumprir o objectivo a que nos propusemos.

A área de estudo fica situada em Macieira de Alcôba, freguesia serrana do interior do concelho de Águeda, distrito de Aveiro (fig. 2). Com uma área de 9,39 Km², a freguesia de Macieira de Alcôba está localizada na vertente ocidental da Serra do Caramulo e inscreve-se na vertente norte da bacia hidrográfica do rio Águeda. Águeda é a cidade mais próxima, à distância de 25 Km.

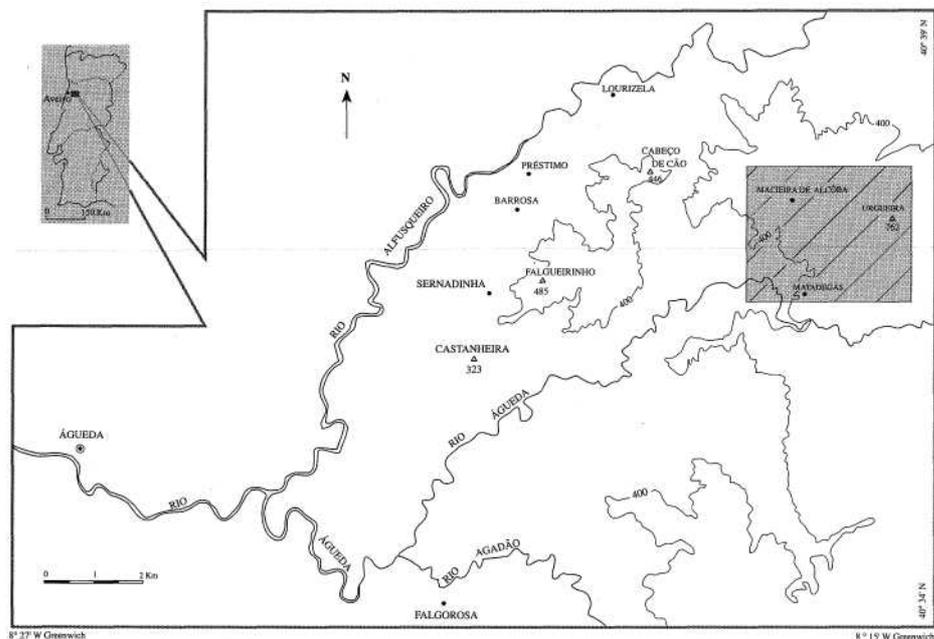


Fig. 2 - Localização geral da área de estudo

O trabalho de investigação está estruturado em seis capítulos. Começamos por tecer algumas considerações sobre o posicionamento da Geografia, nomeadamente da Geografia Física, nesta "Nova Era Ambiental" e, posteriormente, fazemos referência à importância da temática seleccionada abordando, não só, as novas metodologias utilizadas para o estudo da erosão do solo, mas também os estudos que, sobre esta temática, se têm desenvolvido no

âmbito da Geografia Portuguesa. Os motivos que nos conduziram à selecção do tema de investigação e da área de estudo, assim como os objectivos e a estrutura do trabalho são também referenciados neste capítulo inicial¹. No segundo capítulo são apresentadas as características físicas da área de estudo. Começamos por tecer algumas considerações sobre a importância de alguns factores naturais no estudo do processo de erosão hídrica das vertentes² e, de seguida, referimos as principais características climáticas - onde a precipitação ocupa lugar de destaque -, geomorfológicas, pedológicas e tipo de coberto vegetal de Macieira de Alcôba. No terceiro capítulo é analisada e perspectivada a evolução do uso do solo, primeiro a uma escala nacional e, posteriormente, à escala local de Macieira de Alcôba. Referência especial é dada aos incêndios florestais como principal causa das modificações do uso do solo. O quarto capítulo contempla as metodologias utilizadas na concretização deste estudo. São descritas as técnicas e os instrumentos utilizados, não só no desenho experimental, como também, na determinação de algumas propriedades físicas do solo e na análise laboratorial dos sedimentos recolhidos nas caixas de erosão. A apresentação e discussão dos resultados, em termos de escoamento superficial e perdas de solo, faz-se no quinto capítulo. Os valores de escoamento superficial produzido, são então analisados em função da quantidade de precipitação ocorrida em cada período de recolha de informação, e da capacidade de infiltração média de água no solo em cada vertente onde foram instaladas as parcelas de erosão. As perdas de solo em cada tipo de coberto vegetal são apresentadas de acordo com as diferentes metodologias utilizadas para a sua quantificação, ou seja, através dos resultados obtidos nas estacas de erosão, caixas de erosão soltas e parcelas de erosão. Sempre que possível, os dados das perdas de solo foram sendo comparados, quer entre as diferentes metodologias utilizadas no desenho experimental, quer com resultados de outros trabalhos portugueses realizados no âmbito da mesma temática. Finalmente, no último capítulo, apontam-se as principais conclusões obtidas em cada capítulo e propõem-se algumas medidas que seriam de adoptar numa política de conservação do solo. Estamos conscientes de que muitos seriam os factores que poderiam explicar os resultados obtidos e que seria necessário contemplar num estudo integrado de erosão hídrica de vertentes. As limitações que tivemos em termos de equipamento e de tempo para a execução deste trabalho, não nos permitiram ir mais longe. Procurámos, no entanto, responder, de forma equilibrada, aos objectivos inicialmente propostos. Reservamos, para um futuro próximo, um aperfeiçoamento e aprofundamento da temática que nos entusiasmou.

¹ Devido à exigência de síntese, tivemos necessidade de resumir este capítulo introdutório, não referindo as novas metodologias utilizadas no estudo desta temática, nem os estudos que se têm desenvolvido no âmbito da Geografia Portuguesa.

² No presente texto, foi igualmente suprimida esta primeira parte do segundo capítulo, por exigência de síntese.

II - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

O solo, tal como estabeleceu Dokuchaev (in ALBALADEJO et ai., 1990, p. 16), desenvolve-se como resultado da interacção de vários factores: material original, clima, organismos (vegetação e fauna), topografia e tempo. Os quatro primeiros são factores ambientais, próprios de cada área, que condicionam a aparição de processos específicos que conduzem à formação de diferentes tipos de solo. Quando se quebra o equilíbrio de um solo, a sua evolução natural modifica-se e desenvolve-se uma série de processos que tendem a diminuir a sua qualidade e, por conseguinte, a provocar a sua degradação.

Tanto a degradação que sofrem actualmente os solos, como o risco de degradação, devem-se a dois tipos de causas: actuações humanas e factores naturais específicos da área. A degradação do solo começa, geralmente, como consequência da eliminação do coberto vegetal devido a acções antrópicas. Uma vez iniciada, há um conjunto de processos que nela podem intervir ^endo a erosão hídrica um dos que predominam nas regiões de clima mediterrânico. A intensidade relativa de actuação deste processo depende dos factores ambientais próprios da área em causa.

1. Características climáticas

1. 1 - *A Temperatura*

Embora privilegiando as características pluviométricas da área em estudo não quisemos, porém, deixar de fazer uma breve referência às características térmicas. Assim, e segundo S. DAVEAU et ai. (1985) Macieira de Alcôba insere-se numa zona de invernos frescos, em que a temperatura mínima média do mês mais frio oscila entre os 2 e os 4°C, e verões moderados com temperaturas máximas médias do mês mais quente variando entre os 23 e os 29°C. O número de dias no ano com temperaturas mínimas inferiores a 0°C é de 10 a 30 e com 20 a 100 dias registando temperaturas máximas superiores a 25°C.

1. 2 - *A Precipitação*

De entre os vários elementos do clima, as precipitações atmosféricas, pelos seus efeitos múltiplos - impacto com o solo e escoamento, são a causa fundamental da erosão hídrica do solo.

A ausência de uma repartição espacial satisfatória dos postos udométricos da rede nacional conduziu-nos à escolha de Campia como o posto mais representativo das características pluviométricas da área em estudo. Embora Campia se localize a uma distância de, aproximadamente, 7 Km a NE de Macieira de Alcôba e conscientes de que uma distância de poucos metros é suficiente para se verificarem diferenças nos valores de precipitação, optámos por utilizar, conjuntamente, os dados obtidos nos postos udométricos e udográficos de Castanheira do Vouga e Falgueirinho³, para além de termos procedido à

³ Os postos udométricos/udográficos de Castanheira do Vouga e Falgueirinho foram instalados em 1988 no âmbito de um Projecto de Investigação financiado pela U. E. e realizado, con-

instalação de um udómetro em Macieira de Alcôba, num local próximo das parcelas de erosão (fig. 3).

Estes últimos postos, respectivamente, Castanheira do Vouga, Falgueirinho e Macieira de Alcôba, servir-nos-ão para uma caracterização mais pormenorizada da precipitação durante o período de amostragem (Novembro de 1992 a Junho de 1994), enquanto que as séries cronológicas do posto udométrico de Campia nos permitirão reflectir sobre as características temporais da precipitação, realizando uma análise das variações interanuais e do ritmo anual da precipitação para a área em estudo.

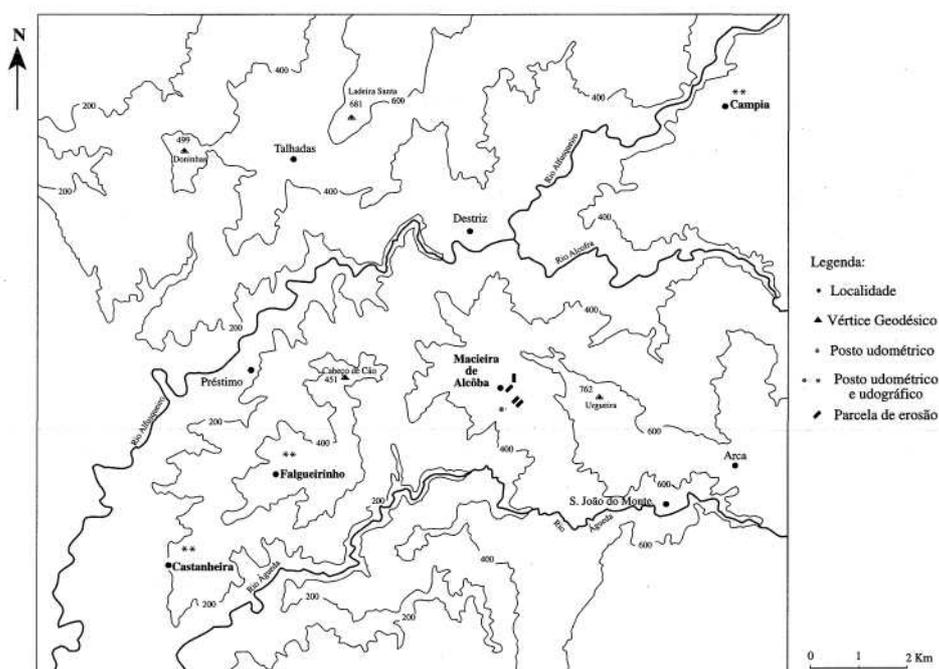


Fig. 3 - Localização dos postos udométricos e udográficos utilizados e das parcelas de erosão

1. 2. 1 - *Variação interanual da precipitação*

Para S. DAVEAU et ai. (1977), o regime pluviométrico de Portugal é caracterizado, em geral, por uma grande variabilidade e as amplitudes das vari-

juntamente, pelo Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro e pelo Departamento de Geografia da Universidade de Swansea - Grã-Bretanha. Os dados referentes a estes postos foram gentilmente cedidos pela Coordenadora do Projecto de Investigação.

ações interanuais agrupam-se, por vezes, em períodos pluviosos ou secos de duração variável.

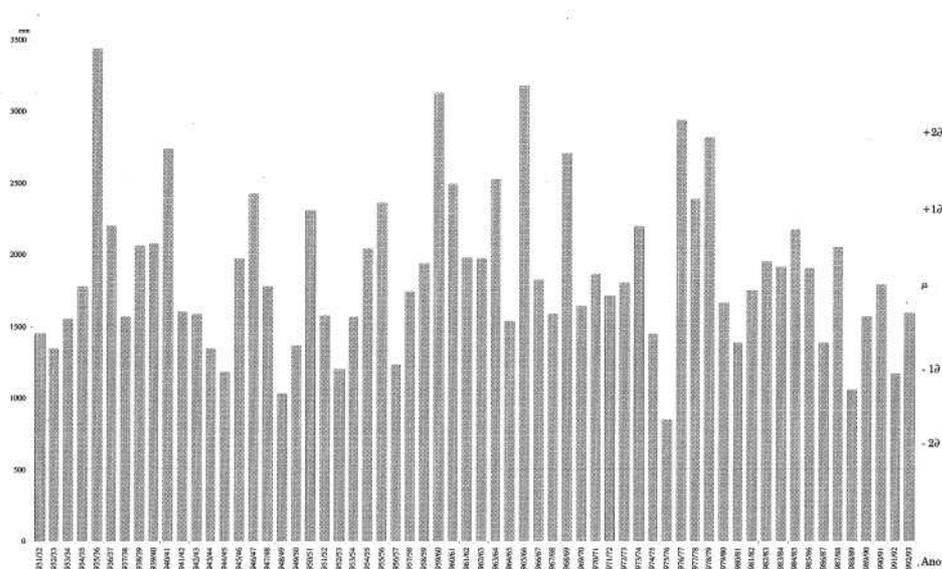


figura 4 - Precipitação anual da estação de Campia - anos hidrológicos de 1931/32 a 1992/93

A análise da fig. 4, que representa a série cronológica, por anos hidrológicos, da quantidade de precipitação ocorrida no posto de Campia (1931/32 - 1992/93) permite-nos, através da representação dos desvios simples e duplos, quer positivos quer negativos, classificar e fazer a distinção entre anos considerados normais [-13 a +13], pluviosos [+13 a +23], muito pluviosos [acima de +23], secos [-13 a -23] e muito secos [abaixo de -23]. No conjunto dos 61 anos em análise, ocorreram 6 anos chuvosos (40-41; 60-61; 63-64; 68-69; 76-77; 78-79) e 3 muito chuvosos (35-36; 59-60; 65-66) destacando-se, neste último grupo, o ano de 1935-36 que, com um total de 3440,8 mm, é um dos valores extremos registados na série cronológica. Relativamente aos anos secos registaram-se sete (44-45; 48-49; 52-53; 56-57; 75-76; 88-89; 91-92), evidenciando-se, nestes, o ano de 1975-76 que apresenta o valor mais baixo de precipitação (848,2 mm). Mais do que o coeficiente de variação interanual, da ordem dos 30%, é o coeficiente de flutuação, razão entre o volume pluviométrico do ano mais chuvoso e do ano mais seco, da ordem dos 4,05, que melhor expressa o carácter irregular do regime pluviométrico de Campia (quadro 1).

Quadro 1 - Parâmetros característicos da série de valores anuais de precipitação de Campia (1931-32 a 1992-93).

	0	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Ano
Média	164,6	223,4	276,7	280,9	242,6	209,3	148,4	129,8	74,9	23,4	27,7	79,3	1878,8
Desv. pad.	133,1	150,7	213,8	196,3	212,0	151,5	89,7	77,8	67,2	31,5	28,1	65,7	550,5
Coef. var.	0,81	0,67	0,77	0,70	0,87	0,72	0,60	0,60	0,90	1,35	1,02	0,83	0,29

Coef. var. - Coeficiente de variação

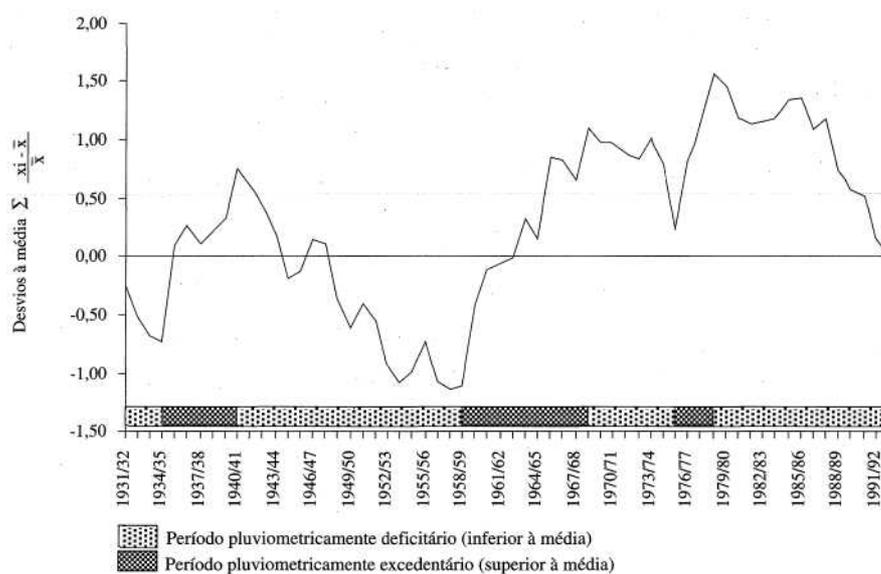
Coeficiente de flutuação - 4,05

Valor min. - 848,2 mm

Desv. pad. - Desvio padrão

Valor máx. - 3440,8 mm

Na tentativa de tornarmos mais evidente a variabilidade interanual da precipitação, aplicamos à série dos totais anuais a técnica dos somatórios acumulados dos desvios dos valores anuais de precipitação em relação à média⁴.

**Fig. 5 - Curva integral dos desvios de precipitação anual em relação ao valor médio para Campia (1931-32 a 1992-93)**

⁴ Sobre esta técnica E. VELHAS (1991, p. 17) afirma que "Na representação gráfica, (...) O período de tempo durante o qual a curva apresenta um sentido ascendente coincide com uma fase de precipitações superiores à normal e, no caso inverso, precipitações inferiores à normal." Ver ainda M. J. ALCOFORADO (1984).

A leitura da fig. 5 permite-nos distinguir, claramente, o predomínio de períodos deficitários (31/32 a 34/35; 41/42 a 58/59; 69/70 a 75/76 e de 79/80 a 92/93) em detrimento dos períodos excedentários (35/36 a 40/41; 59/60 a 68/69; 76/77 a 78/79) e verificar que, desde a década de oitenta, nos encontramos num período de precipitação deficitária.

Na maior parte dos anos, os máximos anuais de precipitação em 24 horas excedem os 90 mm e o maior valor, de 165 mm, ocorreu em 14 de Janeiro, de 1977, ano particularmente pluvioso.

1. 2. 2 - A precipitação no período de amostragem

Para uma análise mais pormenorizada da precipitação durante o período de amostragem, de Novembro de 1992 a Junho de 1994, recorreremos aos valores de precipitação obtidos, para o referido período, nos postos udográficos e/ou udométricos de Castanheira, Falgueirinho e Macieira de Alcôba.

O udómetro de cobre instalado em Macieira de Alcôba, modelo da Casella, possui um funil de encaixe com 128 mm de diâmetro que faz ligação a um colector de plástico com uma capacidade máxima de 2220 ml. A leitura da precipitação em mililitros é efectuada através de uma proveta graduada e, posteriormente, é feita a conversão desses valores em milímetros⁵. O pluviómetro foi colocado numa vertente próxima das parcelas de erosão, em área aberta, isto é, com ausência de vegetação arbórea nas proximidades para se evitar o efeito de intercepção pelas copas e a uma altura de 30 cm da superfície do solo.

Os postos de Castanheira e Falgueirinho possuem, para além de udómetros de modelo idêntico ao de Macieira, udógrafos com sistema de sifão, da Casella, com um sistema de relógio de capacidade para 8 dias de registo automático. A escala dos udogramas aplicados, também modelo Casella, é de 25 mm de precipitação para 60 mm de altura no udograma.

Dada a reduzida capacidade do colector do udómetro de Macieira de Alcôba e na impossibilidade de nos deslocarmos diariamente à área de estudo, tivemos necessidade de estimar alguns valores de precipitação para Macieira de Alcôba, para períodos específicos, analisando, para o efeito, as regressões simples e respectivos coeficientes de correlação entre os 4 postos udométricos (fig. 6).

⁵ A conversão dos valores é feita através da aplicação da seguinte fórmula: $P(\text{mm ou l/m}^2) = x (1) / 0,0128 \text{ m}^2$, em que x corresponde ao valor de precipitação em litros e 0,0128 m² à área da boca do pluviómetro.

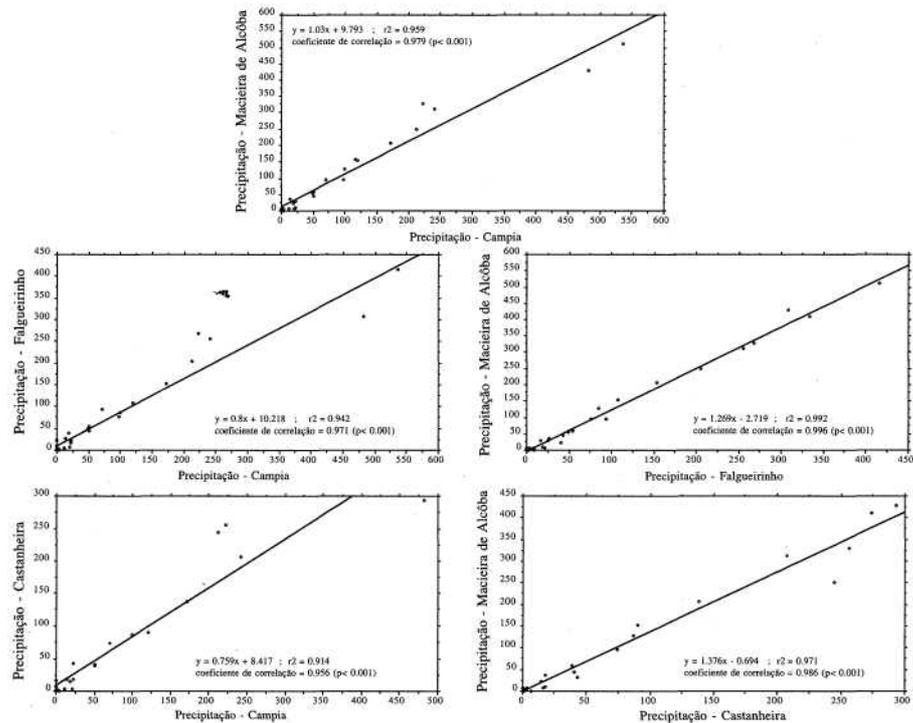


Figura 6 - Rectas de Regressão e Coeficientes de Correlação entre a precipitação ocorrida em Macieira de Alcôba e a registada nos postos udométricos de Campia, Falgueirinho e Castanheiro de Vouga (Período: Novembro de 1992 a Junho de 1994)

De entre os elevados valores dos coeficientes de correlação (r) obtidos entre o posto da rede nacional - Campia - e os postos de Castanheira, Falgueirinho e Macieira merece especial destaque o valor de $r = 0,979$ entre Campia e Macieira de Alcôba, pelo que, na maior parte das vezes, este posto da rede nacional foi tomado como posto de referência. Tentámos, ainda, correlacionar os valores de precipitação de Macieira com os de Falgueirinho e Castanheira e, mais uma vez, obtivemos valores de correlação elevados, destacando-se o encontrado para o primeiro caso, da ordem de 0,996. A boa correlação entre os 4 postos permitiu-nos, através das respectivas rectas de regressão simples, estimar os valores de precipitação em falta, para qualquer um dos referidos postos, a partir de valores reais.

Quando dispomos de locais de registo da precipitação relativamente próximos, podemos aperceber-nos de que existe uma variabilidade espacial da precipitação que, muitas das vezes, é explicada pelas características orográficas locais. Tal parece acontecer com os quantitativos de precipitação mensal registados nos postos udométricos seleccionados.

Quadro 2 - Localização dos postos udométricos

Postos	Latitude (N)	Longitude (WGr)	Altitude (m)	Observações
Castanheira	40° 35'	8° 21'	200	Nov 92 a Jun 94
Falgueirinho	40° 36'	8° 20'	435	Nov 92 a Jun 94
Mac. de Alcôba	40° 37'	8° 16'	450	Nov 92 a Jun 94
Campia	40° 40'	8° 13'	450	1931-32 a 1993-94

A análise do quadro 2 e da fig. 7, permite-nos, facilmente, constatar o efeito orográfico do Caramulo, dada a localização a diferentes altitudes dos postos udométricos que, fundamentalmente, explicam a diferença de valores de precipitação encontrados. Durante o período de amostragem, Falgueirinho (435 metros de altitude) recebe mais 12% de precipitação do que Castanheira (200 metros de altitude) e Campia (450 metros) mais 9% do que a registada no Falgueirinho. Apesar de situadas à mesma altitude existem diferenças nos quantitativos mensais de precipitação entre Macieira e Campia. Essas diferenças poderão dever-se ao facto dos valores de Macieira de Alcôba terem sido estimados em relação aos valores mensais obtidos no posto udométrico de Campia e, eventualmente, às características do regime dos ventos e ao diverso comportamento pluviométrico das vertentes.

No período de tempo em que decorreram as actividades de medição da precipitação (Nov. de 92 a Jun. de 94), os máximos mensais registaram-se nos meses de Outubro de 1993, Janeiro e Maio de 1994 (quadro 3). Os valores mais elevados de precipitação máxima diária para Campia ocorreram também nesses meses: 111,3 mm, 94,9 mm e 91,9 mm, respectivamente nos dias 6 de Janeiro de 1994, 9 de Outubro de 1993 e 21 de Maio de 1994.

Para o estudo da frequência da ocorrência de anos secos e chuvosos em Portugal, M. L. BETTENCOURT (1984), recorre à técnica dos decis para determinar os diferentes níveis de probabilidade acumulada de ocorrência de precipitação⁶. Com o objectivo de classificar os meses do período de amostragem em secos e chuvosos, optámos por aplicar esta mesma técnica na representação do regime provável mensal da precipitação em Campia, comparando os valores

" Para o autor, "Os valores dos decis de uma amostra representam uma imagem completa e racional de uma distribuição particular da precipitação, contendo tanta informação como a totalidade da série de valores, com a vantagem de construir um quadro muito mais resumido e compacto." (M. L. BETTENCOURT, 1984, p.14). O autor refere ainda que, "O valor da quantidade da precipitação de um determinado ano (...) cai forçosamente num dos intervalos interdecis" (p.15).

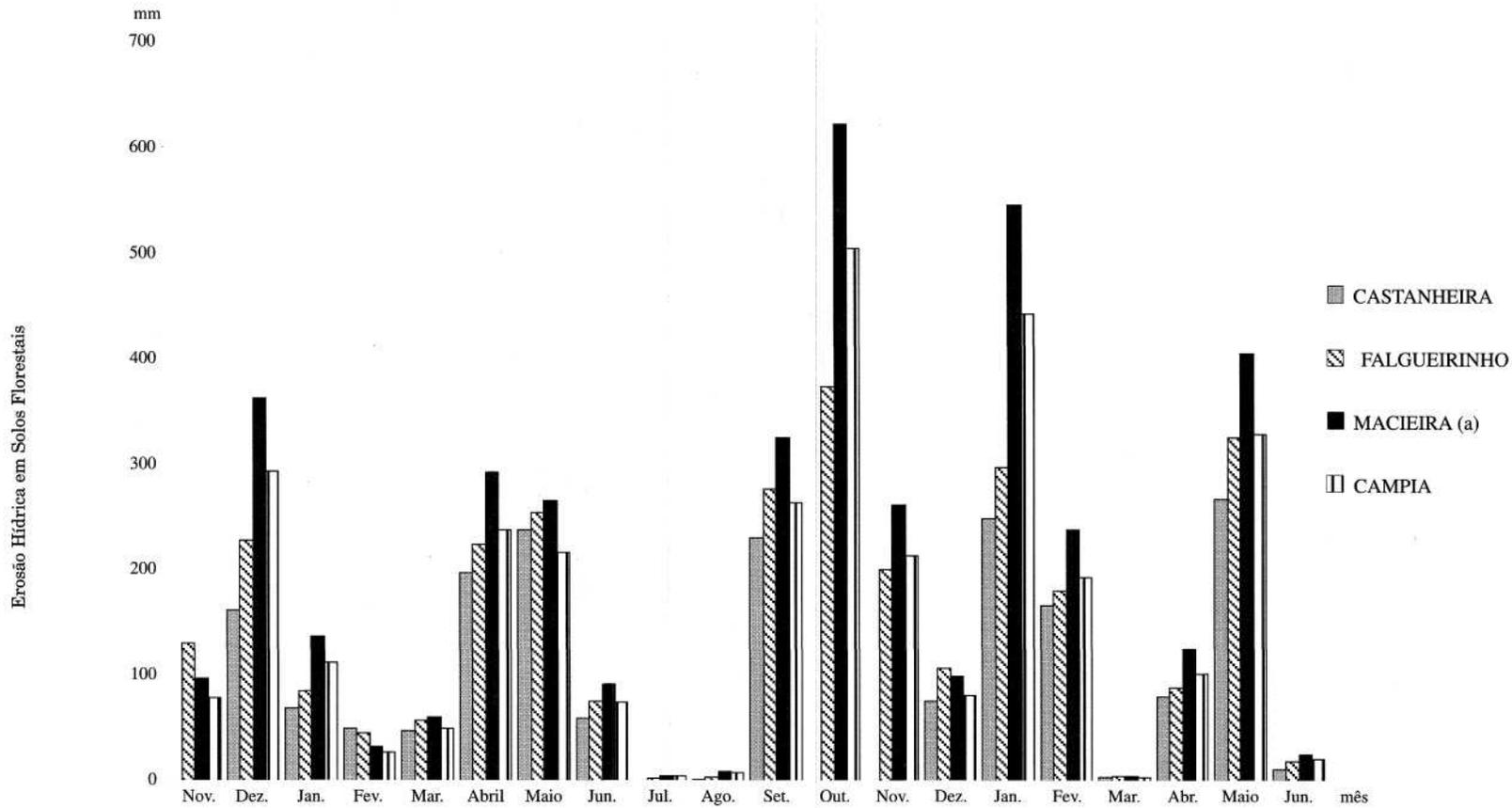


Figura 7 - Precipitação mensal durante o período de amostragem (Nov. 92 a Junho 94) nos postos udométricos de Castanheira, Falgueirinho, Macieira e Campia a) Valores estimados para Macieira de Alcôba

Quadro 3
Precipitação mensal no período de amostragem (Novembro de 1992 a Junho de 1994) nos postos de: Campia, Castanheira do Vouga, Falgueirinho e Macieira de Alcôba.

Meses	Castanheiro	Falgueirinho	Macieira (a)	Campia	Max. diário Campia	Dia
Nov	73,9*	129.7	96.9	79.0	42.3	15
Dez	161.2	228.0	362.1	293.9	75.0	5
Jan	68.8	84.8	136.7	111.3	77.7	13
Fev*	50.0	45.6	32.7	27.0	21.9	11
Mar	47.0	57.0	59.9	49.0	18.4	13
Abr	197.2	223.8	292.3	237.4	30.2	25
Mai	237.1	254.1	265.7	215.8	42.1	27
Jun	59.2	75.0	91.0	74.2	18.6	10
Jul	0.0	2.0	4.3	4.0	2.7	29
Ago	1.0	3.0	8.3	7.2	7.2	27
Set	229.7	276.0	324.8	263.7	77.5	17
Out	338,6*	373.5	621.2	503.9	94.9	9
Nov	157,1*	199.5	261.6	212.5	57.5	29
Dez	75.5	106.0	98.9	80.6	12.8	20
Jan	248.5	296.5	545.2	442.3	111.3	6
Fev	165.8	180.0	237.6	193.0	64.2	3
Mar	3.0	4.0	4.0	3.7	3.7	30
Abr	79.8	88.5	124.8	101.6	39.5	24
Mai	266.2	325.0	403.9	327.8	91.9	21
Jun	10.7	17.8	24.9	20.7	10.2	19
Total Acumulado	1900.7	2969.8	3996.7	3248.6		

* Períodos em que se verificaram avarias nos udógrafos ou dificuldade de leitura dos udogramas em determinados dias do mês. Os valores de precipitação apresentados foram estimados através da recta de regressão tendo como referência os valores mensais de Campia ($y=0,623x+24,75$; coef. corr.=0,883).

(a) Valores estimados pela recta de regressão calculada através dos valores de precipitação de Campia e Macieira durante os períodos de recolha ($y=1,234x - 0,603$; coef. corr.=0,98).

obtidos com os totais mensais do período de amostragem, para Campia e Macieira de Alcôba (fig. 8 A). Para uma leitura ainda mais simplificada construiu-se, então, uma tabela, por adaptação do critério de Gibbs e Maher (M. L. BETTENCOURT, 1984, p. 15) (fig. 8 B), onde se classifica cada um dos meses,

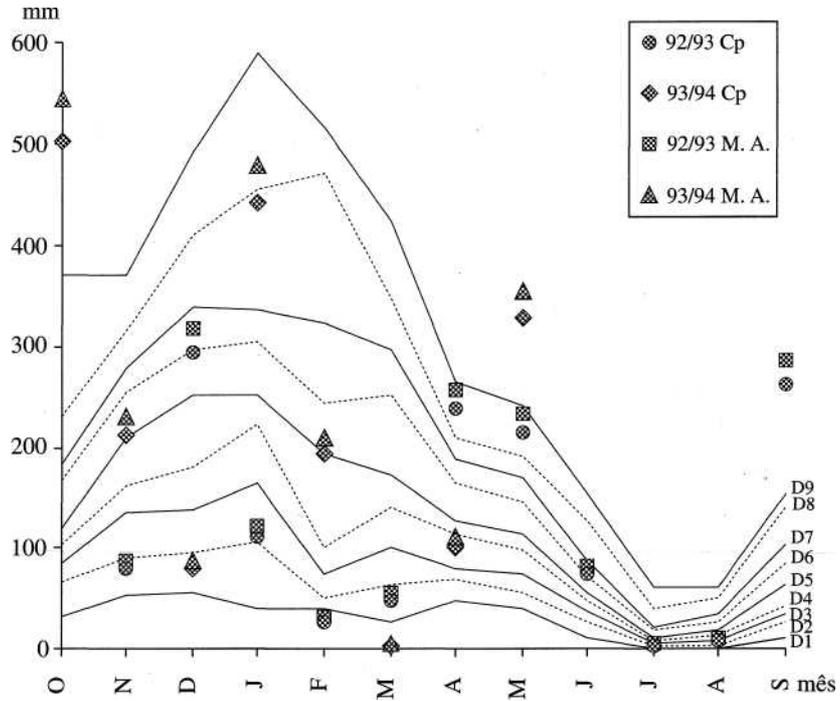


Fig. 8A - Regime provável de precipitação em Campia e valores mensais dos anos hidrológicos de 92/93 e 93/94 para Campia (Cp) e Macieira de Alcôba (M.A. - valores estimados)

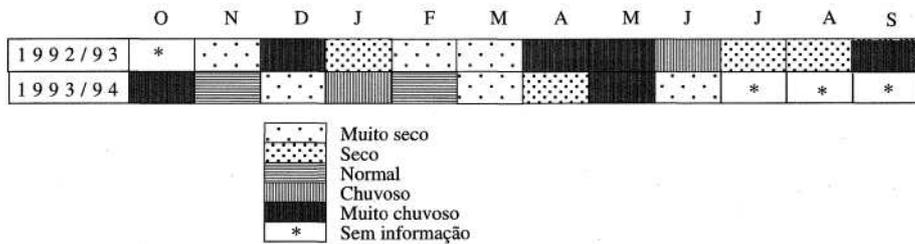


Fig. 8B - Classificação dos meses em secos, normais e chuvosos, para Macieira de Alcôba (Nov. de 92 a Jun. de 94), por adaptação do critério de Gibbs e Maher (1967).

de Novembro de 1992 a Junho de 1994, em muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso. A leitura desta tabela permite-nos verificar que o ano de 1992 finaliza com valores de precipitação mensais extremos, isto é, com um mês de Novembro muito seco e um Dezembro muito chuvoso. Contrariamente ao esperado, os meses de Janeiro, Fevereiro e Março de 1993 foram meses deficitários em precipitação (seco e muito secos, respectivamente). O período chuvoso desse ano parece ter sido deslocado para os meses de Abril, Maio e Junho. Julho e Agosto mantêm-se como meses secos e Setembro e Outubro voltam a ser meses muito chuvosos. Em Novembro, a precipitação registada aproxima-se do valor "normal", enquanto que o último mês do ano se despede como muito seco contrariando, mais uma vez, o esperado. Entra-se em 1994 com um Janeiro chuvoso, um Março e um Abril muito seco e seco, respectivamente, um mês de Maio muito chuvoso e, finalmente, um Junho muito seco.

A análise efectuada sobre as características da precipitação da área de estudo permite-nos concluir que, embora conscientes de que a irregularidade espacial da precipitação é uma realidade a ter sempre em conta, não se registaram diferenças significativas nos quantitativos pluviométricos observados nos postos udométricos utilizados como referência. Tal facto pode ser facilmente constatado através dos valores elevados dos coeficientes de correlação calculados entre os referidos postos udométricos. Deste modo, será possível afirmar que as diferentes parcelas experimentais instaladas, apesar de pouco distanciadas entre si, recebem quantitativos pluviométricos semelhantes, pelo que, as diferentes percentagens de escoamento superficial produzido e as diferentes quantidades de perdas de solo observadas em cada parcela experimental, terão mais a ver com as características do coberto vegetal e tipo de solo do que, propriamente, com a irregularidade espacial da precipitação.

Uma análise mais pormenorizada das características da precipitação ocorrida durante o período de amostragem, sua relação com a produção de escoamento superficial e perdas de solo, far-se-á mais adiante no capítulo de apresentação e discussão de resultados.

2. Macieira de Alcôba e o seu contexto geomorfológico

2.1 - Aspectos geológicos

Situada na vertente ocidental da serra do Caramulo, Macieira de Alcôba insere-se no quadro geológico da faixa plutonometamórfica da região do Caramulo (M. GODINHO, 1980).

O núcleo plutonometamorfizado desta região é composto por massas granitóides diversas que constituem o designado plutonito do Caramulo. O granito de Macieira de Alcôba, a noroeste do plutonito, conjuntamente com o granito do Caramulo, Almijofa, Paredes, Malhapão de Cima e Castelo ocupam 99% da superfície total do plutonito (M. GODINHO, 1980) (fig. 9). De entre estes e por ordem de importância da sua representatividade, são os granitos de Macieira de Alcôba, Caramulo e Almijofa os que se inscrevem na nossa área de estudo (fig. 10).

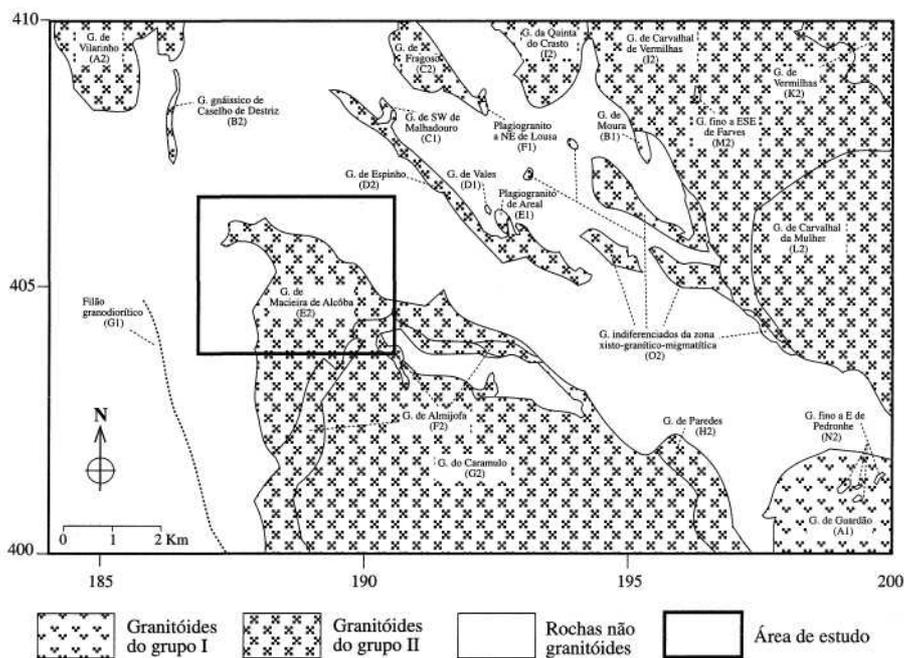


Fig. 9 - Mapa geológico, simplificado, correspondente à carta militar nº 187 - Guardão (Tondela). Extraído e adaptado de M. M. Godinho, 1980.

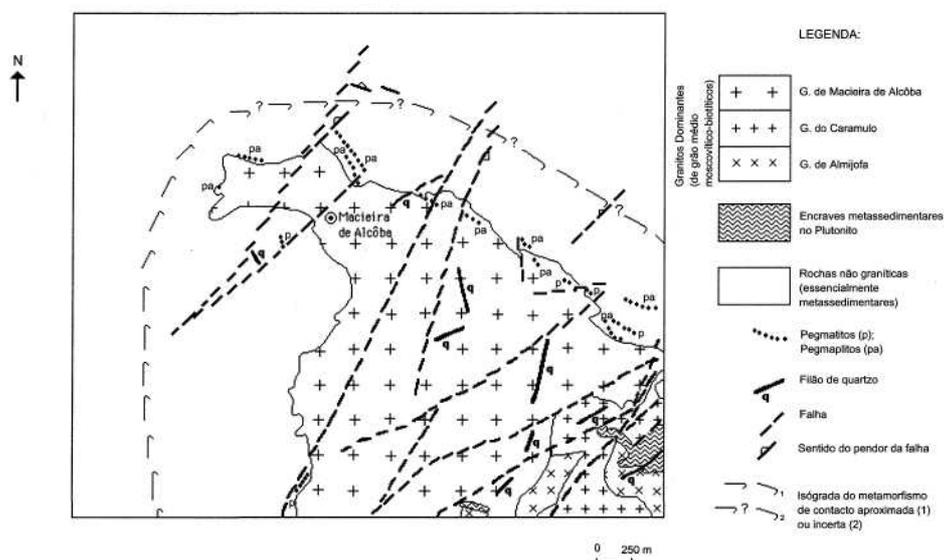


Fig. 10 - Esboço Geológico da área de estudo adaptado de M. M. Godinho (1980).

Quadro 4 Composição modal média (%) e textura dos granitos da área em estudo.

GRANITO	Qz	Fk	PI	Bt	Mv	Grão
Macieira de Alcôba	31.5	20.9	34.4	3.1	9.6	médio
Almijofa	29.8	22.5	33.5	4.0	9.7	grosseiro
Caramulo	30.0	23.5	32.0	4.5	9.5	fino

Qz - Quartzo

PI - Plagioclase

Mv - Moscovite

Fk - Feldspato potássico

Bt-Biotite

(Extraído e adaptado de M. M. GODINHO, 1980, p.32)

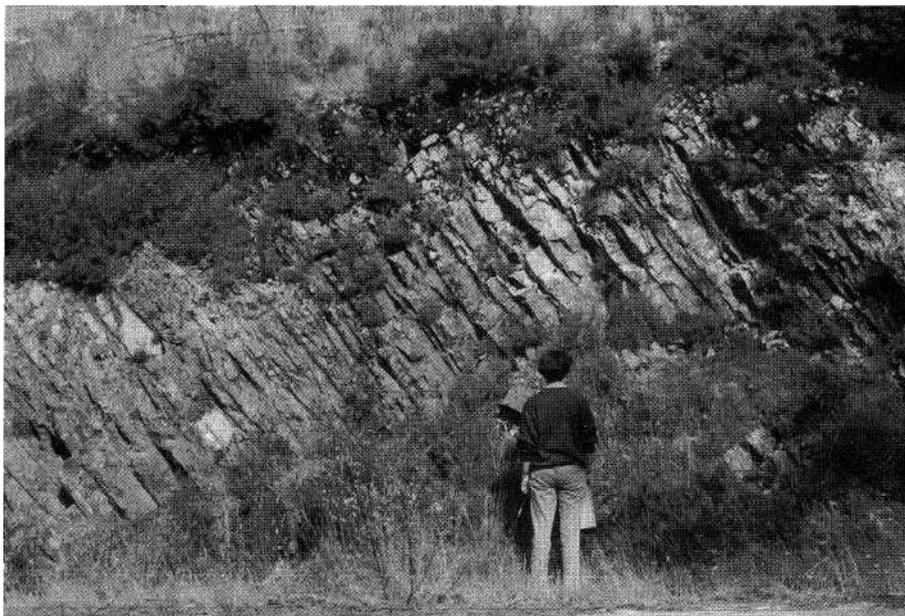
De origem hercínica, estes granitóides possuem uma composição mineralógica simples (M. GODINHO, 1980)⁷ e constante (quadro 4), com grão variável de fino a grosseiro.

A área envolvente do plutonito é constituída por rochas não graníticas, essencialmente metassedimentares, das quais se destacam os metaquartzitos (fot. 1) e xistos negros que se estendem numa faixa ao longo da serra da Urgueira (M. GODINHO, 1980). Com notória evidência na topografia da área, a ela se referiu Brum Ferreira como "a crista quartzítica da Urgueira" (A. BRUM FERREIRA, 1978).

O fornecimento de matéria e energia, por parte do plutonito, estendeu-se a uma auréola de metassedimentos de largura variável. Segundo M. GODINHO (1980), fenómenos de metassomatismo da rocha encaixante são particularmente evidentes no granito de Macieira de Alcôba. As marcas do termo-metamorfismo, no contacto com o granito de Macieira de Alcôba, traduzem-se pela presença abundante de micaxistos numa auréola de cerca de 100 metros na periferia do plutonito.

Exteriores à superfície aflorante do plutonito, sobretudo no bordo Norte, e num anel de sensivelmente 200 metros de largura, surgem-nos os pegmatitos, aplitos e pegmaplitos que fazem a transição do plutonito à rocha metassedimentar encaixante. E também significativa a presença de filões de quartzo que, na área de estudo, ocorrem fundamentalmente no seio do plutonito. Falhas e filões alinham-se, quase sempre, segundo direcções N15°-75°E (M. GODINHO, 1980, p. 45).

⁷ Segundo M. Godinho, 99% da massa das rochas é constituída por quartzo, feldspato potássico, plagioclase (albite e oligoclase sódica), moscovite e biotite.



Fot. 1 - Aspecto dos metaquartzitos da Serra da Urgueira.

2.2 - Aspectos morfológicos

Com altitudes compreendidas entre os 180 metros, junto ao rio Águeda e os 762 metros na Serra da Urgueira (fig. 11), predominam em Macieira de Alcôba as vertentes convexas com declives médios próximos dos 20° (fig. 12). Ladeando o cabeço granítico central e vindos da crista quartzítica do Giboso--Urgueira, correm pequenos cursos de água de cuja confluência surge o ribeiro de Macieira de Alcôba, afluente do rio Águeda. As áreas mais planas surgem--nos ao longo do vale deste ribeiro, mais precisamente no lugar do Chão do Ribeiro⁸. O alinhamento Giboso-Urgueira serve de interflúvio das bacias hidrográficas dos rios Alfusqueiro, Alcofra e Águeda (fig. 13).

Considerada por BRUM FERREIRA (1978, p. 207), como um bloco tectónico dissimétrico, a Serra do Caramulo possui, na sua vertente ocidental "uma fisionomia diferente a norte e a sul do paralelo de Destriz"⁹. Situada a sul deste paralelo, Macieira de Alcôba e a sua área envolvente, possuem, por isso, características morfológicas próprias.

⁸ Atendendo às características topográficas deste local, foi aí construída uma represa de armazenamento de água para combate aos incêndios florestais.

⁹ A este propósito, BRUM FERREIRA (1978, p. 217), faz um reparo aos estudos de P Birot sobre a evolução da Serra do Caramulo afirmando, "Esta interpretação (evolução da Serra do Caramulo), (...) merece alguns reparos. O primeiro respeita às notáveis diferenças existentes no relevo da vertente ocidental, a norte e a sul do paralelo de Destriz, e que o estudo de E Birot não contempla."

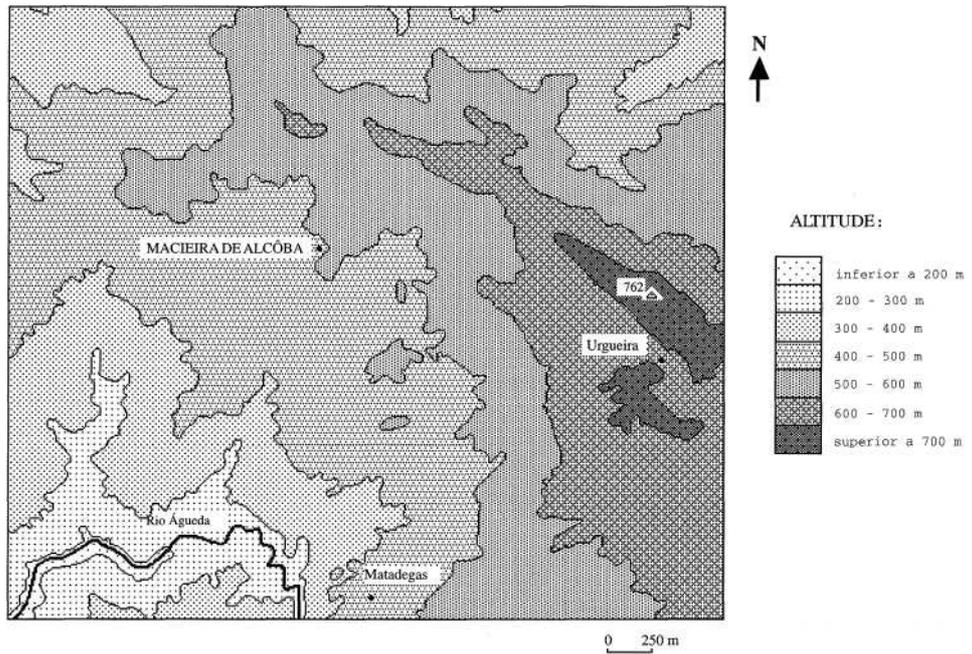


Fig. 11 - Hipsometria da área de estudo.

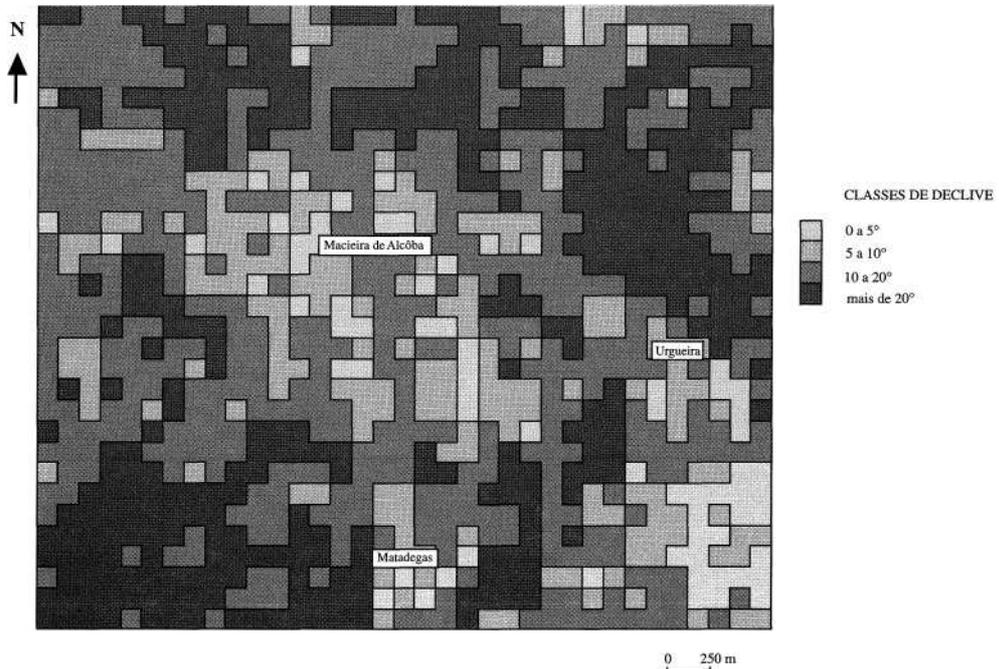


Fig. 12 - Mapa de declives da área de estudo.

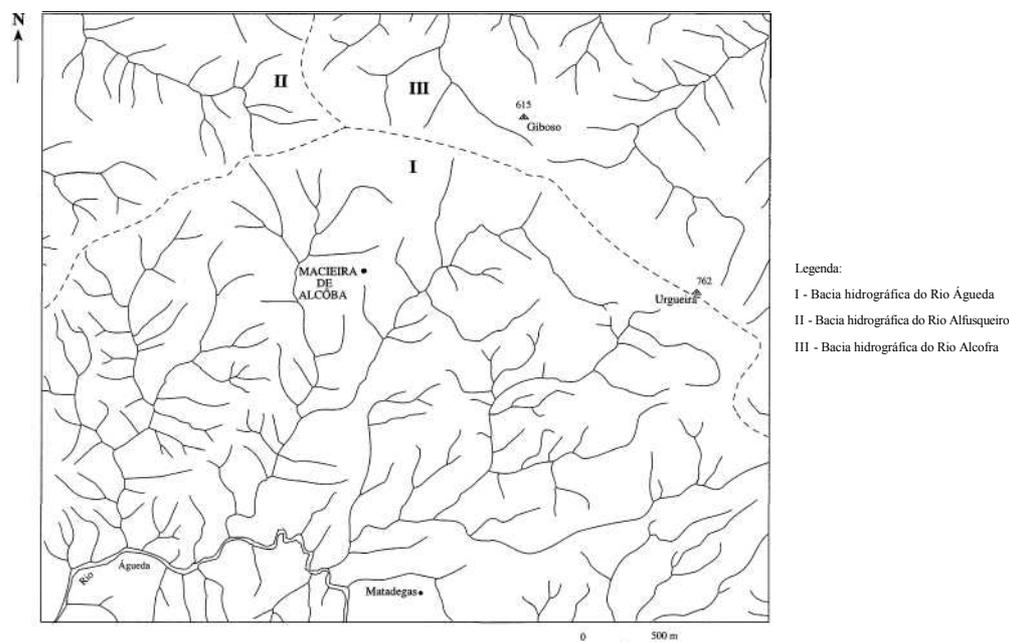


Fig. 13 - Esboço da rede hidrográfica da área de estudo.

Descendo progressivamente até atingir a plataforma litoral é possível distinguir, na vertente ocidental da Serra do Caramulo, significantes níveis de aplanamento (fig. 14). O mais representativo da área em estudo, parece ser, segundo BRUM FERREIRA, o nível de S. João do Monte, que datará do Pliocénico superior ou Quaternário antigo e que corresponderá a um nível de erosão único. Entre os 600 e os 650 metros, este nível desenvolve-se quer no granito do Caramulo quer numa mancha xisto-migmatítica. A rechã sobre a qual assenta Macieira de Alcôba, a 500 metros, parece, segundo o autor, pertencer à fase de aplanamento deste nível. Para justificação do desnível existente, BRUM FERREIRA refere como principais responsáveis os "simples retoques locais consecutivos à deslocação tectónica de um nível de erosão único" (A. BRUM FERREIRA, 1978, p. 212).

Talhada no granito, esta rechã contacta a norte com a crista quartzítica da Urgueira que é afectada, a noroeste, pela falha do Giboso de direcção NNE-SSW (fig. 15). O degrau que se torna visível na Sr- do Despacho faz parte de um conjunto de vertentes rígidas que se desenvolvem numa direcção paralela à falha do Giboso (A. BRUM FERREIRA, 1978).

Para oeste de Macieira de Alcôba e entrando no domínio dos xistos e grauques, a individualização de níveis de aplanamento torna-se mais difícil,

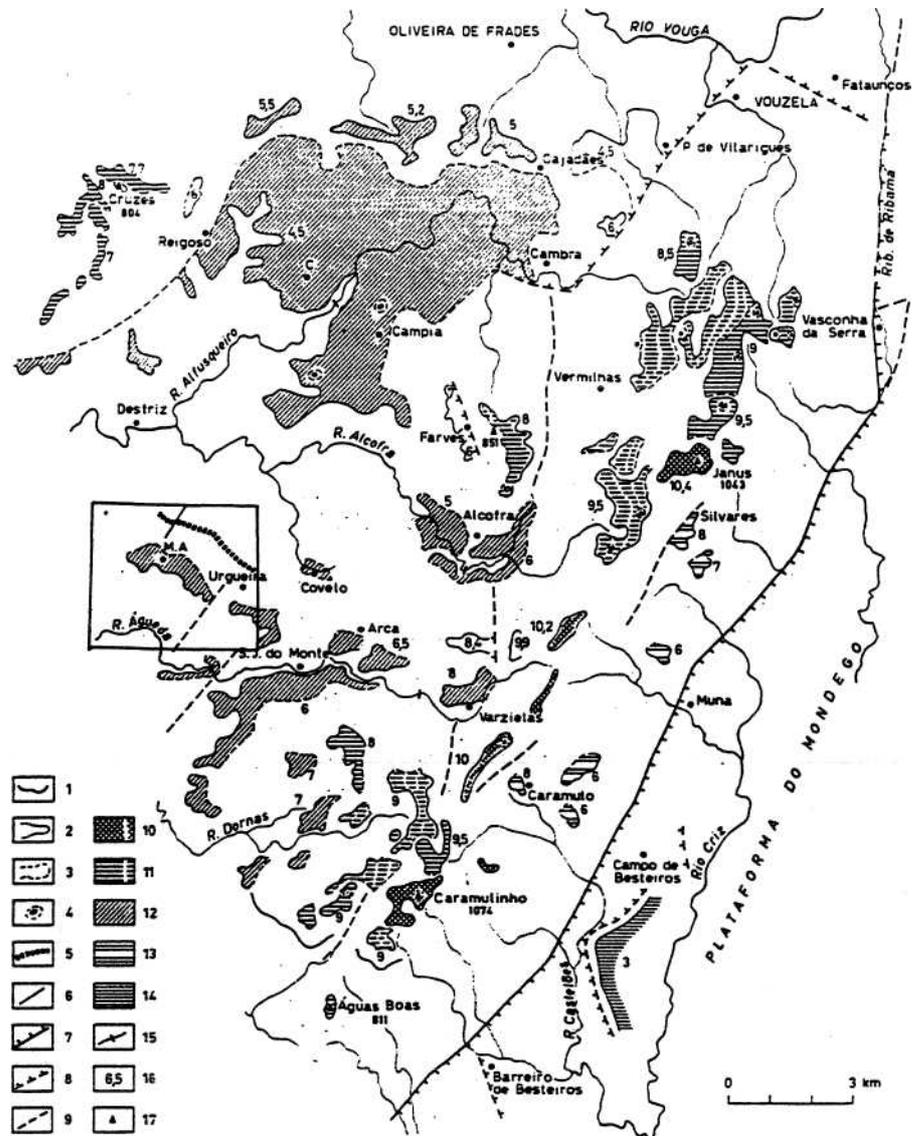


Fig. 14 - Serra do Caramulo: acidentes tectónicos e níveis de aplanamento.

1 - Rebordo montanhoso; 2 - alto de vertente; 4 - relevo residual circunscrito; 5 - crista de quartzito; 6 - falha de Giboso; 7 - escarpa de falha; 8 - escarpa de falha provável; 9 - alinhamento tectónico; 10 - níveis culminantes; 11 - outros níveis altos; 12 - níveis inferiores; 13 - rechãs da escarpa oriental; 14 - nível da plataforma do Mondego; 15 - ruptura de declive dos cursos de água; 16 - altitude em hm; 17 - vértice geodésico, com cota em metros.

C - Cercosa; MA - Macieira de Alcôba.
(Extraído de A. Brum Ferreira, 1978, p. 208)

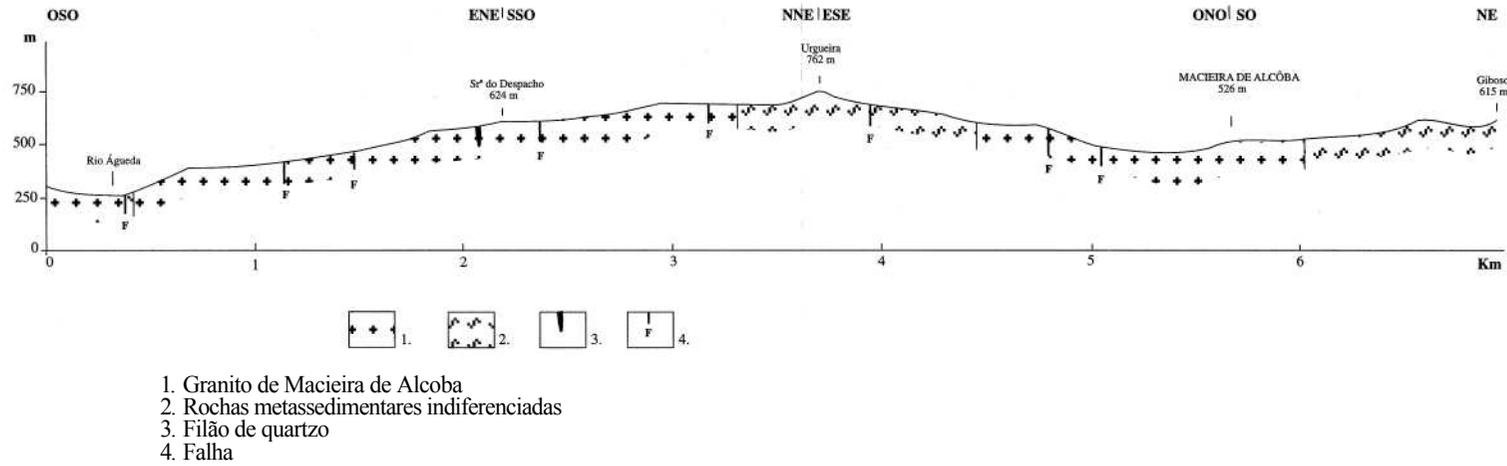


Fig. 15 - Corte geológico representativo da área de estudo.

apenas merecendo destaque o grande número de pequenas rechãs e um conjunto de cimos ao qual pertence o de Falgueirinho e Tareja, com altitudes próximas dos 500 metros.

A fase de aplanamento responsável pelo nível de S. João do Monte teria, na opinião de BRUM FERREIRA, afectado muito pouco os granitos e a crista quartzítica da Urgueira evidenciando-se, sobretudo, nos xistos e grauvaques, xistos metamórficos e xistos migmatíticos. Esta teria sido, sem dúvida, uma fase decisiva para evidenciar as diferenças de dureza entre xistos e granitos, principais rochas do Maciço Antigo.

Apesar de existirem algumas diferenças entre E BIROT (1949) e BRUM FERREIRA (1978) na interpretação da evolução da Serra do Caramulo, a tectónica, que deverá ter actuado até períodos muito recentes, aparece, para os dois autores, como a principal responsável pela morfologia e complexa compartimentação da Serra do Caramulo.

3. Características pedológicas

Dada a multiplicidade de associações possíveis quanto às características do clima, do solo, da rocha-mãe, das formas de relevo, bem como do tempo de acção do primeiro factor, é óbvio que, mesmo não considerando a acção antrópica, o solo pode apresentar características e propriedades extremamente variáveis (J. BOTELHO DA COSTA, reed. 1991).

Embora de grande utilidade, a representação cartográfica das várias unidades-solo, a escalas pequenas, revela-se, por vezes, de reduzida eficácia. A pormenorização da categoria taxonómica das unidades que nela figuram torna-se bastante difícil agrupando-se, numa mesma unidade, solos com grau de desenvolvimento diferente (J. BOTELHO DA COSTA, reed. 1991). A ausência de informação cartográfica de pormenor conduz-nos à análise da Carta de Solos de Portugal¹⁰, na escala 1: 1.000.000, permitindo-nos observar que toda a área em estudo, independentemente do tipo de material rochoso ser granítico ou metassedimentar, se insere numa mancha correspondente aos Cambissolos Húmicos¹¹.

¹⁰ A Carta de Solos de Portugal, na escala 1: 1.000.000 de 1973, foi elaborada pelo então Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (S.R.O.A.) como contribuição portuguesa para a Carta de Solos da Europa (FAO-UNESCO) à escala 1: 5.000.000.

¹¹ O sistema de classificação de unidades FAO-UNESCO (versão mais recente 1990) é um dos sistemas internacionais de classificação de solos de maior difusão mundial, sendo o mais utilizado na cartografia de solos europeus quando é necessário representar áreas que envolvam diferentes países. O sistema FAO utiliza como sistema básico de classificação a presença ou ausência de horizontes ou propriedades do solo, previamente definidos de modo quantitativo, designados, respectivamente, por horizontes e propriedades de diagnóstico.

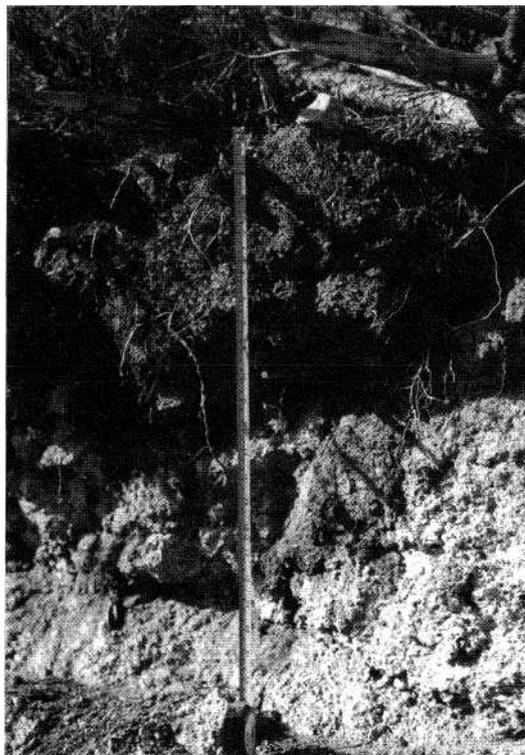
Atendendo ao objectivo fundamental do nosso trabalho, impunha-se uma análise mais pormenorizada das características desse tipo de solos. Optámos, então, por uma observação e análise tão cuidadosa quanto possível, dos perfis de solos que eram visíveis ao longo dos taludes dos caminhos de Macieira de Alcôba, sobretudo próximo das áreas onde as parcelas de erosão foram instaladas, e à determinação da textura de amostras da parte superficial do solo (7 a 10 cm), recolhidas nas vertentes seleccionadas para a instalação das respectivas parcelas experimentais.

Mesmo à escala da vertente, constatámos que os solos podem apresentar perfis de evolução diversos, conforme a sua posição no topo, meio ou base da vertente possa permitir os processos de mobilização e acumulação de materiais provenientes de áreas mais elevadas. O processo de alteração de rochas graníticas, por ser bastante lento, origina, geralmente, solos de pouca espessura, algumas vezes com a presença de rocha dura e coerente directamente sobre a superfície, como acontece em Macieira de Alcôba. Autores diversos referem que, dentro de um mesmo maciço granítico, se podem encontrar áreas onde abundam os afloramentos rochosos e, a escassos metros destes, perfis profundamente alterados que estão relacionados com zonas de fracturação e fissuração da rocha por onde circulam, com mais facilidade, as águas da chuva (A. QUINTELA, 1967; R. TWIDALE, 1982; R. CALVO DE ANTA, 1993).

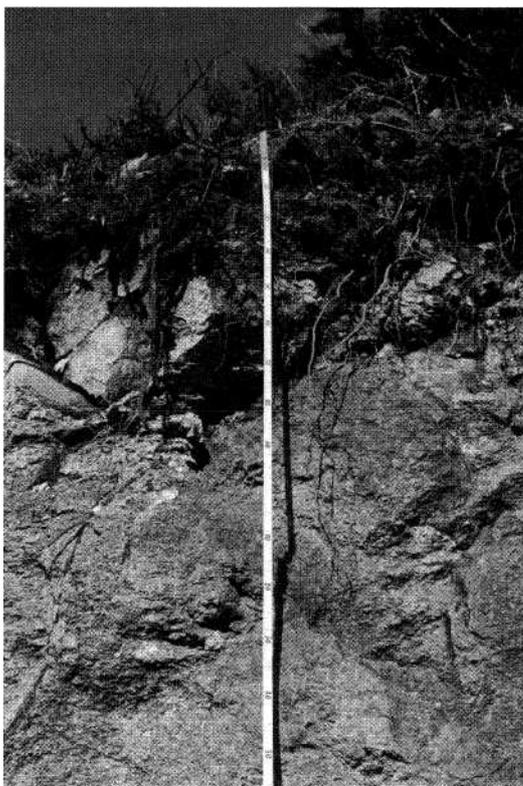
Assim sendo, e concretamente na área onde foram instaladas as parcelas de erosão, deparamos com a alternância de perfis de tipo AR e AC. Os primeiros, são constituídos por um horizonte único (horizonte A), que assenta directamente sobre a rocha consolidada (R). Este horizonte, de cor escura devido à riqueza em matéria orgânica, tem uma textura com predomínio de grãos do tamanho da areia (50 *fi* a 2 mm) e uma estrutura superficial granular (fot. 2) constituída, essencialmente, pelos grãos de quartzo que se libertam do granito meteorizado. Embora pouco espesso, este horizonte atinge por vezes os 20 cm, pelo que se designa por A úmbrico (fot. 3). A meio e na base das vertentes estes perfis dão, normalmente, lugar a solos mais profundos, de tipo AC, na sequência de intensos processos de alteração do granito e do desenvolvimento de processos de mobilização e acumulação de materiais provenientes de posições mais elevadas. O aspecto do horizonte A, com características semelhantes às referidas para o anterior perfil, apenas difere deste, pelo aumento da sua espessura, atingindo os 25 a 30 cm. Sob este horizonte aparece-nos então um granito alterado, que corresponde ao horizonte C, em que a rocha granítica apresenta um material de aspecto parecido com o original mas mais brande e facilmente penetrável pelas raízes das plantas, podendo atingir vários metros de espessura (fot. 4).



Fot. 2 - Aspecto da estrutura superficial do solo, de tipo granular, de Macieira de Alcôba.



Fot. 3 - Aspecto do perfil do solo, de tipo AR, com horizonte A úmbrico.



Fot. 4 - Aspecto do perfil do solo de tipo AC. O horizonte A possui entre 25 a 30 cm de espessura e assenta sobre um horizonte C constituído por granito alterado.

Os resultados laboratoriais das análises granulométricas das amostras de solo recolhidas nas vertentes seleccionadas, permitem classificá-los, segundo as normas da FAO, como pertencentes à classe textural dos solos franco-arenosos (fig. 16), independentemente do tipo de coberto vegetal existente nas vertentes.

4. O Coberto Vegetal

Os solos sobre rochas graníticas não têm condições favoráveis para a produção vegetal de um grande número de plantas, pelo que só as menos exigentes em nutrientes e com maior facilidade de fixação a solos pouco espessos, podem desenvolver-se adequadamente (R. CALVO DE ANTA, 1993). Para além da sua pouca espessura, estes solos apresentam também limitações pelas suas características físico-químicas e mineralógicas. Se, por um lado, a pobreza em argilas dificulta a retenção da água, provocando uma dessecação mais rápida do solo, por outro lado, os granitos, pobres em nutrientes como Mg e Ca, aumentam o seu empobrecimento, sobretudo durante as chuvas de inverno, pela facilidade com que a água é eliminada do solo (R. CALVO DE ANTA, 1993).

Granulometria das amostras de solos

	Pinheiro Adulto (%)	Pinheiro Regenerado (%)	Eucalipto Regenerado (%)	Plantação de Eucalipto (%)
Areia	77,7	80,3	83,5	81,0
Silte	20,4	18,3	15,3	17,4
Argila	1,9	1,4	1,2	1,6
Total	100	100	100	100

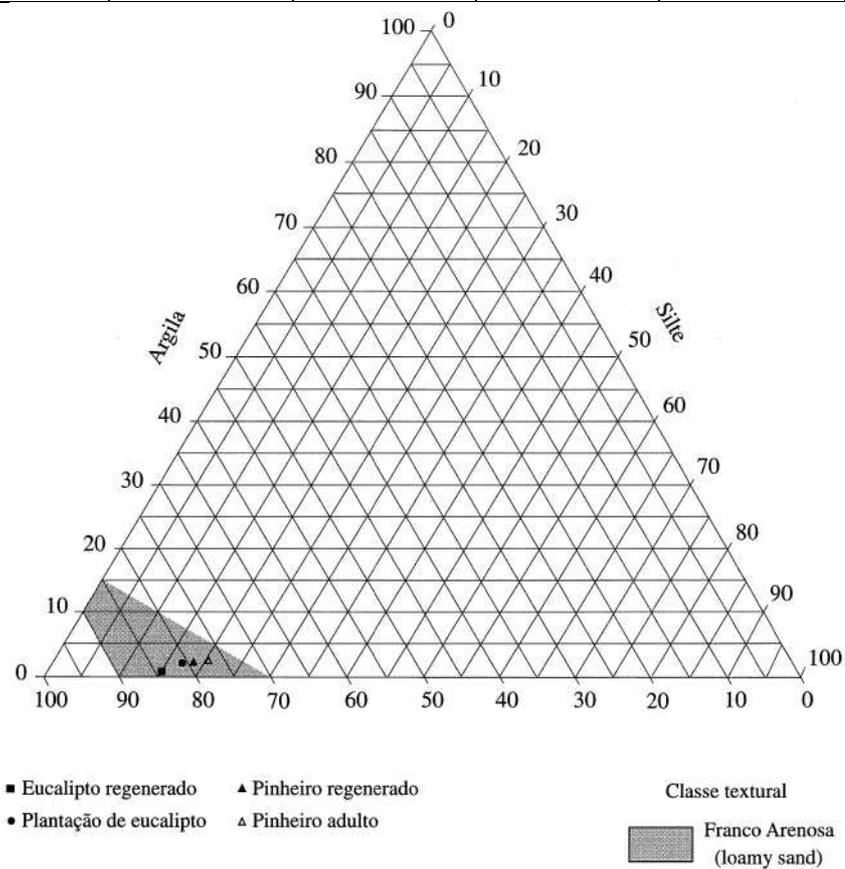


Fig. 16 - Composição granulométrica de texturas de amostras de solo recolhidas nas vertentes seleccionadas, segundo os critérios da FAO.

As características topográficas e pedológicas da área de estudo são factores que só por si justificam o facto da exploração florestal ser uma das principais actividades da população. O Pinheiro bravo (*Pinus pinaster*), excelente em solos degradados, e o Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), são as espécies arbóreas dominantes.

Embora espalhado por toda a área florestada e constituído, essencialmente, pela giesta (*Chamaespartium tridentatum*), urze (*Calluna vulgaris* e *Eriça arbórea*), carqueja (*Ulex europeus*), tojo (*Ulex parviflorus*), fetos (*Pteridium aquilinum*), silvas (*Rubens fruticosus*) e estrato herbáceo diverso, o sub-bosque apresenta, no entanto, uma variação espacial na sua densidade e composição conforme o tipo de uso do solo e idade da vegetação arbórea. No pinhal adulto a vegetação arbustiva é pouco densa, predominando os fetos, o tojo e a urze, e o estrato herbáceo forma como que um tapete contínuo onde se destacam os tufos de erva de tipo *Agrostis stolonifera* (fot. 5). O sub-bosque do pinhal regenerado, jovem, é constituído, para além destas espécies, por arbustos de carqueja e giesta que aumentam a sua densidade (fot. 6). Necessário se torna, também, distinguir as características deste tipo de vegetação nos eucaliptais de idades diferentes. Assim sendo, enquanto nas plantações e eucaliptais jovens o estrato arbustivo e herbáceo é bastante reduzido, ficando a maior parte do solo a descoberto (fot. 7), nos eucaliptais regenerados a densidade do sub-bosque aumenta, sendo o feto e a carqueja as espécies preponderantes (fot. 8).



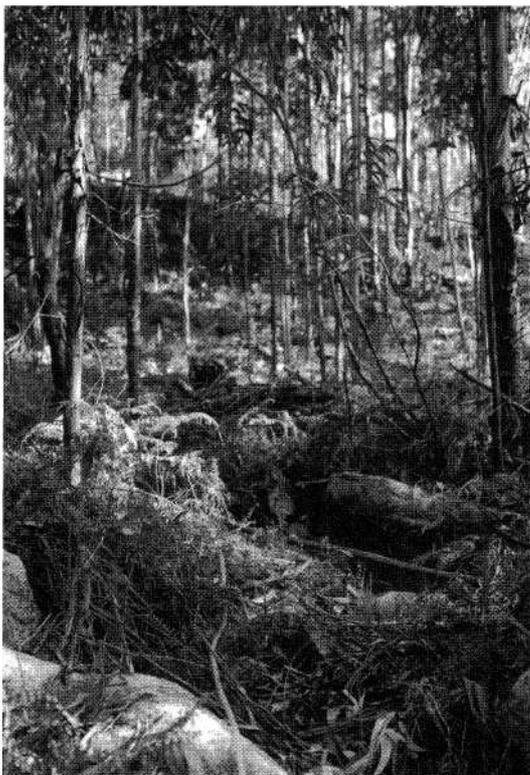
Fot. 5 - Características do sub-bosque do Pinhal Adulto.

Fot. 6 - Características do sub-bosque do Pinhal Regenerado.



Fot. 7 - Aspecto geral do sub-bosque da Plantação de Eucalipto.





Fot. 8 - Aspecto geral do sub-bosque do Eucalipto Regenerado.

Não menos importantes são as características da manta morta existente sob os diferentes tipos de povoamentos. A manta morta no pinhal tende a formar uma camada fina, mas uniforme, constituída pelas agulhas dos pinheiros, pequenos ramos, pinhas e um estrato muscíneo (*Campylopus flexuosos*) que cobre a maior parte do solo e alguns afloramentos rochosos como se de um grande tapete se tratasse. Já no eucaliptal regenerado a manta morta é mais espessa, com alguns centímetros de espessura, e compreende folhas, pequenos galhos, cápsulas e ritidomas dos eucaliptos.

III - EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO

1. Do pinheiro bravo ao eucalipto

Produto da natureza e da sociedade, a floresta gera interesses dificilmente conciliáveis. As práticas de exploração e de ordenamento modificaram-se ao longo dos tempos consoante as técnicas e as necessidades do homem. Ontem, vista como produtora de lenha e madeira para a construção naval e vias férreas, a floresta é encarada hoje como principal fonte de matérias primas

para a produção de pasta de papel e como um espaço de lazer a preservar (N. DEVY-VARETA, 1993).

A floresta de resinosas em Portugal, que ocupa actualmente cerca de 45,6% da área florestal e é francamente representada pelo pinheiro bravo (95% do total de resinosas), surgiu na primeira metade deste século após intensas campanhas de florestação propostas pelo Estado Novo (M.E.A.T. e M.A.R.N., 1992, p. 141).

Sendo na altura considerada como um dos factores chave para a reconstrução económica nacional, a floresta é privilegiada com o Plano de Povoamento Florestal de 1938 (Lei nº1971, de 5 de Junho de 1938) que propõe uma campanha de arborização destinada, essencialmente, à rentabilização dos terrenos baldios e a minorar os riscos crescentes da erosão nas montanhas onde a cobertura vegetal primitiva praticamente havia desaparecido (N. DEVY-VARETA, 1993). É neste contexto que se cria o Fundo de Fomento Florestal, cuja acção, até 1980, foi responsável pela plantação de mais de 180 mil hectares de floresta (J. SOARES, 1993). A floresta de resinosas, com destaque para o *Pinus pinaster*, estende-se, então, por todo o país, em grandes manchas contínuas por iniciativa, sobretudo, de proprietários particulares. Pouco exigente em solos e bastante resistente ao frio, o pinheiro vai penetrando nas terras altas do interior serrano. Actualmente, é a mancha florestal monocultural mais densa e extensa o que implica, pelo facto de ser resinosa e por estar implantada em áreas com orografia bastante movimentada, um dos maiores riscos de incêndio em floresta ao longo de todo o território (M.E.A.T. e M.A.R.N., 1992, p. 145).

O uso do território onde se produzem os incêndios tem-se modificado radicalmente como consequência da crise da agricultura tradicional e da chegada de novas pressões como, por exemplo, o interesse por parte das indústrias da celulose e do papel, no cultivo massivo de espécies arbóreas de rápido crescimento e pirófilas como o *Eucalyptus globulus*.

Embora a introdução do eucalipto em Portugal, nomeadamente em relação à espécie *Eucalyptus globulus*, ocorresse em 1839, as primeiras grandes plantações surgem entre 1880 e 1885 na herdade de Vale de Cortiços, próximo de Abrantes, pelas mãos de W. Tait (D. LOPES, 1992). Originalmente plantados com fins ornamentais¹², depressa se descobriram outras utilidades para a madeira de eucalipto. Esse interesse é, sobretudo, explicado pelo seu rápido crescimento, grande capacidade de adaptação a condições ecológicas díspares, fácil rebentamento pela touca e obtenção de boa madeira com excelentes portes.

12 Assim como em todo o país e na Europa, era apenas o objectivo ornamental que justificava a introdução de alguns pés isolados de eucalipto na província. Não existiam áreas contínuas deste género arbóreo. A Junta Autónoma das Estradas, nos locais onde existia maior humidade, plantava eucaliptos, na berma das estradas, para suporte das terras. Ainda hoje se conseguem observar exemplares com algumas décadas de idade considerados, até, património a preservar. Cite-se como exemplo, o eucalipto de Moure, situado na estrada nacional, que liga a cidade de Braga a Ponte de Lima.

Até 1953 apenas existia a unidade empresarial da Caima (Albergaria), fundada em 1888 com capital inglês. O aparecimento, em 1953, da fábrica de Cacia representa um marco decisivo no incremento acentuado das plantações de eucalipto, sobretudo na Região Centro. Foi a partir dos anos 60 que as indústrias de pasta começaram a ter importância, tornando-se o agente de maior peso nas decisões do sector florestal e na política de crescimento industrial proposta pelo Estado Novo (N. DEVY-VARETA, 1993). A partir de 1960 e de forma mais acentuada após os anos setenta, verifica-se um crescimento muito rápido da superfície ocupada com eucalipto e uma redução lenta, mas constante, da área ocupada por pinheiro bravo (quadro 5). A desertificação social e os incêndios florestais que se verificam a partir desta década nas áreas rurais são os principais responsáveis pelas modificações do uso do solo florestal que, na procura de uma legítima rentabilização das terras, faz com que os proprietários particulares optem pelas espécies de rápido crescimento.

Quadro 5 Evolução da ocupação florestal no Continente desde 1970 a 1992

ESPÉCIES	1970		1980		1989		1992	
	Área (1000 ha)	% da área florestal	Área (1000 ha)	% da florestal	Área (1000 ha)	% da área florestal	Área (1000 ha)	% da área florestal
Pinheiro Bravo	1274	44,2	1300	42,7	1249	40,5	1252	40,3
Sobreiro	638	22,1	655	21,5	660	21,4	664	21,4
Azinhaira	573	19,9	536	17,6	464	15,0	465	15,0
Eucalipto	154	5,3	295	9,7	386	12,5	386	12,4
Castanheiro	27	0,9	30	1,0	32	1,0	31	1,0
Carvalho	-	-	66	2,2	86	2,8	112	3,6
Outras resinosas	39	1,4	35	1,1	90	2,9	91	2,9
Outras folhosas	126	4,5	50	1,6	85	2,8	77	2,5

Fonte: Dados cedidos pela Delegação Florestal da Beira Litoral, Coimbra.

2. Os incêndios florestais e as modificações do uso do solo

Os incêndios florestais têm sido um dos graves problemas nacionais em todos os estios destas duas últimas décadas. Milhares de hectares de área florestal têm sido dizimados pelo fogo. As estatísticas oficiais deixam-nos alarmados com a actual extensão do problema. O registo do número de incêndios e das áreas ardidas iniciou-se a nível oficial, com carácter sistemático e de forma organizada, apenas a partir de 1958, reportando-se exclusivamente à área flo-

restai pública, situação que se prolongou até 1977. Só a partir de 1980 se dá início ao tratamento estatístico das informações relativas aos incêndios à escala nacional (E BARBOSA, 1993). A observação do número de incêndios e das áreas ardidas de 1983 a 1993 (quadro 6 e figs.17 e 18) indica-nos não só uma tendência crescente do número de incêndios florestais, como nos permite concluir pela frequência de incêndios de grandes proporções. A este propósito veja-se, a título de exemplo, o ano de 1986 em que, a 4 348 fogos florestais - o menor número de incêndios registado neste decénio -, corresponde uma área ardida total de 99 522 ha. Situação contrária se pode indicar para 1992, ano em que se registou o maior número de incêndios (23 215) e a que correspondeu, apenas, uma área ardida de 54 054 ha. Em termos de áreas ardidas destaca-se, neste decénio, o ano de 1991 em que arderam 161 815 ha de floresta. Para CARDOSO PEREIRA (1993, s/p.), "(...) cerca de 10% dos incêndios queimam cerca de 90% da área ardida em cada ano. Isto é, todos os anos tende a ocorrer um pequeno número de grandes incêndios e uma enorme quantidade de fogos pequenos e muito pequenos. Os primeiros, os grandes incêndios, são os responsáveis pela esmagadora maioria dos prejuízos económicos e dos danos ecológicos, (...)".

São já conhecidas as condicionantes biofísicas e sócio-económicas subjacentes ao problema dos incêndios na floresta portuguesa. Quanto aos factores biofísicos costumam responsabilizar-se os estios quentes e secos próprios do

Quadro 6
Evolução do número dos incêndios florestais e da área ardida, a nível nacional, no decénio 1983-1993.

Ano	Número de Incêndios	Área Ardida (ha)		
		Povoamento	Mato	Total
1983	4503	32427	16953	49380
1984	6377	26580	26133	52713
1985	7218	79440	66815	146255
1986	4348	58612	40910	99522
1987	6977	49848	26420	76268
1988	5643	8628	13807	22435
1989	20155	62125	64070	126195
1990	13922	79549	57703	137252
1991	22003	116364	45451	161815
1992	23215	34098	19956	54054
1993	15105	21011	22344	43355

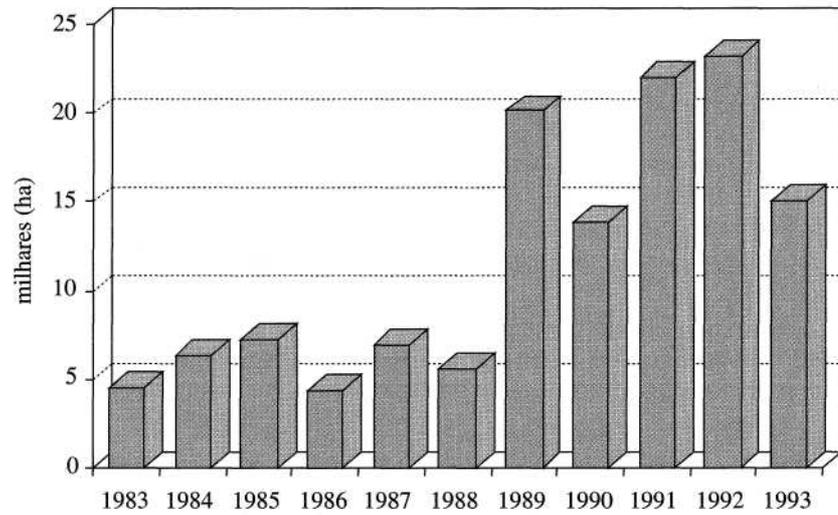


Fig. 17 - Número de incêndios florestais, a nível nacional, no decénio 1983 ■ 1993

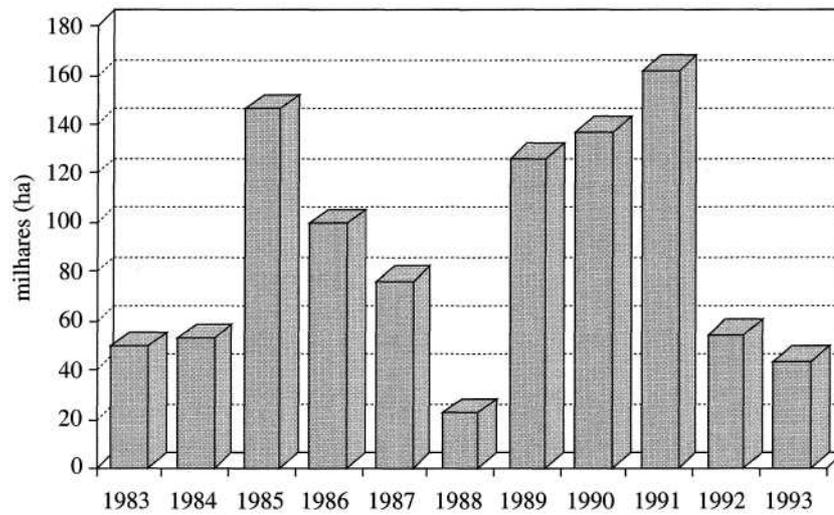


Fig. 18 - Total da área ardida, a nível nacional, no decénio 1983 - 1993
Fonte: Dados fornecidos pela Delegação Florestal da Beira Litoral, Coimbra.

nosso tipo de clima e a abundância de vegetação arbustiva, muito combustível, sob povoamentos arbóreos de resinosas e folhosas, especialmente pinheiros e eucaliptos, respectivamente, também eles bastante inflamáveis. Os determinantes humanos dos incêndios florestais mais frequentemente referidos são as alterações demográficas e sócio-económicas ocorridas no meio rural durante as últimas décadas, nomeadamente o despovoamento, o envelhecimento da população residente e a alteração do modo de vida tradicional. Estas mudanças provocaram uma diminuição de intensidade do uso da floresta com redução do consumo de material vegetal para produção de energia e fertilizantes. A acumulação de biomassa na floresta, agora em maiores quantidades, vai agravar o perigo de ocorrência de incêndio¹³.

Na apreciação das causas dos incêndios é claramente afirmado que mais de 80% dos fogos florestais em Portugal, têm origem humana. Frequentemente • se refere que estes são, muitas das vezes, produto da piromania de alguns perturbados ou objectivo pretendido por grupos que defendem interesses económicos obscuros.

As investigações sobre as causas dos incêndios florestais levadas a cabo pela Direcção Geral de Florestas com a colaboração da Polícia Judiciária apontam, no entanto, para uma menor importância estatística das várias criminalidades como causas de incêndio e, em contrapartida, enfatizam o papel da negligência no uso do fogo por parte dos utilizadores da floresta, residentes ou visitantes. O último Relatório do Estado do Ambiente, que se reporta a dados de 1991, refere para esse ano, embora num universo restrito de fogos analisados, que 39% destes foram causados por negligência, enquanto que 28% foram intencionais e apenas 5% devidos a causas naturais. Não se pretende concluir que a criminalidade é inexistente ou irrelevante como causa dos incêndios, mas apenas que ela não deverá ser a causa principal. Para CARDOSO PEREIRA (1993, s/p.), "(...) divulgar a ideia de que o problema [fogos florestais] tem origens predominantemente criminosas (...) é nefasto por duas ordens de razões: é desmobilizadora (...) e bloqueadora. Desmobilizadora porque (...) as populações serão desresponsabilizadas e ficarão menos receptivas às mensagens da prevenção. Bloqueadora (...) porque, por vezes, se argumenta contra a difusão de informação relativa ao risco diário de incêndio, para não prevenir os incendiários." Parece-nos, pois, que a prevenção dos incêndios estará condenada ao fracasso se não for adequada, de modo específico, às várias causas do fenómeno.

13 Se as mudanças climáticas globais suscitam algumas incertezas quanto a causas e magnitudes, alguns cenários de modelação das alterações climáticas, para o Sul da Europa, parecem já sugerir ligeiros aumentos de temperatura e precipitação no inverno, favorecendo a acumulação de biomassa fina, e aumentos mais significativos de temperatura e maior secura no verão. A combinação destas modificações será indesejável do ponto de vista da ocorrência de incêndios, pois conjuga as condições mais propícias à acumulação de combustível, durante o inverno e primavera, com as mais favoráveis à sua combustão, durante o verão.

O Homem é parte integrante em todo o processo de desencadeamento do fogo. A sua influência é determinante no controle do combustível vegetal, quer procurando formas alternativas da sua redução, quer na gestão e uso do espaço florestal.

3. Os incêndios florestais e as modificações do uso do solo em Macieira de Alcôba

A evolução do uso do solo em Macieira de Alcôba fez-se, não só, no mesmo sentido das políticas de florestação propostas pelo Estado Novo, isto é, com repovoamentos programados de pinheiros (*Pinus pinaster*), como também em consequência directa dos incêndios florestais que aí ocorreram e criaram oportunidade ao aparecimento de espécies de rápido crescimento do tipo *Eucalyptus globulus*.

Na elaboração dos mapas de uso do solo para Macieira de Alcôba, foram utilizados e analisados conjuntos de fotografias aéreas, a preto e branco, com excepção do mapa referente a 1993 que foi elaborado com base em trabalho de campo e por comparação com as fotografias aéreas de 1989. As fotografias aéreas, de escala 1:15.000, foram interpretadas estereoscopicamente de modo a produzir-se uma classificação simples de uso do solo. As características das fotografias aéreas, especialmente o tom, a textura e os padrões, ajudaram-nos a interpretar a paisagem e a distinguir no terreno as cinco classes de uso do solo mais significativas. Deste modo, foram identificadas: uma área social, uma área agrícola e outra florestal, esta subdividida em três áreas onde dominam, respectivamente, o pinheiro, o eucalipto e ainda uma área de mato onde estas duas espécies se encontram disseminadas e onde ocorrem afloramentos rochosos. O cálculo da área ocupada por cada uma destas classes de uso do solo foi determinada com um planímetro.

Até 1932, Macieira de Alcôba possuía largos baldios povoados a carvalho e sobreiro. A partir desta data e mediante autorização superior, a Junta da Paróquia distribuiu os terrenos baldios por todos os fogos da aldeia (A. RIOBOM *et al.*, 1983). De acordo com a política florestal de então, que incentivava o plantio de pinheiro, e em consonância com as características topográficas e pedológicas da área - solos pouco espessos por vezes com afloramento rochoso e vertentes com declives acentuados -, condições propícias ao desenvolvimento florestal, surgiram, assim, extensas áreas de pinheiro bravo que se contrapuseram às pequenas manchas agrícolas que ladeavam as áreas construídas dos diferentes lugares de Macieira de Alcôba. Este cenário, que se manteve até meados da década de sessenta, está bem patente na fig. 19 onde se verifica que praticamente metade da área (45,8%) está coberta por pinheiro da espécie *Pinus pinaster*. O "mato", vegetação rasteira constituída, essencialmente, por urze, giesta, carqueja, tojo, fetos e estrato herbáceo diverso, cobre, também, uma grande parte da superfície estudada (42%). Ocorre, fundamentalmente, nas áreas de maior altitude e nos locais onde afloram as rochas graníticas. O eucalipto circunscreve-se a pequenas áreas, pelo que a sua representatividade é insignificante (inferior a 1%).

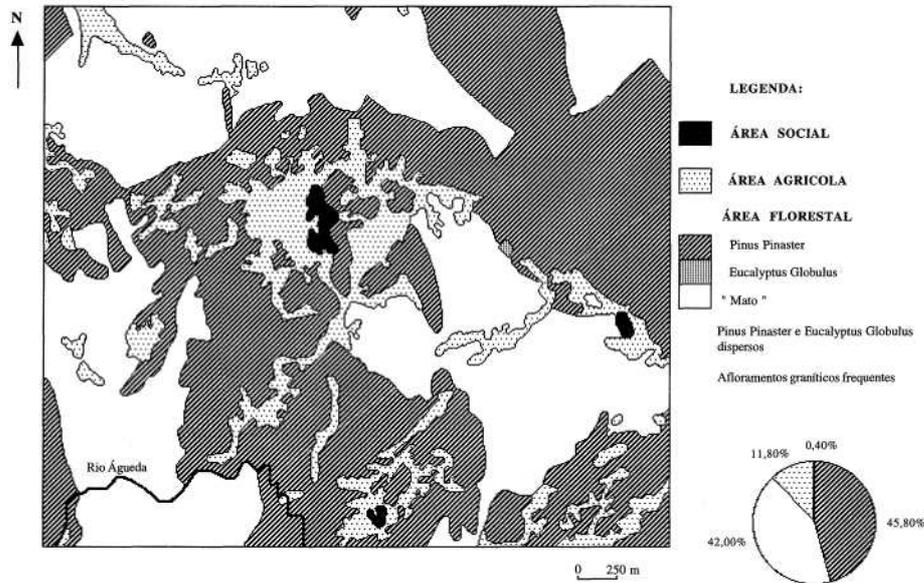


Fig. 19 - Uso do solo em Macieira de Alcôba em 1965.

Foi a partir do fim da década de sessenta que os grandes incêndios começaram a ocorrer em Macieira de Alcôba e os seus efeitos a fazerem-se sentir nas características do coberto vegetal, fundamentalmente em termos de espécies e de densidade arbórea.

Em 1969 ocorreu um dos maiores incêndios que afectou, até hoje, a área de estudo. Embora não existindo cálculos sobre a extensão da área ardida, soubemos, pela população local, que este teria afectado, sobretudo, a área a sul de Macieira de Alcôba. A análise da fotografia aérea de 1974, permitiu-nos, efectivamente, detectar uma área de grande extensão a sul de Macieira de Alcôba onde a vegetação arbórea era escassa e disseminada e onde dominava o mato. Tal facto é notório no mapa de uso do solo de 1974 (fig. 20) onde, cinco anos após o incêndio, grande parte da mancha ocupada, em 1965, por pinheiro é substituída, fundamentalmente, pelo mato e pinheiro regenerado. Aproveitando a necessidade de reflorestação das áreas ardidas e dada a proximidade das fábricas de celulose de Cacia e do Caima, os proprietários particulares iniciaram o plantio do eucalipto, plantações bem marcadas no vale do Rio de Maçãs, a oeste de Macieira de Alcôba, na perspectiva de uma rentabilização rápida das terras. A área ocupada por esta espécie de rápido crescimento passa então a ser, em 1974, da ordem dos 8,7% diminuindo a área ocupada por pinheiro (34,6%).

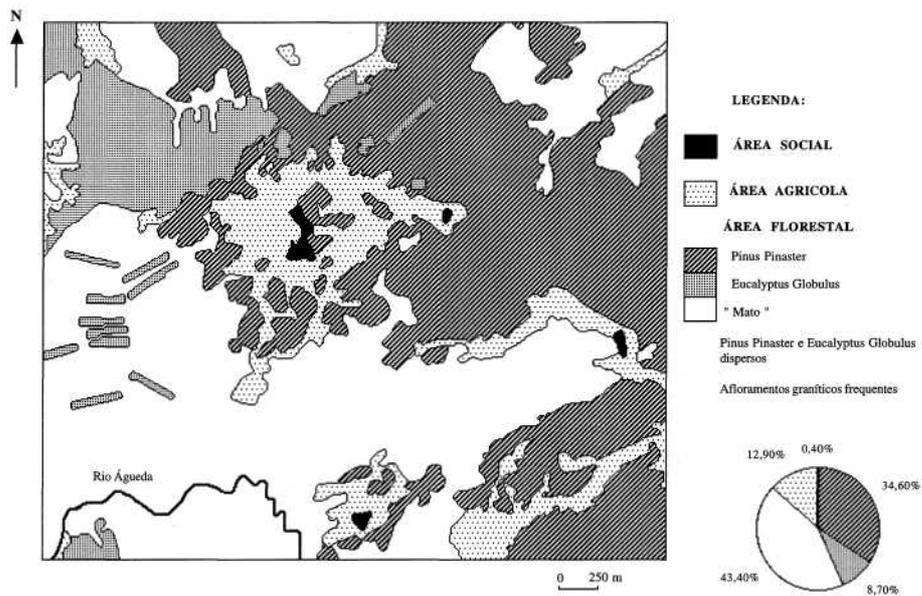


Fig. 20 - Uso do solo em Macieira de Alcôba em 1974

De 1969 a 1985, não se registaram incêndios florestais graves em Macieira de Alcôba. A vegetação inicial teve então possibilidade de regenerar (fig. 21) aumentando, assim, a área ocupada por pinheiro bravo (48,4%). A regeneração do pinheiro é notória nas áreas graníticas onde ocorre de forma mais densa.

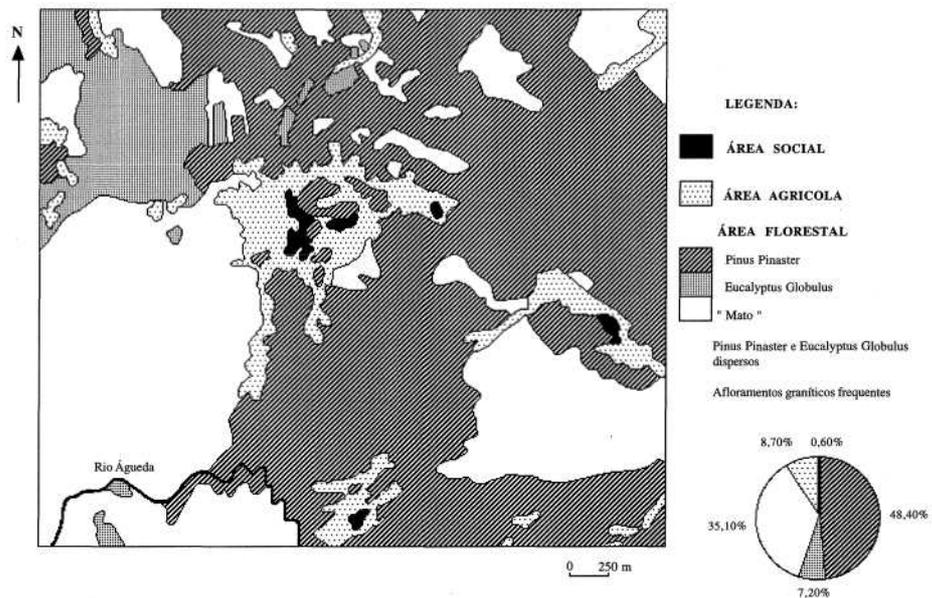


Fig. 21 - Uso do solo em Macieira de Alcôba em 1985.

O ano de 1986 ficará registado como um dos anos mais trágicos para a floresta de todo o concelho de Águeda. Nas primeiras horas da manhã do dia 14 de Junho desse ano deflagrou um grande incêndio que teve início em três locais diferentes do concelho: Castanheira do Vouga, Macieira de Alcôba e Préstimo. Foi responsável pela morte de dezasseis pessoas e pela destruição de 6 000 ha de floresta. É novamente a área a sul da aldeia que é a mais afectada pelo fogo (fig. 22) pelo que, no mapa de uso do solo referente a 1989 (fig. 23), três anos após o incêndio, ela aparece com predomínio de mato e com novos retalhos que correspondem já a novas plantações de eucalipto. Houve, assim, uma redução significativa da área ocupada por pinheiro (31,5%) e um ligeiro aumento da área de eucalipto (11,8%).

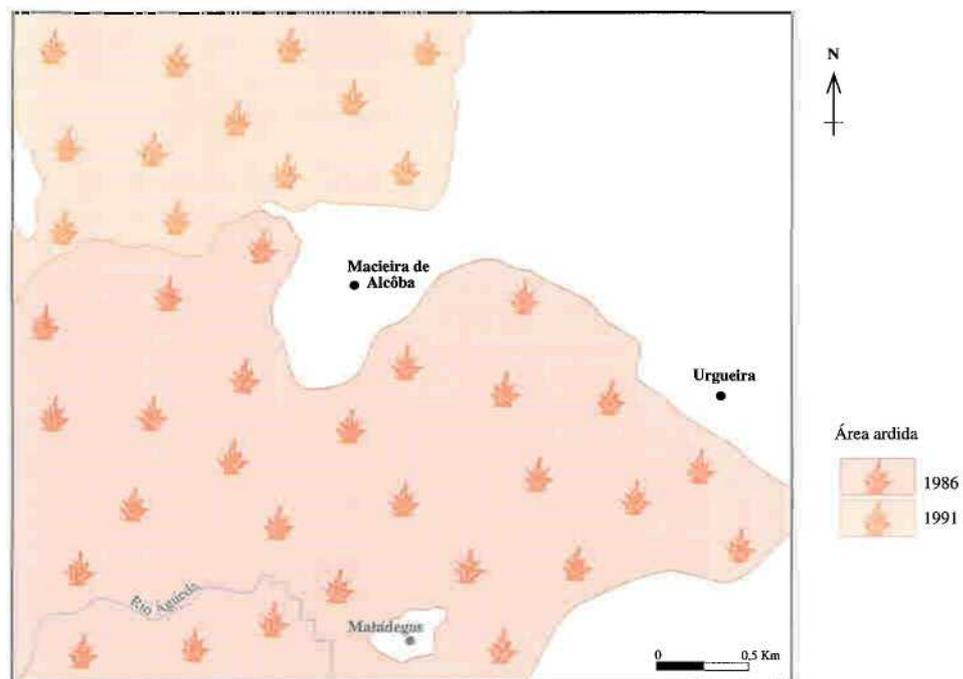


Fig. 22 - Área ardida em Macieira de Alcôba nos incêndios florestais de 1986 e de 1991.

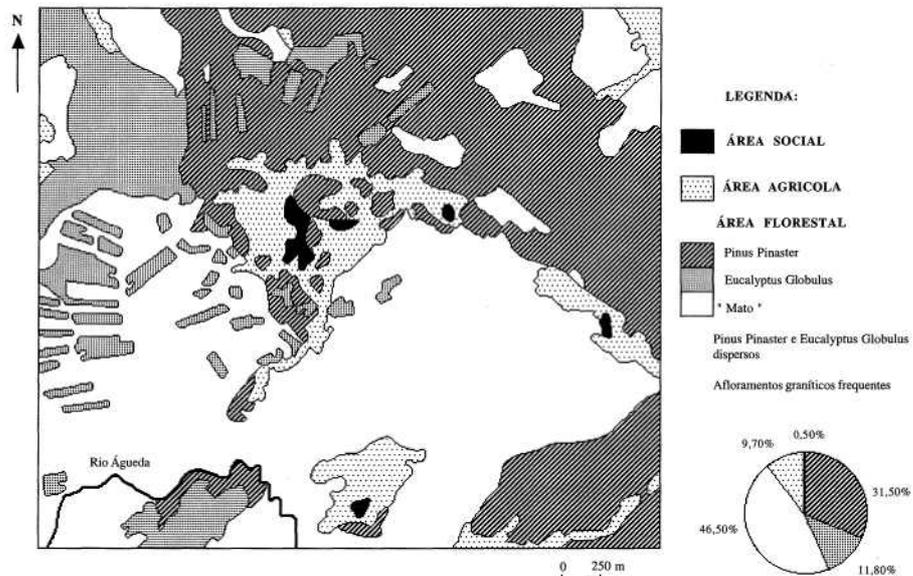


Fig. 23 - Uso do solo em Macieira de Alcôba em 1989

Dois anos mais tarde, em 1991, novo incêndio ocorre afectando, agora, a parte noroeste de Macieira de Alcôba (fig. 22), destruindo uma grande parte da floresta de pinheiro que restava dos anos quarenta. Surgem novas alterações no uso do solo intensificando-se, como seria previsível, o cultivo do eucalipto. O mapa de uso do solo de 1993 (fig. 24) torna evidente o aumento da área ocupada por esta espécie que passa a ser de 21,75%, em detrimento do pinheiro que vê a sua área reduzida a apenas 23,8%.

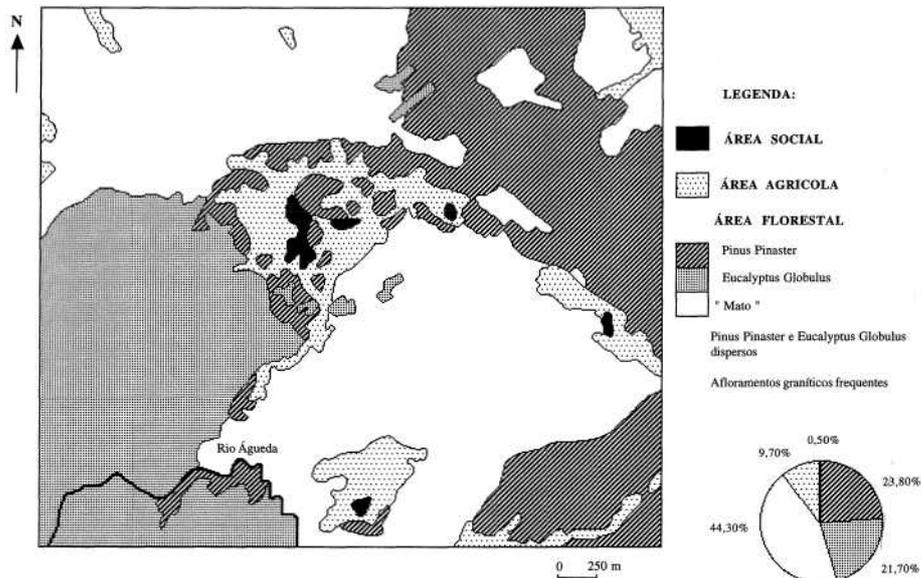


Fig. 24- Uso do solo em Macieira de Alcôba em 1993

O quadro 7 mostra-nos, de forma resumida, a evolução do uso do solo nos últimos 30 anos. A área ocupada por *Pinus pinaster* decresceu aproximadamente para metade (de 45,8% para 23,8%), enquanto o *Eucalyptus globulus* aumentou de 0% para 21,7%. Através do quadro 8 podemos constatar que a tendência de substituição da resinosa pela espécie de rápido crescimento se verifica, claramente, a partir do incêndio de 1986. Apenas em sete anos a área de pinheiro apresenta uma variação negativa de 24,6% enquanto que o eucalipto aumenta a sua área de expansão na ordem dos 14,5%. O mato, constituído fundamentalmente por espécies pirófitas, perfeitamente adaptadas às características de um incêndio médio, tem, por isso, grande capacidade de germinação e vê a sua área aumentar em cerca de 9,2%. Chegamos, assim, à situação actual, em que o tojo, a carqueja, a giesta, a urze, o feto, etc, dominam claramente a paisagem de Macieira de Alcôba (44,3%) denunciando, quem sabe, o início de uma caminhada sem retorno para uma degradação do solo se os incêndios ocorrerem de forma contínua e sem que antes a floresta tenha reconstituído a sua capacidade regeneradora.

Quadro 7
Modificações do Uso do Solo em Macieira de Alcôba
1965 - 1993

USO DO SOLO	Fogo -1969		Fogo -1986				Fogo -1991				AQ965/1993)
	1965		1974		1985		1989		1993		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
<i>Pinus pinaster</i>	718	45.8	543	34.6	760	48.4	494	31.5	373	23.8	-22.0
<i>Eucalyptus globulus</i>	0	0.0	137	8.7	112	7.2	185	11.8	340	21.7	21.7
"Mato"	660	42.0	681	43.4	551	35.1	730	46.5	696	44.3	2.3
Área Agrícola	185	11.8	203	12.9	137	8.7	153	9.7	153	9.7	-2.1
Área Social	7	0.4	6	0.4	10	0.6	8	0.5	8	0.5	0.1
Área Total	1570	100	1570	100	1570	100	1570	100	1570	100	

Fonte: Dados próprios obtidos através de fotografia aérea

Quadro 8
Modificações do Uso do Solo em Macieira de Alcôba
1985 - 1993

USO DO SOLO	1985	1993	A
	%	%	%
<i>Pinus pinaster</i>	48.4	23.8	-24.6
<i>Eucalyptus globulus</i>	7.2	21.7	14.5
"Mato" Área	35.1	44.3	9.2
Agrícola Área Social	8.7 0.6	9.7 0.5	1.0 -0.1
Área Total	100	100	

Fonte: Dados próprios obtidos através de fotografia aérea.

Parece-nos, pois, evidente que os fogos florestais tiveram um papel decisivo nas modificações do uso do solo em Macieira de Alcôba. A inexistência, até 1990, de legislação específica para rearborização das áreas percorridas por incêndios e a natural necessidade dos proprietários procurarem uma rentabilização rápida das suas terras para se compensarem das perdas tidas com os fogos florestais, foram, entre muitas outras, razões que facilitaram a disseminação desta espécie de rápido crescimento por áreas outrora ocupadas por uma floresta de resinosas de *Pinus pinaster*.

Por outro lado, enquanto que um novo reflorestamento de pinheiro demoraria aproximadamente 30 anos até atingir um estado de desenvolvimento tal que permitisse o seu corte, o eucalipto goza da excelente propriedade de rebentamento pela touca, facilitando, deste modo, os trabalhos de arranjo das terras após incêndio. As sementes de eucalipto têm, também, uma excelente capacidade de germinação após incêndio pelo que uma área que tivesse anteriormente eucaliptos aparece, depois do incêndio, coberta por formações monofíticas de pequenos eucaliptos. Se não se procede a um desbaste, esses eucaliptos crescem em densidades que chegam a ultrapassar, em dois anos, os 20-25 indivíduos, de quase 4 metros de altura por 10-15 cm de diâmetro, por metro quadrado (S. CASTROVIEJO BOLÍVAR, 1993). Como muitas destas terras ardidas são deixadas ao abandono e à regeneração natural e dado que o desbaste é caro, pois necessita de muita mão de obra, o risco de incêndio aumenta. E eis-nos, assim, chegados a um ciclo vicioso: planta-se o eucalipto para se obter uma rentabilização rápida da terra e fazem-se as talhadias cada vez mais curtas com receio que um novo incêndio ocorra e se perca o investido e, por outro lado, aumenta-se o risco de incêndio quando não se procede ao desbaste da espécie após regeneração natural.

A escolha desta espécie "invasora" em substituição dos povoamentos de *Pinus pinaster* pelos proprietários, após os incêndios, está actualmente regulamentada pelo D.L. 327/90 de 7 de Maio de 1990 que proíbe, num prazo de 10 anos, alterações do coberto florestal em áreas florestais ardidas. O novo PAF, através da Portaria 340-A/91 de 15 de Abril, parece, também, querer travar a expansão do eucalipto pela não concessão de ajudas a acções de arborização a espécies de crescimento rápido para trituração.

Embora defendendo a ideia de que Portugal deve continuar a produzir madeira e que é legítimo que os proprietários pretendam obter uma maximização dos lucros nos seus terrenos, estamos conscientes de que, apesar da parca legislação existente e daquela que, porventura, se venha a criar, será difícil o controle da expansão do *Eucalyptus globulus*. As suas características e o facto da maior parte da nossa floresta estar nas mãos do sector privado são factores impeditivos de uma maior intervenção do Estado no ordenamento e gestão do espaço florestal português.

4. Opções futuras no quadro florestal português

Em Portugal Continental a floresta ocupa cerca de 34% do território, valor que fica aquém das potencialidades florestais do país, calculadas em cerca de 60%, mas que é superior à média da União Europeia que pouco ultrapassa os 24% (M.E.A.T. e M.A.R.N., 1992, p. 139). É um dos países da Comunidade que apresenta um dos maiores ratios de área florestal por 1000 hab e que detém a maior cota de área florestal privada (M.E.A.T. e M.A.R.N., 1992, p. 143).

A escassez de matéria prima para a indústria da pasta de papel e da celulose no mercado europeu e as condições físicas adequadas que Portugal apresenta e que permitem elevadas produtividades, conduziram à atribuição, por parte da União Europeia, de financiamentos a fundo perdido para a implementação do actual Plano de Acção Florestal (PAF). Integrado no PEDAP (Programa Específico de Desenvolvimento da Agricultura Portuguesa), o PAF surge como um Programa que visa a recuperação da floresta portuguesa em consequência da degradação a que esta tem estado sujeita, nomeadamente através da ocorrência sucessiva de incêndios florestais. As acções do PAF têm como objectivo a rearborização e beneficiação da área florestal, a construção da rede viária e rede divisional e ainda, barragens para armazenamento de água para combate a incêndios. Entre 1987 e 1990, o PAF absorveu mais de 20 milhões de contos de subsídio ou seja, 25% do total de subsídios para os vinte programas do PEDAP (M.P.A.T. e M.A.R.N., 1992, p. 139).

Os incêndios florestais provocam grandes desequilíbrios locais quer sob o ponto de vista ecológico quer nos aspectos social e económico. A degradação da floresta por incêndio tem sempre, como consequência, elevados prejuízos materiais, salientando-se as perdas de rendimentos das famílias que têm esta actividade como um complemento da actividade agrícola. A monocultura do eucalipto, explorado em regime de talhadia com cortes em cada 8 a 12 anos surge, assim, para os proprietários agrícolas, como a resposta mais adequada para uma rentabilização rápida das terras. O último Relatório do Estado do Ambiente deixa em aberto e sujeito a especulações várias a seguinte afirmação: "A área de pinhal apoiada pelo PAF representa 39% do total da área florestal subsidiada, tanto em rearborização como em beneficiação; o eucalipto absorveu subsídios essencialmente para" (M.P.A.T. e M.A.R.N., 1992, p. 150). A frase fica por concluir, sem que se saiba que tipos de subsídios foram atribuídos ao eucalipto. Embora existindo a Portaria 512/89 de 6 de Julho que condiciona o apoio financeiro do PAF ao eucalipto, esta parece ter sido revogada pela Portaria 340-A/91 de 15 de Abril que impede a concessão de ajudas a acções de arborização a espécies de crescimento rápido para trituração. Lapso tipográfico no Relatório do Estado do Ambiente?

Apesar da "confusa" legislação e aproveitando o défice da União Europeia nesta matéria prima, o Estado português tem optado pela "eucaliptização" do país. O aumento rápido de área ocupada por esta espécie gera entre ecologistas, industriais de celulose e proprietários agrícolas acesa polémica sobre os impactes ambientais da eucaliptização.

Embora acusado de consumo excessivo de água e consequente interferência no regime hídrico das bacias hidrográficas plantadas com eucalipto, de empobrecimento dos solos por acentuada exportação de nutrientes das camadas superficiais do solo por remoção e desaparecimento da biomassa, de erosão hídrica dos solos pela quase inexistência de sub-bosque que exerça um efeito protector quando da escorrência laminar e do impacto do salpico no solo, do empobrecimento da flora por libertação de toxinas que impedem o crescimento de determinadas espécies e até de um empobrecimento da fauna, o eucalipto continua a ser a espécie "protegida" da agricultura não-alimentar e a estar sujeito a uma política agrária contraditória.

Parece-nos que a respeito do eucalipto a legislação portuguesa se encontra sem rumo e anda ao sabor de determinados interesses de grupos ecológicos, proprietários privados, indústrias de celulose e de pasta e, fundamentalmente, da União Europeia, que se vão sobrepondo e que, por serem contrários, provocam alterações, em curto espaço de tempo, no pacote legislativo florestal.

Por sua vez, a União Europeia lançou, em 1992, uma revisão da PAC (Política Agrícola Comum) que é a mais ambiciosa de sempre. As alterações introduzidas não modificam, porém, os princípios fundamentais que, mais concretamente em relação à floresta, se traduzem pela intensificação do povoamento florestal de superfícies agrícolas úteis e no desenvolvimento do sector da madeira. A este pacote, que deverá ser aplicado gradualmente num prazo de 3 anos, está subjacente uma mudança significativa da política de ambiente da União, que se operou em Dezembro de 1992 com um programa intitulado "Em direcção a um desenvolvimento sustentável". Este programa, em vez de se centrar exclusivamente na protecção do ambiente, aborda a questão da gestão do desenvolvimento futuro, tendo por princípio o uso sem abuso do ambiente do nosso planeta. "Em direcção a um desenvolvimento sustentável" é, assim, a concretização do tema central da Cimeira do Rio de 1992, tal como apresentado no documento "Agenda 21".

Tendo em atenção que, tal como os factores de produção, o ambiente tem um valor e um custo que deverão ser reconhecidos, e atendendo aos impactes ambientais do eucalipto, pergunta-se se não haverá contradição entre os objectivos para se alcançar padrões sustentáveis de desenvolvimento económico e social e o exposto no quadro do Regulamento (CEE) n- 2080/92, que considera que a "arborização com espécies de crescimento rápido num regime de curta duração é, regra geral, bastante rentável" e continua a prever "relativamente à arborização com estas espécies (...) uma contribuição comunitária para as despesas de arborização realizadas por agricultores a título principal"¹⁴.

Embora delegando para os Estados-membros a avaliação e o controle das incidências sobre o ambiente, a elevada percentagem da superfície florestal nas mãos do sector privado, o regime de ajudas por parte da União Europeia, o ele-

14 Os montantes máximos fixados para despesas de arborização para os eucaliptos é de 2000 ecus/ha enquanto que para as resinosas é de 3000 ecus/ha.

vado número de incêndios florestais que têm ocorrido nas últimas décadas em Portugal e a procura de uma rentabilização rápida dos terrenos, conduzem os proprietários à eleição do eucalipto como a espécie privilegiada em acções de florestação. Convém referir que o II Quadro Comunitário de Apoio, no âmbito do Plano de Desenvolvimento Regional visa um aumento da superfície florestal, por florestação e/ou reflorestação da ordem dos 55 000 ha e cada vez mais o eucalipto é sentido, pelos nossos agricultores, como o "petróleo verde" do presente e do futuro.

Urge, assim, que se defina, não só uma política florestal clara, sem incoerências legislativas quer a nível nacional quer ao nível da União, como também que se elaborem estudos de avaliação dos impactes ambientais provocados por esta espécie de rápido crescimento. Neste sentido, este trabalho de investigação pretende, embora modestamente, poder contribuir para a avaliação destes impactes, apenas em termos de erosão hídrica dos solos, das acções de florestação e/ou reflorestação com povoamentos de *Eucalyptus globulus* por comparação com o que acontece em áreas com povoamentos de *Pinus pinaster*.

IV - METODOLOGIAS: TÉCNICAS E INSTRUMENTAÇÃO 1.

A problemática da obtenção de dados

A fiabilidade dos dados tem sido um dos problemas mais importantes a encarar no estudo dos processos e mecanismos que estão na origem da erosão e conseqüente degradação dos solos. A quantificação da erosão facilita uma comparação espacial e temporal da severidade do processo. Mais importante, ainda, os dados tornam-se "inputs" vitais para medidas de conservação. No entanto, a interpretação destes resultados é problemática. Muitas das taxas de erosão são calculadas com base em dados obtidos em parcelas experimentais durante períodos de tempo curtos, mas surgem erros quando esses dados são extrapolados para regiões mais vastas. Extrapolações globais baseadas num número reduzido de dados ou em metodologias diversas, podem conduzir a erros enormes e originar actuações de ordenamento incorrectas. A interpretação dessas taxas de erosão deve, então, ser feita com extremo cuidado (A. MANNION e S. BOWLBY, 1992, p. 129).

Crentes na grande necessidade de estudos básicos que nos forneçam dados fiáveis, obtidos por métodos standardizados, para que os resultados possam, com calibração, ser comparáveis aos de outras regiões, procurámos aplicar, neste trabalho de investigação, uma metodologia de trabalho, instrumentos e técnicas, tão próximas quanto possível das utilizadas no Projecto de Investigação sobre Erosão do Solo das Universidades de Aveiro e Swansea.

Os estudos de erosão de solos exigem tempo e trabalho de campo intensivo. O desenho experimental em Macieira de Alcôba começou a ser instalado em Agosto de 1991 e foi sendo construído em fases sucessivas, à medida que determinadas técnicas e instrumentos se revelavam necessários para o cumpri-

mento dos objectivos do trabalho, tendo ficado totalmente concluído nos primeiros dias de Janeiro de 1993. Embora conscientes de que neste tipo de estudos é necessário recolher os dados durante um período de tempo relativamente longo para que eles se revelem representativos e se possa captar uma tendência geral e, atendendo ao facto deste trabalho de investigação se realizar no âmbito do Mestrado em que há prazos a cumprir, tivemos que limitar a nossa amostragem ao período entre Novembro de 1992 e Junho de 1994.

2. O desenho experimental em Macieira de Alcôba

De acordo com os objectivos deste trabalho de investigação, em Agosto de 1991 seleccionaram-se quatro segmentos de vertentes, sobre a mesma unidade litológica (granito), com declives entre os 18° e os 20° e sob cobertos vegetais de *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* em diferentes estádios de desenvolvimento.

Para a avaliação das perdas de solo delimitaram-se parcelas de erosão experimentais e colocaram-se caixas e estacas de erosão nas quatro vertentes, previamente seleccionadas, com povoamentos de:

- Pinheiro adulto (\pm 40 anos) em área não queimada ;
- Pinheiro regenerado após o incêndio de 1986 (5 anos);
- Eucalipto regenerado após o incêndio de 1986 (5 anos);
- Plantação de eucalipto feita em Maio de 1991 (3 meses).

Em todas as parcelas foram colocados tanques colectores do escoamento superficial, bem como aparelhos de baldes basculantes, permitindo estes a quantificação da água de escorrência com maior precisão.

Foi também instalado um pluviómetro totalizador numa área próxima das parcelas, para a quantificação da precipitação.

A recolha da informação não teve uma periodicidade regular. Tal facto deveu-se, não só à própria irregularidade dos episódios chuvosos¹⁵, como também às dificuldades que tivemos de deslocação à área de estudo sempre que entendíamos conveniente. Por estes motivos, as leituras da precipitação e escoamento superficial tiveram períodos de intervalo entre os 4 e os 69 dias, sendo, em média, registadas leituras quinzenalmente. A recolha dos sedimentos das caixas de erosão - embora sem uma periodicidade inicialmente estipulada por se pensar proceder à sua recolha apenas quando a acumulação de sedimentos nas caixas assim o justificasse - foi, sensivelmente, mensal. Os maiores intervalos de tempo entre leituras, quer da precipitação e escoamento superficial, quer das recolhas de sedimentos registaram-se, obviamente, no período estival.

15 Se não houvesse chuva não se produziriam alterações significativas nos registos anteriormente feitos, enquanto que, se a precipitação fosse intensa, teríamos que rapidamente fazer as leituras, caso contrário, poderíamos perder dados por se exceder a capacidade de armazenamento dos tanques.

No que diz respeito às leituras das estacas de erosão distribuídas ao longo das vertentes, estas foram feitas de seis em seis meses, no período de inverno e no verão, por se considerar, não só ser esse o período mínimo necessário para se obter uma variação significativa da microtopografia do solo, mas também, para diagnosticarmos qual a importância da vegetação e manta morta acumulada no solo nestas duas épocas do ano, na variação microtopográfica. No caso das estacas de erosão colocadas nos afloramentos graníticos e dada a exiguidade de tempo, apenas realizámos duas leituras. A primeira leitura fez-se em Novembro de 1992, quando do início do período de amostragem, e a segunda e última leitura foi efectuada em Fevereiro de 1994.

Para além da informação de campo, foi também necessário o trabalho de laboratório, para tratamento dos sedimentos recolhidos das caixas de erosão, e um tratamento estatístico de toda a informação disponível referente à precipitação, escorrência e perdas de solo.

2. 1. *Parcelas de erosão*

Parcelas de erosão com 16 m² (8 x 2) foram delimitadas e nelas instaladas caixas de erosão. Para a delimitação das parcelas utilizou-se uma tira de latão com 17 cm de altura. Previamente à introdução da chapa de latão foi aberto um sulco no solo, com todo o cuidado, de modo a facilitar a penetração da chapa e a causar o menor distúrbio possível. A existência de inúmeros afloramentos rochosos tornou difícil a tarefa e, como consequência, as parcelas não se apresentam com a forma de um verdadeiro rectângulo, mas sim um pouco irregulares. Na parte inferior das mesmas, a tira de latão foi inflectida para a caixa de erosão de modo a formar uma área em "V". Foi utilizado silicone e cimento para unir, respectivamente, a tira de latão e esta ao afloramento rochoso, quando o contorno deste não era possível.

Apesar de todo o cuidado que se teve para não causar distúrbios no solo, a abertura dos sulcos para a delimitação das parcelas alterou um pouco a estrutura superficial do solo facilitando a desagregação de partículas. Para assegurar que somente o material dos 16 m² seria colectado nas caixas de erosão e para colmatar a modificação da estrutura quando da delimitação das parcelas, utilizámos um estabilizador de solo, conhecido por "Soiltex GI"¹⁶, na área em "V", ao longo da tira de latão que delimita a parcela e no pequeno degrau que comunica com a caixa de erosão.

2. 2. *Caixas de erosão*

As caixas de erosão instaladas são caixas de Gerlach modificadas, semelhantes às utilizadas no Projecto de Aveiro/Swansea (D. BOAKES, 1989)¹⁷ e desti-

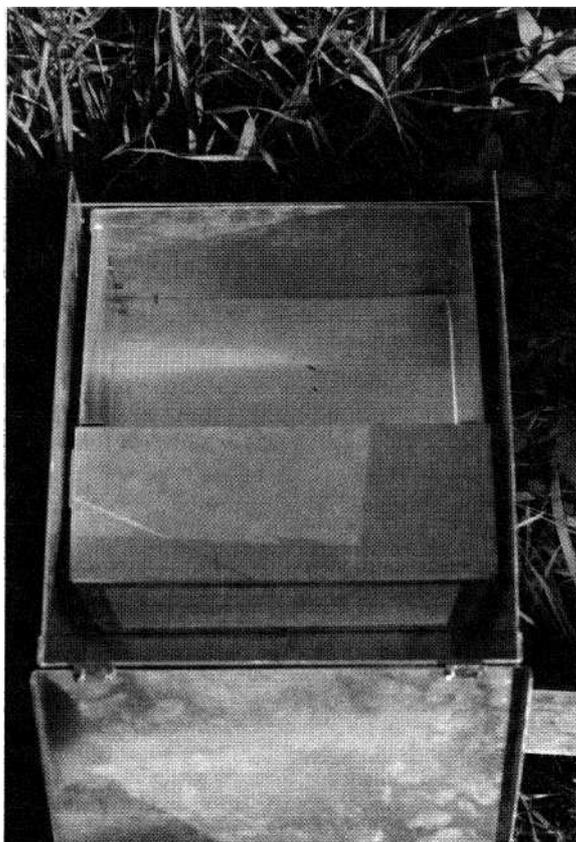
■"■" Este estabilizador de solo foi manufacturado pela Allied Colloids Ltd., Grã-Bretanha. Trata-se de um pó branco cristalino que permite unir as partículas de solo, formando como que uma espécie de crusta na área tratada.

¹⁷ David Boakes - Measurements of soil loss using wash traps on steep slopes, Águeda basin, Portugal: some technical considerations. "Swansea Geographer", 26, 1989, p. 77 - 82.

nadas à recolha dos sedimentos transportados por escorrência. Utilizaram-se dois tipos de caixas de erosão: um que se destina à recolha dos sedimentos resultantes da parcela e outro a ser colocado na vertente para recolha de sedimentos transportados ao longo da mesma sem, portanto, se referir a uma área delimitada.

Ambas são constituídas por duas caixas, uma exterior e outra interior, em alumínio (fot. 9). No compartimento exterior da caixa de erosão a ser colocada na parcela, que possui uma tampa que evita a entrada de sedimentos por salpicos, foi aberto um orifício no sentido descendente, ligado a uma mangueira, de modo a permitir a passagem da água de escorrência para um tanque onde se fará a recepção da mesma (fot. 10). Já o compartimento exterior da caixa de erosão a ser colocada ao longo da vertente, possui vários orifícios de modo a permitir o escoamento da água de escorrência acumulado na caixa, uma vez que esta não é retida em tanques de armazenamento (fot. 10).

Nos dois tipos de caixas de erosão, a caixa interior, que possui uma rede fixa e outra removível para triagem da granulometria dos sedimentos, é mais pequena do que a exterior e é travada por uma calha que a impede de deslizar.



Fot. 9 - Tipo de caixa de erosão utilizada. Aspecto da caixa exterior e interior



Fot. 10 - Pormenor dos orifícios, que permitem a passagem da água de escorrência, das caixas de erosão colocadas nas parcelas (1 orifício) e das caixas soltas de erosão (vários orifícios).

2. 3. Estacas e ponte de erosão

Para medir a microtopografia do solo foram instalados, em cada uma das vertentes seleccionadas, cinco conjuntos de estacas de erosão, com excepção da área correspondente à plantação de eucalipto onde apenas foram instalados três conjuntos, distribuídos desde a base ao topo da vertente. Um conjunto de estacas em cada vertente foi colocado junto à parcela experimental para que se pudessem estabelecer, posteriormente, comparações com os dados obtidos nas caixas de erosão da parcela.

As estacas de erosão são de aço, com 60 cm de comprimento e 12 mm de diâmetro e afiadas numa das pontas. Cada conjunto é constituído por três estacas separadas entre si por 1 metro. As três estacas de erosão são enterradas no solo verticalmente, na mesma curva de nível, ficando apenas à superfície 10 a 15 cm da estaca.

A ponte de erosão utilizada foi desenvolvida por R. SHAKESBY (1993), e é constituída por uma barra de alumínio de secção quadrada. Esta barra tem 1 metro de comprimento e está perfurada com 37 orifícios equidistantes.

Para a medição, utiliza-se uma vareta de alumínio de 36 em de comprimento e 6 mm de diâmetro e uma régua metálica graduada (fot. 11).

No início da medição, a ponte de erosão é colocada sobre as duas primeiras estacas, é verificada a sua horizontalidade e em seguida é fixa.

A vareta de alumínio é, então, introduzida no 1^o orifício e com a ajuda da régua graduada lê-se a altura da vareta que fica acima da ponte de erosão. O mesmo é feito para os 37 orifícios.



Fot. .11 - Aspecto da técnica de medição da microtopografia do solo com a ponte de erosão.

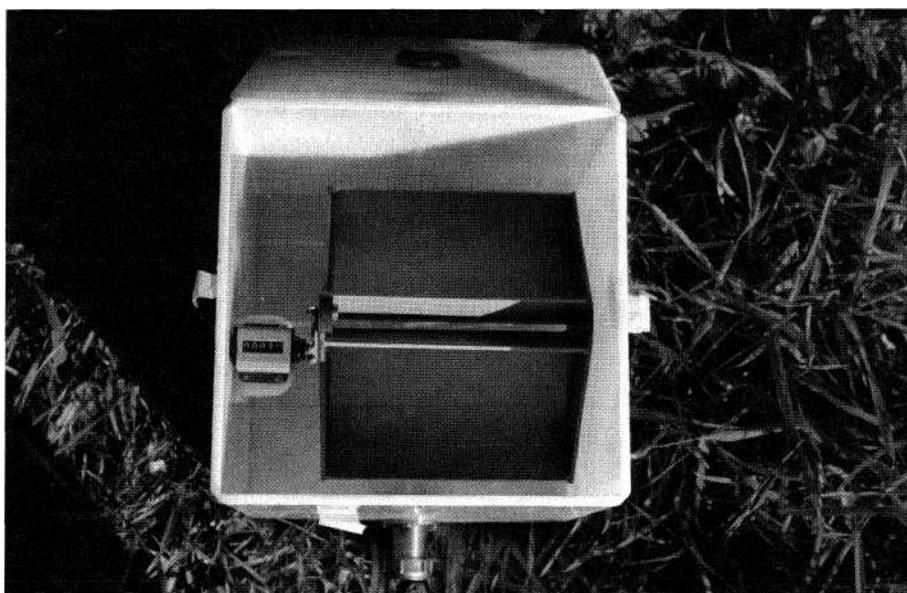
2. 4. Precipitação e escoamento superficial

Tal como foi referido no II Capítulo, quando caracterizámos a precipitação no período de amostragem, os dados referentes à precipitação foram obtidos a partir de um pluviómetro totalizador, tipo Casella, colocado numa área próxima das parcelas experimentais.

Para a quantificação da escorrência foram utilizados tanques colectores de plástico resistente (fot. 12), com capacidade para 220 litros cada um, e um aparelho constituído por dois baldes basculantes, com capacidade próxima do 0,5 litro cada balde, que possibilita a quantificação da escorrência antes desta chegar aos tanques colectores (fot. 13).



Fot. 12 - Aspecto geral da vertente sob coberto de Pinheiro Adulto, onde é possível ver a mangueira de ligação ao aparelho de baldes basculantes e deste ao tanque colector do escoamento superficial.



Fot. 13 - Pormenor do aparelho de baldes baseulantes utilizado para a quantificação do escoamento superficial.

Em cada parcela foi colocado um tanque colector e um aparelho de baldes basculantes, com excepção da parcela da plantação de eucalipto onde foram colocados dois tanques. A ligação entre a caixa de erosão existente na parcela e os tanques é feita por uma mangueira de plástico que propicia uma ligação com o aparelho de baldes basculantes. Deste sai outra mangueira que conduz a água de escorrência até aos tanques onde é armazenada (fot. 12).

Periodicamente, foi feita a calibração dos baldes basculantes para que a quantificação fosse o mais rigorosa possível. Em cada recolha de informação era feita a medição do volume de água existente no tanque pela leitura da altura de água existente. Esse valor foi calculado pela média de 4 leituras feitas na "boca" do tanque, em quatro pontos diametralmente opostos, com o auxílio de uma fita métrica. De uma recolha de informação para a seguinte era feito o diferencial da quantidade de água já existente no tanque.

3. Determinação de algumas propriedades físicas do solo

As propriedades físicas de um solo são importantes factores a ter em conta na determinação do seu grau de erodibilidade. Embora conscientes de que num estudo sobre erosão hídrica de solos várias seriam as propriedades físicas a testar e, por não possuímos nem equipamentos, nem meios financeiros que nos possibilitassem o recurso a laboratórios especializados ou a aquisição de instrumentos próprios para o efeito, limitámos a nossa caracterização às propriedades consideradas mais importantes, como sejam: textura, estrutura superficial, compacidade e capacidade de infiltração.

Para a determinação da **textura** foram recolhidas amostras da parte superficial do solo (7 a 10 cm) nas quatro vertentes seleccionadas, o mais próximo possível das parcelas experimentais. A análise granulométrica foi feita pelo Instituto Geológico e Mineiro do Porto, pelo método da crivagem e pipetagem, enquanto que a determinação da matéria orgânica do solo se fez pelo método da destruição com água oxigenada (40 volumes).

Segundo BOTELHO DA COSTA (reed. 1991, p. 301), uma caracterização completa da **estrutura** do solo exige observações às escalas microscópica e macroscópica. As análises microscópicas, pelos motivos já anteriormente referidos e por exigirem técnicas especiais para a análise dos agregados e características dos vazios, não puderam ser efectuadas. Limitámos a nossa caracterização a uma descrição da macroestrutura superficial do solo no campo.

A **compacidade** de um solo depende do tamanho, forma e quantidade de partículas constituintes desse solo (J. BOTELHO DA COSTA, reed. 1991, p. 363). A resistência à penetração é um processo de avaliar essa propriedade física do solo. Para a determinação da resistência superficial do solo, foi utilizado um penetrómetro de bolso, marca ELE (Unconfined comp. Strength), tendo

sido feitas 50 medições em cada vertente seleccionada e em locais que circundavam as parcelas experimentais, por forma a obterem-se valores o mais próximo possível dos existentes no interior das referidas parcelas.

Para o cálculo da **capacidade de infiltração** dos solos foram realizadas quatro experiências em cada uma das vertentes onde estão instaladas as parcelas experimentais, em diferentes épocas do ano, para reduzir as margens de erro. Utilizou-se, para o efeito, um infiltrómetro de duplo anel, desenvolvido por A. FERREIRA (1989). Este aparelho é constituído por um reservatório de água e dois anéis de aço com 10 cm (anel interior) e 20 cm (anel exterior) de diâmetro, respectivamente (fot. 14).

O reservatório, com uma capacidade para 7000 cm³ de água, é um tubo cilíndrico graduado, com 10 cm de diâmetro e 1 metro de altura. Na base deste dispositivo estão instalados dois tubos estreitos, com alturas diferentes e accionados por duas torneiras que permitem a saída da água do reservatório e que a mantêm a uma altura constante no anel interior do infiltrómetro. A utilização dos dois anéis de aço permite evitar os fluxos multidireccionais da água no solo.



Fot. 14 - Infiltrómetro de duplo anel.

Para a realização das experiências começou-se por introduzir no solo, entre 5 a 10 cm de profundidade, os dois anéis dispostos de forma concêntrica. Por se pretender obter resultados tão próximos do real quanto possível, a manta morta não foi retirada do local onde foram instalados os anéis. Depois de instalados, colocou-se verticalmente sobre eles o reservatório de água. Antes de se dar início à experiência, o espaço entre os dois anéis é preenchido com água de modo a servir de obstáculo aos fluxos multidireccionais. Deste modo, os resultados obtidos dizem, apenas, respeito à velocidade de infiltração da água gravitacional no solo.

4. Análise laboratorial dos sedimentos recolhidos nas caixas de erosão

As caixas de erosão, quando retiradas das parcelas, foram colocadas numa estufa para secagem dos sedimentos nelas acumulados, a uma temperatura de 80°C.

Depois de recolhidos os sedimentos das caixas de erosão, foram os mesmos sujeitos a tratamento laboratorial de modo a obter-se informação sobre a quantidade de matéria mineral e matéria orgânica acumulada.

Foi feita uma primeira triagem da matéria orgânica quando da pesagem inicial das recolhas de material das caixas de erosão. Folhas e pequenos ramos foram, então, retirados e pesados. Para a determinação da "matéria orgânica total" (J. BOTELHO DA COSTA, reed. 1991, p. 123), utilizou-se o método de perda por calcinação. Para isso, foi retirada uma pequena amostra de cada recolha de sedimentos das várias parcelas, que foi pesada e posteriormente calcinada numa mufla de marca Heraeus - electronic - Typ. KR 170E, a uma temperatura de 500° C, durante 4 horas. A perda de peso que se verifica na amostra, quando retirada da mufla, diz respeito, sobretudo, à combustão da matéria orgânica. Embora esta metodologia possa ser considerada, por alguns autores (J. BOTELHO DA COSTA, reed. 1991, p. 124), algo imperfeita, na verdade não estávamos interessados na determinação da água retida nas superfícies dos minerais de argila pelo que esta metodologia satisfaz os nossos objectivos.

V - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

1. Precipitação

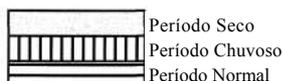
Conscientes de que em estudos sobre erosão hídrica de solos se exige uma análise pormenorizada da precipitação, nomeadamente o conhecimento da precipitação diária e intensidade do episódio chuvoso, não nos foi possível, porém, obter tais dados, sobretudo por razões de ordem técnica que não será demais relembrar: a ausência de udógrafos de registo diário e o distanciamento e dificuldade de deslocação rápida à área em estudo sempre que os quantitativos de precipitação o justificassem. Neste sentido, os valores da precipitação apresentados, correspondem a períodos temporais que oscilam entre os 4 e os 69 dias, tal como tivemos oportunidade de referir no capítulo anterior.

No quadro 9, para além da precipitação registada em cada período de leitura e do número de dias a que cada período corresponde, estão representados o número de dias de chuva e a intensidade média diária da precipitação para esses períodos. Os udógrafos, de cujos registos nos servimos, possuíam udogramas semanais que dificultavam a obtenção de valores precisos sobre a intensidade dos episódios chuvosos. Cada período de leitura da precipitação foi classificado em período seco, chuvoso ou normal, de acordo com a adaptação do critério de Gibbs e Maher (1967), classificação previamente elaborada no segundo capítulo, quando da caracterização climática da área de estudo.

Quadro 9 Precipitação, intensidade diária e nº de dias de chuva no período de amostragem. (12 Nov. 92 a 22 Jun. 94)

Períodos leituras	Nº dias período	Nº dias Chuva	Precipitação (mm)	Intensidade/dia	Período Seco/chuvoso
12 Nov a 25 Nov	13	8*	95.0	11.88	
25 Nov a 10 Dez	15	10*	184.0	18.40	
10 Dez a 28 Dez	18	7*	45.0	6.43	
28 Dez a 08 Jan	11	1*	1.0	1.00	
08 Jan a 21 Jan	13	2*	96.0	48.00	
21 Jan a 28 Jan	7	0*	0.0	0.00	
28 Jan a 10 Fev	13	4*	22.0	5.50	
10 Fev a 21 Fev	11	1	31.0	31.00	
21 Fev a 03 Mar	10	0	0.0	0.00	
03 Mar a 11 Mar	8	0	0.0	0.00	
11 Mar a 28 Mar	17	9	57.0	6.33	
28 Mar a 08 Abr	11	3	29.0	9.67	
08 Abr a 29 Abr	21	15	250.7	16.71	
29 Abr a 03 Jun	35	22	329.2	14.96	
03 Jun a 19 Jun	16	6	58.0	9.67	
19 Jun a 11 Jul	22	5	10.0	2.00	
11 Jul a 04 Ago	24	1	0.0	0.00	
04 Ago a 18 Ago	14	0	0.0	0.00	
18 Ago a 22 Ago	4	3	1.0	0.33	
22 Ago a 23 Set	32	12	313.2	26.10	
23 Set a 01 Nov	39	18	512.5	28.47	
12 Dez a 17 Dez	5	4	153.0	38.25	
17 Dez a 21 Dez	4	4	37.3	9.33	
21 Dez a 21 Jan 21	31	24 1	428.3	17.85	1111111111111111
Jan a 02 Fev	12		6.9	6.92	-----
02 Fev a 14 Fev 14	124	4 2	128.0	11.50	
14 Fev a 18 Fev			23.0		
18 Fev a 28 Abr	69	16	207.5	12.97	
28 Abr a 06 Jun	39	19	410.3	11.50	1111111111111111
06 Jun a 22 Jun	16	1	5.0	5.00	

(*) - Nº de dias de chuva calculados através dos dados de Campia



Através da análise do quadro 9, é notório que em todo o período de amostragem dominam os períodos anormalmente secos e alguns chuvosos relativamente aos valores normais (1932-1993) da precipitação registada no posto udométrico de Campia. O inverno de 1992/93 foi, sem dúvida, um inverno que se destacou pela sua secura. De Dezembro a Março apenas se registaram 17 dias de chuva correspondentes a 207 mm de precipitação. Este quantitativo foi, inclusivamente, inferior ao registado no verão seco de 1993 em que, em 21 dias de chuva se observaram valores da ordem dos 324 mm. No entanto, e concretamente no período de 8 a 21 de Janeiro de 1993, os 96 mm que se registaram e que corresponderam apenas a dois dias de chuva, traduzem-se no maior valor médio de intensidade diária da precipitação. A primavera de 1993 foi, pelo contrário, uma estação muito chuvosa, com 46 dias de chuva a corresponder a 667 mm de precipitação. Foi, fundamentalmente, a partir do verão de 1993 que os dados de precipitação começaram a registar valores normais para a época do ano. Entre meados de Fevereiro a Junho de 1994, últimos períodos de leituras, alternaram, novamente, períodos secos (no mês de Março apenas se registou um dia de chuva) com o período chuvoso de 28 de Abril a 6 de Junho de 94. A supremacia dos períodos secos evidencia-nos que os quantitativos de precipitação registada durante todo o período de amostragem foram, de uma forma geral, inferiores aos valores normais para Macieira de Alcôba.

2. Escoamento superficial

2. 1. *A precipitação e a produção de escoamento superficial* A produção de escoamento superficial, para além de estar directamente relacionada com as características da precipitação é, também, influenciada pelo tipo de coberto vegetal e pelas características do solo, entre outros factores. A escorrência ao longo das vertentes onde foram instaladas as parcelas faz-se de forma difusa, originando, por vezes, na plantação de eucalipto, pequenos sulcos e ravinas que se formam quando as águas de escorrência se concentram, quer porque contornam os afloramentos rochosos quer porque não há vegetação rasteira.

O quadro 10 refere-se aos valores do escoamento superficial e coeficiente de escoamento produzidos nas diferentes parcelas, para iguais quantitativos de precipitação. Podemos constatar que a plantação de eucalipto se destaca pelos valores mais elevados de escoamento e coeficiente de escoamento em relação às restantes parcelas (quadro 10 e figs. 25 e 26). As três primeiras leituras não contemplam valores de escorrência para as duas parcelas de pinheiro, por estas ainda não se encontrarem monitorizadas.

**Quadro 10 Escoamento e coeficiente de escoamento
no período de amostragem (Novembro 92 a Junho 94).**

Datas	Precipitação	Plantação Eucalipto		Pinhal Adulto		Pinhal Regenerado		Eucalipto Regenerado	
		Escoamento	Coef. Esc. (%)	Escoamento	Coef. Esc. (%)	Escoamento	Coef. Esc. (%)	Escoamento	Coef. Esc. (%)
12 Nov a 25 Nov	95.0	1.29	1.36	*	*	*	*	*	*
25 Nov a 10 Dez	184.0	12.96	7.04	*	*	*	*	*	*
10 Dez a 28 Dez	45.0	2.69	5.98	*	*	*	*	0.07	0.16
28 Dez a 08 Jan	1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08 Jan a 21 Jan	96.0	8.16	8.50	0.07	0.07	0.00	0.00	0.94	0.98
21 Jan a 28 Jan	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28 Jan a 10 Fev	22.0	0.21	0.97	0.07	0.30	0.04	0.16	0.00	0.00
10 Fev a 21 Fev	31.0	4.50	14.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.60
21 Fev a 03 Mar	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03 Mar a 11 Mar	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11 Mar a 28 Mar	57.0	9.46	16.59	1.67	2.93	0.50	0.88	0.24	0.43
28 Mar a 08 Abr	29.0	1.87	6.45	0.01	0.02	0.00	0.00	0.14	0.49
08 Abr a 29 Abr	250.7	14.30	5.70	0.59	0.24	0.73	0.29	0.25	0.10
29 Abr a 03 Jun	329.2	24.16	7.34	0.73	0.22	0.53	0.16	1.32	0.40
03 Jun a 19 Jun	58.0	6.70	11.55	0.00	0.00	0.11	0.18	0.14	0.25
19 Jun a 11 Jul	10.0	0.74	7.42	0.07	0.71	0.16	1.60	0.21	2.14
11 Jul a 04 Ago	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04 Ago a 18 Ago	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18 Ago a 22 Ago	1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22 Ago a 23 Set	313.2	23.19	7.41	2.89	0.92	2.19	0.70	2.73	0.87
23 Set a 01 Nov	512.5	25.42	4.96	0.80	0.16	2.17	0.42	2.87	0.56
01 Nov a 12 Dez	158.0	20.97	13.27	0.41	0.26	0.61	0.38	0.18	0.11
12 Dez a 17 Dez	153.0	4.41	2.88	0.14	0.09	0.50	0.33	0.75	0.49
17 Dez a 21 Dez	37.3	0.25	0.68	0.01	0.03	0.13	0.35	0.06	0.17
21 Dez a 21 Jan	428.3	19.06	4.45	1.43	0.33	6.58	1.54	2.22	0.52
21 Jan a 02 Fev	6.9	0.04	0.51	0.05	0.77	0.03	0.46	0.08	1.13
02 Fev a 14 Fev	128.0	7.00	5.47	0.28	0.22	0.39	0.31	0.57	0.45
14 Fev a 18 Fev	23.0	0.04	0.19	0.00	0.00	0.14	0.60	0.06	0.25
18 Fev a 28 Abr	207.5	17.38	8.37	1.11	0.54	0.73	0.35	2.32	1.12
28 Abr a 06 Jun	410.3	35.77	8.72	2.24	0.55	7.40	1.80	4.53	1.10
06 Jun a 22 Jun	5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.93

(*) - Inexistência de dados devido aos tanques de armazenamento do escoamento superficial ainda não terem sido colocados nas parcelas.

Carmen Gonçalves Ferreira

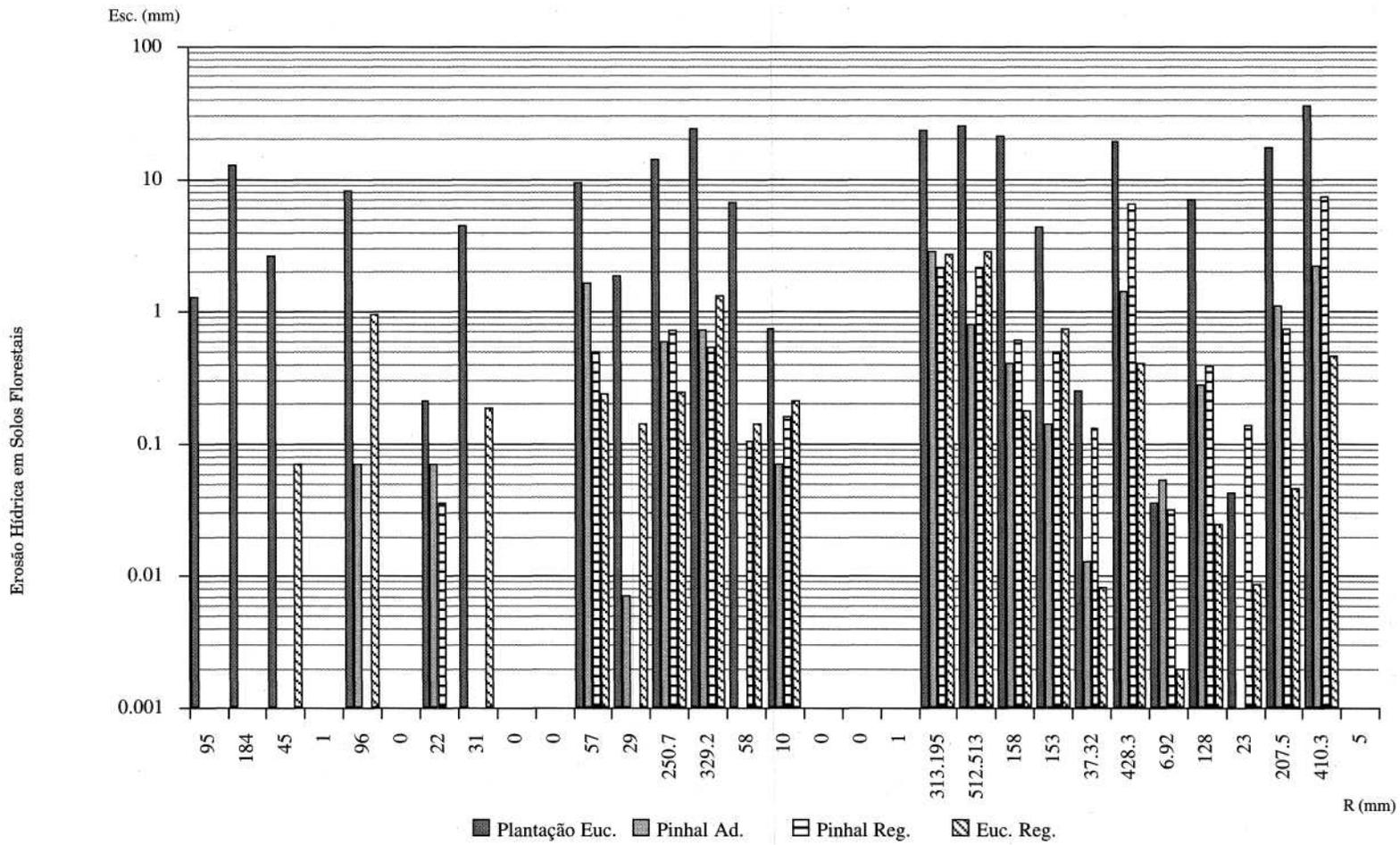
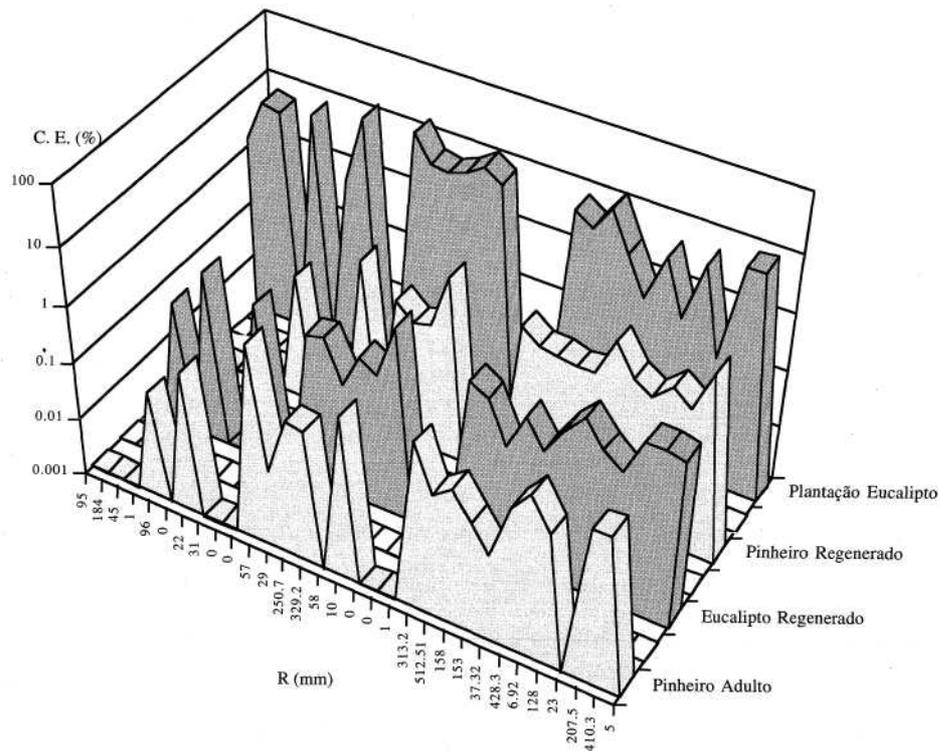


Fig. 25 - Escoamento superficial produzido relativamente aos valores de precipitação ocorridos em cada período de leitura.



Fig» 26 - Valores do coeficiente de escoamento nos diferentes tipos de uso do solo, relativamente aos valores de precipitação registados para cada período de leitura

Apesar da ocorrência de precipitação, nem sempre se verificou escoamento superficial em todas as parcelas (fig. 25). No período de 8 a 21 de Janeiro de 1993 em que se registaram 96 mm de precipitação, que correspondeu ao maior valor de intensidade média diária (48mm/dia) (quadro 9), não se obtiveram valores de escoamento na parcela do pinheiro regenerado. O mesmo aconteceu para os 29 mm de precipitação de 28 de Março a 8 de Abril do mesmo ano. De 10 a 21 de Fevereiro de 1993, os 31 mm de precipitação registados dizem respeito a apenas 1 dia de chuva, obtendo-se escoamento somente nas duas parcelas de eucalipto. Os 58 mm e os 23 mm de precipitação correspondentes aos períodos, respectivamente, de 3 a 19 de Junho de 1993 e de 14 a 18 de Fevereiro de 1994, não produziram escoamento superficial na parcela de pinheiro adulto. O limiar mínimo de precipitação a partir do qual se observa escoamento superficial em todas as parcelas é de 6,9 mm e corresponde ao período de 21 de Janeiro a 2 de Fevereiro de 1994. Convém referir, que este período é antecedido por um outro, em que a precipitação ocorrida foi superior aos valores normais para a época do ano. Deste modo, a capacidade de

armazenamento de água no solo das parcelas poderia ser facilmente excedida, ao ponto de uma reduzida quantidade de precipitação poder provocar escorrência.

Também os coeficientes de escoamento das parcelas apresentam resultados bem diversos. Os coeficientes de escoamento máximos registados, quer na plantação de eucalipto, quer na parcela de pinheiro adulto, respectivamente de 16,59% e 2,93% (quadro 10), ocorrem no mesmo período (11 a 28 de Março de 1993) e para apenas 57 mm de precipitação. Este quantitativo de precipitação ocorre após um longo período seco desde Dezembro de 1992. A este propósito, C. COELHO, *et ai.* (1991), refere que existe uma tendência para os coeficientes de escoamento aumentarem após períodos secos, pelo desenvolvimento de uma camada hidrofóbica junto à superfície do solo que dificulta a infiltração da água de escorrência, proporcionando elevados coeficientes de escoamento nos primeiros episódios chuvosos após períodos secos.

Já nas parcelas de pinheiro e eucalipto regenerados os coeficientes de escoamento máximos são de valor inferior e correspondem a valores de precipitação bem diferentes. Assim, enquanto que para a parcela de pinheiro regenerado, o maior coeficiente de escoamento foi de 1,80% e ocorreu num período em que se registaram 410,3 mm de precipitação, para o eucalipto regenerado este foi da ordem dos 2,14% e para tal bastaram apenas 10 mm de precipitação. É que estes 10 mm de precipitação ocorreram após um período muito chuvoso que se verificou desde Março a Junho de 1993. Neste caso, o elevado valor do coeficiente de escoamento poderá justificar-se pela capacidade de campo¹⁸ do solo ter sido excedida. Períodos houve em que maiores quantitativos de precipitação deram origem a coeficientes de escoamento inferiores (quadro 10).

Para verificarmos qual a importância do factor precipitação na produção de escoamento superficial foi calculado o coeficiente de correlação entre estas variáveis, em todas as parcelas. A maior correlação (0,915; $p < 0,0001$) verificou-se na parcela da plantação de eucalipto (fig. 27) e traduziu-se por uma variação dos valores da escorrência na razão directa da precipitação (fig. 26). Neste caso, é o factor precipitação aquele que, entre outros, maior importância terá na produção do escoamento superficial. Os valores do coeficiente de correlação encontrados para as restantes parcelas são inferiores ao da plantação de eucalipto, mas semelhantes entre si. Variam entre 0,709; 0,710 e 0,759 ($p < 0,0001$) para, respectivamente, as parcelas de eucalipto regenerado (fig. 28), pinheiro adulto (fig. 29) e pinheiro regenerado (fig. 30). Se, de uma forma geral, os períodos de maiores quantitativos de precipitação são acompanhados

¹⁸ Segundo E. J. VEIHMAYER e A. H. HENDRICKSON (1931) a capacidade de campo pode definir-se como "o teor de humidade retido pelo solo quando, depois de ter cessado o movimento gravitacional, o movimento de água capilar decresce substancialmente" (in J. BOTELHO DA COSTA, reed. 1991, p. 418).

por uma idêntica variação do escoamento superficial, outros períodos existem em que isto não se verifica. Nestas situações, as características físicas do solo no momento da ocorrência e a interceptação feita pelo coberto vegetal poderão ser explicativos desses valores.

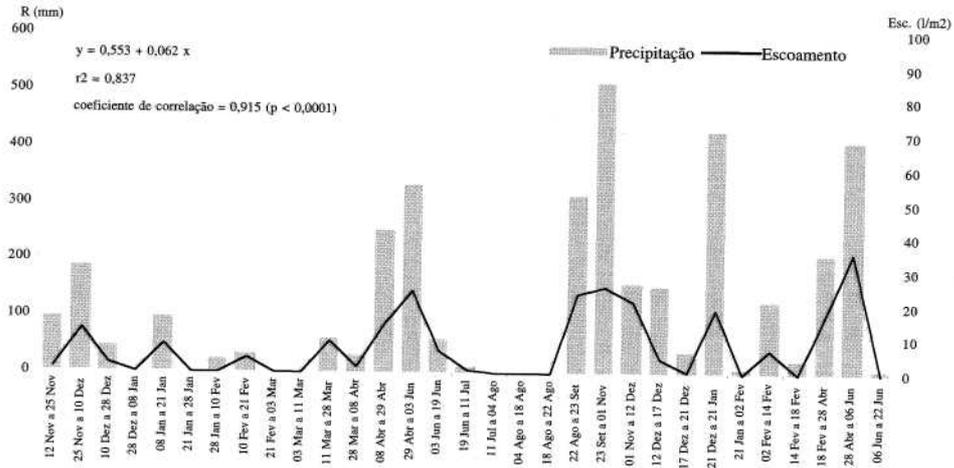


Fig. 27 - Precipitação e escoamento superficial produzido na parcela da plantação de eucalipto em cada período de leitura (Nov. 92 a Jun. 94)

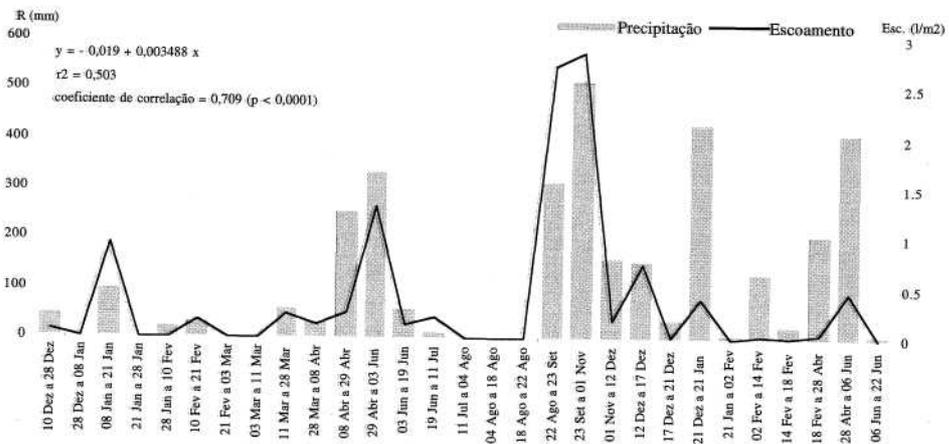


Fig. 28 - Precipitação e escoamento superficial produzido na parcela de eucalipto regenerado em cada período de leitura (Dez. 92 a Jun. 94)

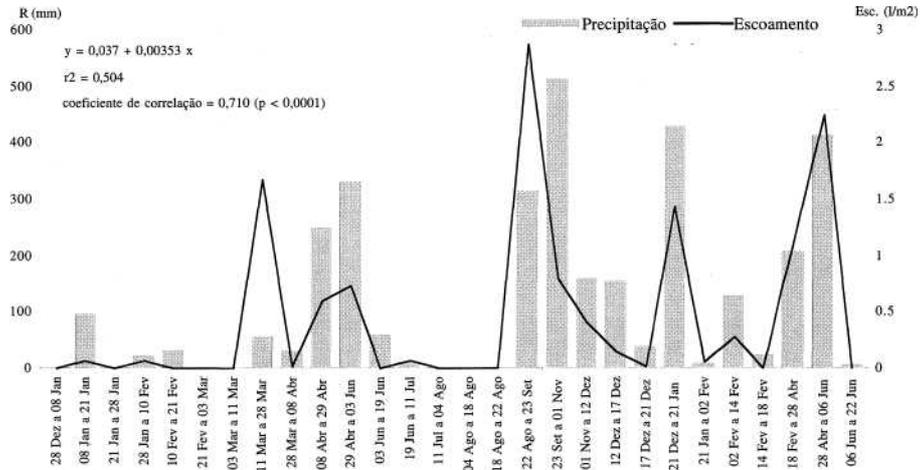


Fig. 29 - Precipitação e escoamento superficial produzido na parcela de pinheiro adulto em cada período de leitura (Dez. 92 a Jun. 94).

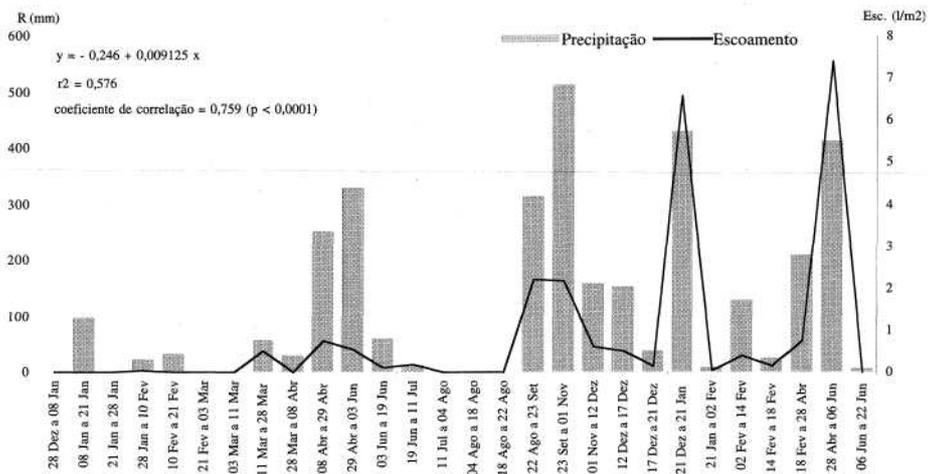


Fig. 30 - Precipitação e escoamento superficial produzido na parcela de pinheiro regenerado em cada período de leitura (Dez. 92 a Jun. 94)

2. 2. *A infiltração e a produção de escoamento superficial* Os diferentes valores de escoamento superficial verificados nas parcelas estão, sem dúvida, relacionados, entre outros factores, com as características da capacidade de infiltração de água no solo. Se a infiltração consiste na entrada da água no solo, pela acção conjunta quer da força de gravidade, quer de gradientes de sucção do solo para a água, a capacidade de infiltração diz respeito ao volume de água que se infiltra num dado período de tempo.

Quando a precipitação atinge o solo, inicia-se o processo de infiltração. O movimento inicial da infiltração da água no solo dá-se sob a acção da gravidade, através das fendas e espaços intersticiais mais largos. Ao mesmo tempo, a água vai penetrando mais lentamente, em vários sentidos, nos microporos pela acção das forças capilares (fig. 31).

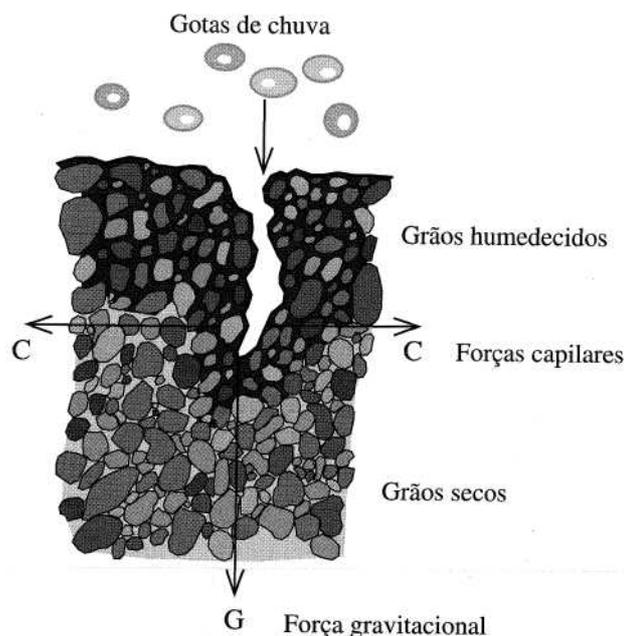


Fig. 31 - Diagrama exemplificativo da camada superior do solo ao ser humedecido pela queda das gotas de chuva.
Extraído e adaptado de T. Dunne; L. Leopold, 1978, p. 165.

A capacidade de infiltração depende de vários factores, dos quais se destaca a intensidade da precipitação, a natureza do horizonte superficial do solo, as propriedades físicas do solo como por exemplo a porosidade, a textura, a estrutura, os teores de água e matéria orgânica no solo e, ainda, da natureza e densidade do coberto vegetal. Vários são os autores que referem que a taxa de infiltração declina rapidamente durante o período inicial de um episódio chuvoso e atinge um valor aproximadamente constante após 1 ou 2 horas de chuva (T. DUNNE *et ai.*, 1978; J. BOTELHO DA GOSTA, reed. 1991; A. LENCASTRE *et ai.*, 1984; B. FINLAYSON *et ai.*, 1980). A este propósito T. DUNNE *et ai.* (1978, p. 166) referem que são vários os processos que, combinados, reduzem a capacidade de infiltração durante um episódio chuvoso. O preenchimento dos espaços intersticiais com água reduz o fenómeno de capi-

laridade atingindo-se o armazenamento potencial de água no solo. As partículas de argila, quando molhadas, aumentam de volume e reduzem o tamanho dos poros. Por outro lado, o impacto das gotas de chuva no solo quebram os agregados e espalham as partículas finas pelo solo que, arrastadas pela escorência para os poros, impedem a entrada de água.

A porosidade do solo varia com a textura e com a estrutura do solo, isto é, com o tamanho, forma e arranjo das partículas, considerando-se não apenas as partículas individuais de areia, silte e argila, mas também as partículas compostas, ou seja, os pedes ou agregados estruturais. O grau de estrutura afecta a quantidade e o tamanho dos poros e, conseqüentemente, influencia a retenção e o movimento da água no solo e o seu arejamento. A porosidade total do solo é, embora empiricamente, subdividida em porosidade não capilar (macroporos) e porosidade capilar (microporos). Nos solos de textura grosseira predomina a porosidade não capilar, que favorece a infiltração. Quando este tipo de solos possui grande percentagem de matéria orgânica as taxas de infiltração tendem a ser bastante elevadas.

O coberto vegetal e o tipo de uso do solo são, também, importantes reguladores do processo de infiltração. A vegetação e a manta morta protegem o solo da compactação provocada pelas gotas da chuva e providenciam matéria orgânica para a união das partículas de solo em agregados abertos. Qualquer alteração na vegetação e tipo de uso do solo causa grandes diferenças na capacidade de infiltração mesmo que esta se verifique sob o mesmo regime pluviométrico e tipo de solo.

O modo como a capacidade de infiltração é medida ou estimada depende dos objectivos dos trabalhos a realizar. Uma das maneiras, mais próxima de possíveis valores reais, para o cálculo da capacidade de infiltração é, sem dúvida, através de medições directas no campo utilizando-se para o efeito um infiltrómetro. Vários autores referem que os valores assim determinados servem apenas para comparar diferentes solos, uma vez que a capacidade de infiltração obtida pode ser 2 a 10 vezes superior à que resultaria da acção directa da chuva (T. DUNNE *et ai*, 1978; A. LENCASTRE *et ai*, 1984). Embora conscientes de tal facto, optámos por realizar quatro experiências em cada uma das vertentes onde foram instaladas as diferentes parcelas e em locais tão próximos quanto possível de cada uma delas, utilizando um infiltrómetro de duplo anel, de modo a calcular as diversas capacidades de infiltração instantânea durante períodos de tempo que, na maior parte das vezes, foram superiores a uma hora. O quadro 11 apresenta os valores obtidos da capacidade de infiltração instantânea média em cada experiência realizada de acordo com o tipo de uso de solo.

Os valores das taxas de infiltração média para cada parcela (quadro 11) são, em geral, bastante elevados. A textura grosseira destes solos franco-arenosos (quadro 12), onde predominam os macroporos, favorece o processo de infiltração e explica os valores elevados encontrados.

Quadro 11 Capacidade de Infiltração Média (mm/h) nos diferentes tipos de uso do solo

	Pinheiro Adulto	Pinheiro Regenerado	Eucalipto Regenerado	Plantação Eucalipto
1- experiência (Verão)	1295	486	794	83
2- experiência (Inverno)	843	912	414	802
3- experiência (Inverno)	1628	1067	687	379
4- experiência (Inverno)	1021	684	569	378
Média	1197	787	616	411

A capacidade de infiltração média obtida para a plantação de eucalipto (411mm/h) é inferior aos valores das restantes parcelas justificando, em parte, os elevados valores de escoamento encontrados (fig. 26) . Quando o solo desta parcela está muito seco, sobretudo no verão quando assume um aspecto pulverulento, existem muitas partículas finas à superfície do solo. A infiltração dos materiais finos, que são carreados para maiores profundidades do solo, têm tendência a colmatar os vazios intersticiais e a reduzir a infiltração, traduzindo-se em baixos valores da capacidade de infiltração. E o caso do valor da capacidade de infiltração média encontrada na primeira experiência realizada na plantação de eucalipto em Agosto de 1993 (83mm/h). Por outro lado, a quase inexistência de vegetação arbustiva e herbácea bem como de manta morta, favorece os fenómenos de compactação do solo sob o efeito das gotas de chuva.

Quadro 12
Composição granulométrica da textura do solo das diferentes parcelas de erosão.

	Pinheiro Adulto (%)	Pinheiro Regenerado (%)	Eucalipto Regenerado (%)	Plantação Eucalipto (%)
Areia	77,73	80,32	83,55	81,01
Silte	20,34	18,27	15,29	17,44
Argila	1,93	1,41	1,16	1,55
Total	100	100	100	100
Matéria Orgânica *	17,9	11,4	13,0	9,1

(*) Conteúdo em matéria orgânica do material tal-qual.

Se para as parcelas de pinheiro e eucalipto regenerado as diferenças entre as capacidades de infiltração média não são muito significativas (quadro 11), o contrário verifica-se nos valores obtidos para a parcela de pinheiro adulto (1197mm/h) e para a parcela da plantação de eucalipto (411mm/h). Os valores elevados da capacidade de infiltração no pinheiro adulto justificam os valores mais baixos de produção de escoamento nesta parcela (fig. 26) e podem ser explicados pela grande percentagem de matéria orgânica existente no solo (17,9%) que facilita o processo de infiltração (quadro 12). A manta morta, constituída essencialmente por musgo e caruma do pinheiro, protege o solo desta parcela do impacto das gotas de chuva reduzindo o efeito de compactação e aumentando a infiltração.

Qualquer que seja a técnica utilizada para a determinação da capacidade de infiltração existe sempre uma grande dificuldade de aplicação das taxas calculadas a áreas mais vastas. A infiltração é controlada por vários factores e, mesmo com uma combinação uniforme de alguns, como por exemplo, tipo de solo e vegetação, existe, num mesmo dia, uma grande variação espacial da capacidade de infiltração.

3. Perdas de solo nas vertentes

3. 1. *Estacas de erosão*

A microtopografia do solo e as suas modificações temporais são elementos de referência importantes em estudos de erosão hídrica de solos. As formas microtopográficas evoluem e comportam-se de forma semelhante à das vertentes, isto é, os processos e a dinâmica que as determinam são idênticos aos que ocorrem nas vertentes, variando apenas a escala de análise do fenómeno. Uma das vantagens da utilização de estacas de erosão é que os valores obtidos se referem a uma acção conjunta do impacto das gotas de chuva no solo, destacando as partículas do solo - efeito de salpico -, e da acção da escorrência que arrasta este material para outras áreas da vertente.

Durante todo o período de amostragem foram feitas 6 512 medições individuais que correspondem a 88 leituras dos 18 conjuntos de estacas distribuídos ao longo das vertentes. Para cada conjunto de estacas de erosão calculámos as variações em termos de perdas e ganhos de solo, para cada um dos períodos de leitura, em relação à medição de referência, ou seja, em relação à primeira medição efectuada em Agosto de 1991 (gráfico A das fig. 32 à 35)¹⁹. Nas mesmas figuras, o gráfico B, representa a evolução da microtopografia do solo através dos perfis da primeira e última medição. Regra geral, os dados das medições individuais evidenciam uma maior variação dos valores de perdas e ganhos do que as médias calculadas fazem supor. Nas medições individuais ocorrem valores de ganhos superiores a 45 mm e perdas da ordem dos -68 mm.

■^ Por exigência de síntese seleccionou-se apenas, para representação gráfica das variações de perdas e ganhos de solo, um conjunto de estacas representativo de cada espécie florestal estudada.

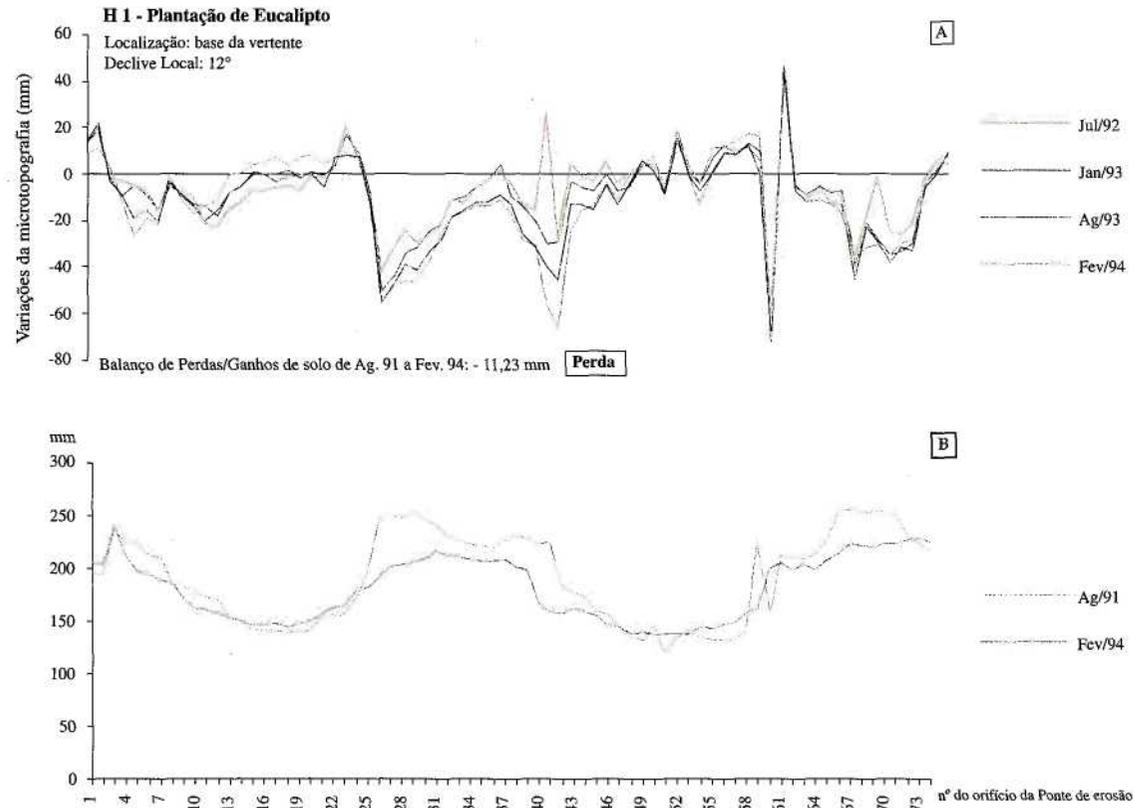


Fig. 32 - A - Variações em termos de Perdas e Ganhos de solo na Plantação de Eucalipto (H1) para cada uma das medições efectuadas durante o período de Agosto de 1991 a Fevereiro de 1994. A linha horizontal representa a medição de Agosto de 1991 (medição de referência). Os desvios acima da linha horizontal representam os Ganhos de solo enquanto que os desvios inferiores representam Perdas de solo.

B - Perfis da microtopografia do solo da Plantação de Eucalipto (H1) da primeira e última medições (Agosto de 1991 e Fevereiro de 1994).

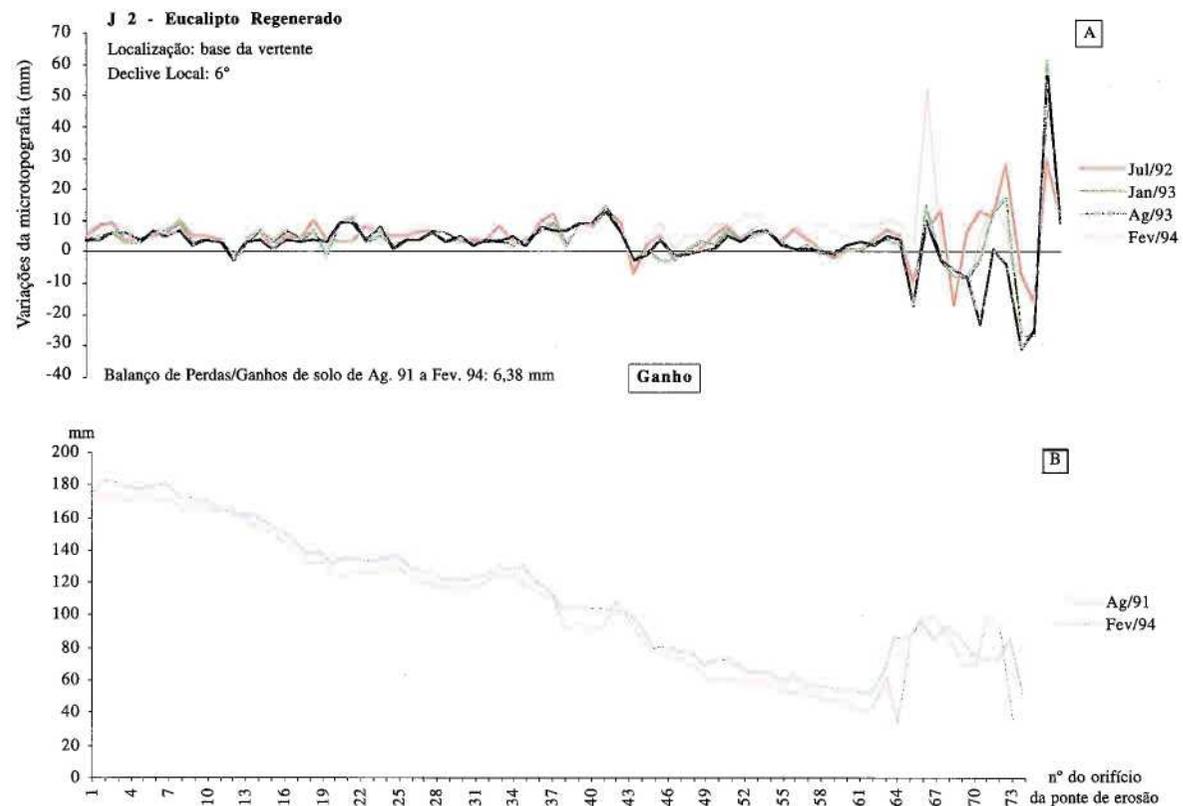


Fig. 33 - A - Variações em termos de Perdas e Ganhos de solo no Eucalipto Regenerado (J2) para cada uma das medições efectuadas durante o período de Agosto de 1991 a Fevereiro de 1994. A linha horizontal representa a medição de Agosto de 1991 (medição de referência). Os desvios acima da linha horizontal representam os Ganhos de solo enquanto que os desvios inferiores representam Perdas de solo.

B - Perfis da microtopografia do solo da Plantação no Eucalipto Regenerado (J2) da primeira e últimas medições (Agosto de 1991 e Fevereiro de 1994).

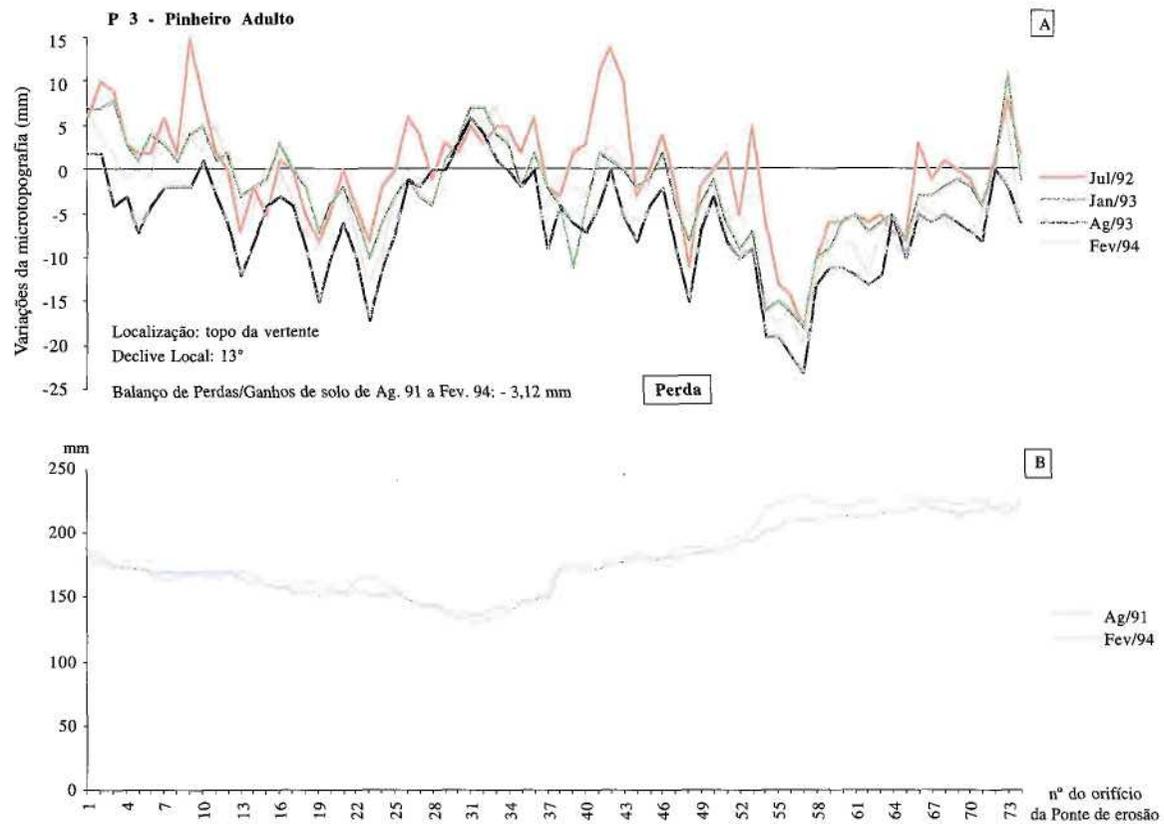


Fig. 34 - A - Variações em termos de Perdas e Ganhos de solo no Pinhal Adulto (P3) para cada uma das medições efectuadas durante o período de Agosto de 1991 a Fevereiro de 1994. A linha horizontal representa a medição de Agosto de 1991 (medição de referência). Os desvios acima da linha horizontal representam os Ganhos de solo enquanto que os desvios inferiores representam Perdas de solo.

B - Perfis da microtopografia do solo no Pinhal Adulto (P3) da primeira e última medições (Agosto de 1991 e Fevereiro de 1994).

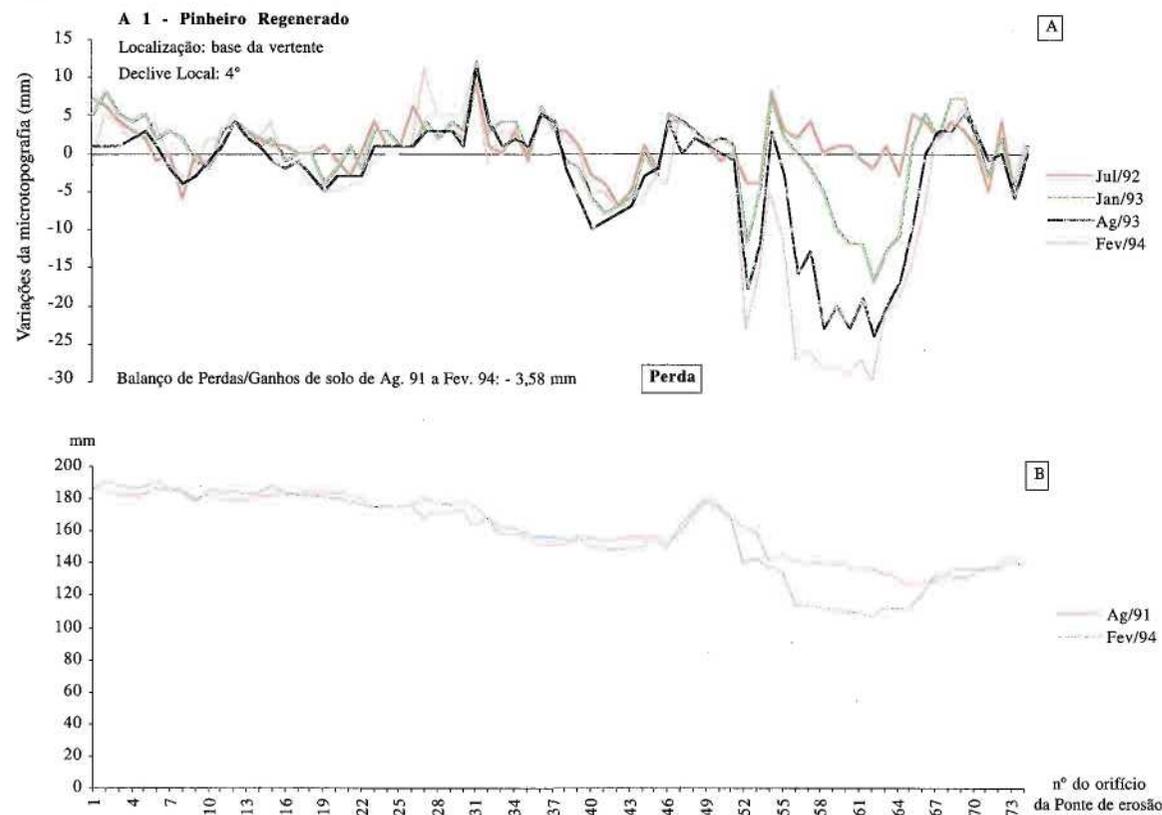


Fig. 35 - A - Variações em termos de Perdas e Ganhos de solo no Pinheiro Regenerado (A1) para cada uma das medições efectuadas durante o período de Agosto de 1991 a Fevereiro de 1994. A linha horizontal representa a medição de Agosto de 1991 (medição de referência). Os desvios acima da linha horizontal representam os Ganhos de solo enquanto que os desvios inferiores representam Perdas de solo.

B - Perfis da microtopografia do solo no Pinheiro Regenerado (A1) da primeira e última medições (Agosto de 1991 e Fevereiro de 1994).

Dada a dificuldade de análise das 6512 medições individuais, optámos por apresentar, de forma resumida, os balanços das perdas e ganhos médios de solo, para cada uma das medições dos conjuntos de estacas de erosão, efectuadas no período de Agosto de 1991 a Fevereiro de 1994 (quadro 13). Embora tivéssemos efectuado as leituras dos 18 conjuntos de estacas, tivemos que suprimir a informação recolhida num conjunto de estacas do eucalipto regenerado. A análise desses dados levou-nos a supor ter havido um qualquer tipo de acção antrópica que terá alterado a disposição e horizontalidade do dispositivo, traduzindo-se em valores inaceitáveis em relação aos verificados para os restantes conjuntos de estacas.

Quadro 13
Variações médias da microtopografia do solo para o período de Agosto de 1991 a Fevereiro de 1994

USO DO SOLO	Períodos de Medição	Ag.91-Jul.92	Jul.92-Jan.93	Jan.93-Ag.93	Ag.93 -Fev.94	Todo o Período Ag.91 -Fev.94
		Precipitação (mm)				
		1172	925	643	1757	4497
	Estacas	Perdas/Ganhos (mm) (valor médio)				
Plantação Eucalipto	H1	-6.81	-1.35	-3.69 -	0.62	-11.23
	H2 H3	2.43	2.53 -	2.05 -	0.68 -	3.58 -5.34
		0.26	1.30	0.91	3.39	
Eucalipto Regenerado	J1 J2	2.61	-2.39 -	0.54 -	0.00	0.76
	J3 J4	4.82	1.24	0.93 -	3.73	6.38
		0.85	0.72 -	1.12	0.57	1.02
		2.30	0.14	0.18	3.28	5.62
Pinheiro Adulto	P1 P2	10.68	-7.78 -	1.26 -	3.34	7.50
	P3 P4	3.28 -	0.72 -	3.34 -	3.05	2.27 -
	P5	0.16 0.03	2.04 -	4.00 -	3.08	3.12 -
		-3.61	0.57	1.43 -	1.80 -	0.17 -
			0.82	3.53	0.72	7.04
Pinheiro Regenerado	A1 A2	1.08	-1.07	-3.00 -	-0.59	-3.58 -
	A3 A4	1.73	0.28 -	2.43	0.04 -	0.38 -
	A5	1.12	2.92 -	0.42 -	1.04 -	2.42 -
			1.08 -	3.11 -	0.22	4.41 -
			2.70	1.76	0.95	3.51

(*) Estacas ainda não instaladas.

O eucalipto regenerado é o único tipo de uso de solo que apresenta um balanço positivo para todos os conjuntos de estacas de erosão, ao longo do período de amostragem (Agosto 91 a Fevereiro 94). Trata-se de uma área onde os eucaliptos, já com 5 anos, conseguem produzir ritidomas que, acumulados no solo juntamente com a folhagem caída, o protegem quer do impacto das gotas de chuva quer da acção da água de escorrência. A protecção do solo exercida pelos ritidomas é de tal modo eficaz que, por vezes, era difícil desincorporá-los do solo para se fazer a leitura das estacas, sem que com isso se provocassem distúrbios na superfície onde instalámos o dispositivo. Com a chuva, estes ritidomas vão-se desfazendo passando a constituir matéria orgânica do solo. Assim sendo, o balanço positivo verificado neste tipo de uso do solo, corresponde mais a um aumento da matéria orgânica do que a um ganho de sedimentos como, aliás, se poderá verificar com os dados obtidos na parcela de erosão do eucalipto regenerado. Contrariamente ao verificado para este tipo de

uso do solo, no pinheiro regenerado o balanço para todo o período de amostragem é sempre negativo, isto é, as perdas são generalizadas a todas as estacas de erosão (quadro 13). A presença abundante de afloramentos graníticos nestas vertentes, de onde se destacam os grãos de quartzo, propiciam o desenvolvimento de uma estrutura granular do solo. Basta que estes grânulos de quartzo, que chegam a atingir dimensões de 5 mm, sejam desviados ligeiramente dos orifícios da ponte de erosão, para que, de imediato, se traduza em valores de perda de solo.

A grande variação dos valores de perdas e ganhos de solo que se observa no pinheiro adulto, quer entre as medições, quer para todo o período de amostragem (quadro 13), é mais consequência da dificuldade existente, no momento das leituras, em definir a fronteira entre a manta morta, propriamente dita, e a matéria orgânica incorporada no solo, do que da perda de solo. A dificuldade tornava-se maior quando, sobretudo nas leituras de inverno (quadro 13), havia uma camada muscínea que cobria o solo.

É na plantação de eucalipto que se verificam as maiores perdas ao longo do período de amostragem (H 1: -11,28 mm; H 2: -5,34 mm). Sem dúvida que a desprotecção do solo em termos de manta morta e vegetação herbácea e arbustiva, a menor capacidade de infiltração e os valores mais elevados de escoamento propiciam tais resultados. É a estrutura granular do solo conjuntamente com pequenos ramos de eucalipto caídos que exercem, pontualmente, uma protecção da parte superficial do solo provocando o aparecimento de micro chaminés de fada (fot. 15). São também estes factores que originam as grandes variações de valores em termos de perdas e ganhos nas medições individuais (fot. 16).

Para todo o período de amostragem (Agosto 91 a Fevereiro 94) a tendência, em praticamente todos os tipos de uso do solo, é para a ocorrência de perdas de solo, destacando-se a plantação de eucalipto com um balanço médio de -4,33 mm (quadro 13); a única excepção é o eucalipto regenerado que apresentou um balanço médio positivo de 3,44 mm.



Fot. 15 - Pormenor das micro chaminés de fada provocadas pela estrutura granular do solo.



Fot. 16 - Aspecto do desnível das varetas, provocado por pequenos ramos acumulados no solo, quando se fazia uma leitura das estacas de erosão na plantação de eucalipto*

3. 2. *Caixas de erosão soltas*

Quando da instalação das parcelas foram também colocadas, em apenas duas vertentes²⁰, três caixas de erosão soltas, isto é, as caixas de erosão foram introduzidas no solo, em locais particulares da vertente, sem que as mesmas correspondam a uma área delimitada. Duas dessas três caixas foram colocadas na plantação de eucalipto, uma delas na base da vertente (caixa solta n^o 1) e outra junto à parcela de erosão (caixa solta n^o 2) e, finalmente, a terceira caixa foi instalada no pinheiro adulto também muito próximo da respectiva parcela de erosão. Como facilmente se compreende, os resultados nunca poderiam ser apresentados em unidade de peso por unidade de área, dado que as áreas das vertentes não eram iguais. Para que os resultados pudessem ser comparados com os obtidos nas parcelas experimentais instaladas, optámos por analisá-los

²⁰ No momento apenas tínhamos 3 caixas de erosão disponíveis pelo que não nos foi possível colocar uma caixa em cada uma das vertentes seleccionadas. Tivemos, por isso, que optar em quais das vertentes pretendíamos colocar as caixas de erosão sobranes. A escolha recaiu na plantação de eucalipto por pensarmos que seria nessa vertente que obteríamos perdas de solo mais elevadas e, pelo motivo contrário, na vertente do pinheiro adulto.

em termos de perdas por unidade de precipitação. As perdas de solo referem-se ao peso total do material seco recolhido nas caixas de erosão sem se fazer a distinção entre peso de sedimento e peso de matéria orgânica.

No quadro 14, para além dos valores das perdas de solo obtidos nas caixas soltas, incluímos, também, os valores das perdas de solo nas parcelas respectivas. O pinheiro adulto apresenta valores de perdas bastante reduzidos (de 0,00 a 0, Hg/mm) e não há diferenças significativas entre os valores das perdas de solo por unidade de precipitação entre a caixa solta e a caixa da parcela. Aliás, os valores encontrados para todo o período de amostragem são iguais (0,03g/mm). Estas perdas correspondem, quase na totalidade, a matéria orgânica da manta morta do solo constituída, essencialmente, por agulhas de pinheiro.

Quadro 14
Valores de perdas de solo das caixas de erosão comparativamente aos valores obtidos nas caixas das respectivas parcelas de erosão

Período da recolha	Precipitação (mm)	PINHEIRO ADULTO				PLANTACÃO DE EUCALIPTO					
		Caixa Solta		Parcela de erosão		Caixa Solta 1		Caixa Solta 2		Parcela de erosão	
		Perda de solo*		Perda de solo *		Perda de solo*		Perda de solo *		Perda de solo *	
		g	g/mm	g	g/mm	g	g/mm	g	g/mm	g	g/mm
12 Nov 92 a 28 Jan 93	421	45,14	0,11	16,97	0,04	786,37	1,87	350,78	0,83	1135,39	2,70
28 Jan 93 a 3 Mar 93	53	4,46	0,08	11,73	0,22	15,4	0,29	21,31	0,40	69,38	1,31
3 Mar 93 a 8 Abr 93	86	3,91	0,05	6,19	0,07	119,76	1,39	149,89	1,74	188,12	2,19
8 Abr 93 a 3 Jun 93	580	12,61	0,02	17,63	0,03	575,37	0,99	734,71	1,27	1126,84	1,94
3 Jun 93 a 11 Jul 93	68	5,46	0,08	10,52	0,15	567,67	8,35	957,11	14,08	843,88	12,41
11 Jul 93 a 23 Set 93	314	7,55	0,02	12,26	0,04	327,98	1,04	568,86	1,81	691,69	2,20
23 set 93 a 1 Nov 93	513	2,03	0,00	10,61	0,02	314,67	0,61	713,79	1,39	1439,65	2,81
1 Nov 93 a 17 Dez 93	311	2,96	0,01	2,18	0,01	108,55	0,35	104,03	0,33	234,09	0,75
17 Dez 93 a 2 Fev 94	473	2,69	0,01	4,74	0,01	185,88	0,39	172,2	0,36	524,65	1,11
2 Fev 94 a 28 Abr 94	359	6,69	0,02	6,79	0,02	102,94	0,29	170,56	0,48	239,28	0,67
28 Abr 94 a 22 Jun 94	415	2,68	0,01	5,42	0,01	499,99	1,20	208,98	0,50	519,29	1,25
12 Nov 92 a 22 Jun 94	3593	96,18	0,03	105,04	0,03	4007,58	1,12	4581,9	1,28	7012,26	1,95

(*) Nas perdas de solo foi considerado o peso total do material recolhido nas caixas de erosão sem se fazer a distinção entre peso de sedimento e de matéria orgânica.

Os valores das perdas de solo nas caixas soltas da plantação de eucalipto são, sem dúvida, superiores aos encontrados no pinheiro adulto. De destacar os valores do período de recolha de 3 de Junho a 11 de Julho de 1993 em que, com apenas 68 mm de precipitação, se registaram os maiores valores encontrados para as duas caixas soltas e para a parcela (8,35g/mm, 14,08g/mm e 12,41g/mm, respectivamente). A precipitação ocorrida terá sido bastante intensa, provocando uma escorrência elevada, de forma a permitir valores de perdas dessa ordem de grandeza. Não podemos esquecer que este período de recolha corresponde à época de verão, época essa em que o solo da plantação está mais

seco, pulverulento e apresenta uma capacidade de infiltração mais reduzida (quadro 14). De qualquer forma, os valores das perdas por unidade de precipitação de todo o período de amostragem (12 de Novembro de 1992 a 22 de Junho de 1994), quer das caixas soltas, quer da parcela da plantação de eucalipto, são muito próximos, apesar da supremacia do valor da parcela (quadro 14).

3. 3. *Parcelas de erosão*

As parcelas de erosão, como anteriormente referimos, foram instaladas em quatro vertentes com diferentes tipos de uso do solo e tinham por objectivo a quantificação das perdas de solo e a comparação das taxas de erosão obtidas nas diferentes parcelas. A sua monitorização iniciou-se em 12 de Novembro de 1992, estando todas completamente operacionais a partir de 28 de Janeiro de 1993 (quadro 15).

Os resultados obtidos durante o período de amostragem, embora curto, demonstram as tendências da variação das taxas de erosão com o tipo de uso do solo florestal (quadro 15). As perdas totais de solo foram subdivididas em perda de sedimento e perda de matéria orgânica, expressas em g/m^2 e em percentagem em relação ao peso total de perdas. A parcela da plantação de eucalipto é aquela que apresenta valores de perdas de solo bastante superiores relativamente aos obtidos nos restantes tipos de uso. De referir que para todo o período de amostragem - cerca de ano e meio -, o valor de perdas totais para esta parcela é da ordem das 4 toneladas por hectare (4380 Kg/ha) enquanto que para as restantes parcelas as perdas totais oscilam entre 30 Kg/ha e 65 Kg/ha. A parcela de pinheiro regenerado é, por seu lado, aquela que apresenta os valores de perdas mais baixos (30 Kg/ha). Nada alheio a este facto está o tipo de sub-bosque desta vertente. A densidade da vegetação arbustiva existente nesta parcela favorece a intercepção da precipitação dificultando a sua chegada ao solo. Como consequência, não só se reduzem os valores de escoamento superficial, como o efeito do salpico diminui, não se alterando a estabilidade dos agregados. As perdas de solo serão então, obviamente, menores. O pinhal adulto apresenta uma taxa de erosão superior à do eucalipto regenerado (65Kg/ha e 44 Kg/ha, respectivamente). Neste caso, é sobretudo o tipo de manta morta que cobre o solo do eucalipto regenerado, fundamentalmente ritidomas, que poderá ser apontado como um dos factores explicativos da taxa de erosão ser inferior à observada no pinhal adulto. Os ritidomas dos eucaliptos são fibras bastante resistentes a uma rápida degradação, permanecendo no solo durante bastante tempo sem que se faça a sua decomposição. Neste entretanto, vão sendo bastante eficazes na protecção da parte superficial do solo. Em relação ao valor registado para o pinheiro adulto (65Kg/ha) convém referir, a propósito, que este valor diz respeito, sobretudo, a uma grande quantidade de matéria orgânica e não tanto a perdas de sedimento (79 % de perda de matéria orgânica contra 21 % de perda de sedimento). As agulhas do pinheiro, pela sua forma, são facilmente arrastadas pela escorrência para dentro da caixa de erosão. A camada muscínea subjacente contribui também para o desenrolar deste processo, servindo como que de um "tapete rolante" para a deslocação da caruma.

Se pormenorizarmos a análise dessas taxas de erosão, verificamos que a percentagem de perdas de matéria orgânica é sempre superior à percentagem de perda de sedimento para qualquer uma das parcelas, com excepção da plantação de eucalipto onde dominam as perdas de sedimento em relação à de matéria orgânica (quadro 15). Contrariando esta tendência, a plantação de eucalipto regista no período entre 28 de Janeiro e 8 de Abril de 1993 uma perda de matéria orgânica superior à do sedimento. Tal facto foi devido à ocorrência de "geada negra"²¹, respectivamente nos dias 23 de Fevereiro e 2 de Março em que se registaram temperaturas mínimas da ordem dos -1°C e -2°C , que "secou" o eucalipto e provocou a queda da folha "queimada" (fot. 17) e de pequenos ramos. Embora o eucalipto (*Eucalyptus globulus*) seja uma espécie arbórea com



Fot. 17 - Aspecto da folha de eucalipto queimada pela "geada negra".

Os termos "geada branca" e "geada negra" referem-se, fundamentalmente, aos efeitos visuais produzidos quando da ocorrência do fenómeno e relacionam-se mais com os factores micrometeorológicos do que com os macrometeorológicos. As massas de ar húmido produzem, geralmente, "geadas brancas" e as de ar seco "geadas negras". A "geada negra" é uma adversidade agrícola reconhecida que ocorre quando a descida da temperatura, abaixo dos 0°C , não é acompanhada de formação de gelo, isto é, quando o vapor de água existente na massa de ar é tão escasso que, apesar do arrefecimento nocturno, não chega a atingir o ponto de saturação e, obviamente, não se dá a formação de gelo. A sua designação é dada pela cor negra que adquirem os cobertos vegetais, no dia seguinte ao da ocorrência da geada, ao serem destruídos pelo frio.

grande capacidade de adaptação a condições ecológicas díspares, as temperaturas baixas são um dos factores limitativos ao desenvolvimento desta espécie. Praticamente todos os eucaliptais das redondezas apresentavam o mesmo aspecto evidenciando-se, sobretudo, nos de menor idade. A folhagem atapetou o solo da plantação de eucalipto protegendo-o do efeito do salpico provocado pelas gotas de chuva e da acção da escorrência. O escoamento superficial teria, assim, arrastado mais folhagem para as caixas de erosão do que sedimento. No pinhal, quer adulto quer regenerado, não se notou qualquer reacção da espécie a estas temperaturas baixas.

No quadro 16 apresenta-se a variação das taxas de erosão das diferentes parcelas, por unidade de precipitação, ocorrida durante cada um dos períodos de recolha de perdas de solo. É notória a supremacia dos valores das perdas de solo, por unidade de precipitação, ocorrida durante todo o período de amostragem (12 de Novembro 92 a 22 Junho de 94), registados na plantação de eucalipto (0,122g/m²/mm), face aos observados nos restantes tipos de uso do solo (valores que se situam entre 0,001 e 0,002g/m²/mm).

Quadro 16
Variação das taxas de perdas de solo das parcelas por unidades de precipitação para o período de 12 de Novembro de 1992 a 22 de Junho de 1994.

Período da recolha	Precipitação (mm)	PLANTAÇÃO EUCALIPTO		EUCALIPTO REGENERADO		PINHAL ADULTO		PINHEIRO REGENERADO	
		Perdas de solo*		Perdas de solo *		Perdas de solo *		Perdas de solo *	
		g/m ²	gta ² /mm	g/m ²	gta ² /mm	g/m ²	gta ² /mm	g/m ²	gta ² /mm
12 Nov 92 a 28 Jan 93	421	71.00	0.169	0.77	0.002	1.06	0.003	0.72	0.002
28 Jan 93 a 3 Mar 93	53	4.33	0.082	0.10	0.002	0.73	0.014	0.06	0.001
3 Mar 93 a 8 Abr 93	86	11.76	0.137	0.28	0.003	0.39	0.005	0.09	0.001
8 Abr 93 a 3 Jun 93	580	70.43	0.121	0.41	0.001	1.10	0.002	0.38	0.001
3 Jun 93 a 11 Jul 93	68	52.74	0.776	0.24	0.004	0.66	0.010	0.30	0.004
11 Jul 93 a 23 Set 93	314	43.23	0.138	0.81	0.003	0.77	0.002	0.38	0.001
23 set 93 a 1 Nov 93	513	89.98	0.175	0.26	0.001	0.66	0.001	0.32	0.001
1 Nov 93 a 17 Dez 93	311	14.63	0.047	0.09	0.000	0.14	0.000	0.27	0.001
17 Dez 93 a 2 Fev 94	473	32.79	0.069	0.28	0.001	0.30	0.001	0.16	0.000
2 Fev 94 a 28 Abr 94	359	14.96	0.042	0.91	0.003	0.42	0.001	0.25	0.001
28 Abr 94 a 22 Jun 94	415	32.46	0.078	0.29	0.001	0.34	0.001	0.14	0.000
12 Nov 92 a 22 Jun 94	3593	438.26	0.122	4.41	0.001	6.56	0.002	3.07	0.001

(*) Nas perdas de solo foi considerado o peso total do material recolhido nas caixas de erosão sem se fazer a distinção entre peso de sedimento e de matéria orgânica.

Os valores registados não revelam qualquer padrão sazonal de perdas de solo como acontece em trabalhos de investigação realizados em áreas próximas (C. COELHO *et al.*, 1991). Convém lembrar, a este propósito, que o nosso período de amostragem abrangeu, fundamentalmente, períodos anormalmente secos para as diferentes épocas do ano, de acordo com os valores normais para Campia de 1931-1993, pelo que se justifica não só a inexistência deste padrão, como também o facto da maior perda se ter registado, em todas as parcelas, na época de verão.

De facto, o maior valor de perda de solo por unidade de precipitação, ocorre no período de 3 de Junho a 11 de Julho de 1993 para, apenas, 68 mm de precipitação registada (quadro 16), com especial destaque para os valores observados na plantação de eucalipto (fig. 36). Estudos efectuados nesta temática e desenvolvidos em áreas muito próximas de Macieira de Alcôba, referem que os solos secos durante o verão desenvolvem, próximo da superfície, uma camada hidrofóbica que facilita a produção de escoamento superficial (C. COELHO et al, 1991). Em período seco as partículas de solo são, também, mais facilmente destacadas por acção do efeito de salpico. Estas características, associadas a uma elevada erosividade do(s) episódio(s) chuvoso(s) ocorrido(s) neste período, poderiam ter provocado tais valores das taxas de erosão. Por outro lado, o efeito de sombra originado pelo coberto arbóreo e arbustivo e a quantidade e tipo de manta morta existente nas vertentes de pinheiro adulto, e pinheiro e eucalipto regenerado, tende a manter a humidade da camada superficial do solo. As partículas de solo ficam, então, mais coesas, reduzindo quer o efeito do impacto das gotas de chuva quer o da escorrência, traduzindo-se, nestas parcelas, em baixos valores de taxas de erosão por unidade de precipitação (quadro 16 e fig. 36).

Os maiores valores de escoamento superficial produzido nem sempre originam os valores mais elevados de perdas de solo (quadro 17). Efectivamente, é na parcela de pinheiro adulto que ocorrem os maiores valores de perdas de solo, coincidentes com os períodos em que a precipitação foi mais reduzida (fig. 37) e em que os valores de escorrência estão longe de serem os valores mais elevados (quadro 17).

Quadro 17
Variação das taxas de perdas de solo das parcelas por unidades de
escoamento para o período de 12 de Novembro de 1992 a 22 de Junho
de 1994.

Período da recolha	Precipitação (mm)	Plantação de eucalipto			Eucalipto Regenerado			Pinheiro Adulto			Pinheiro Regenerado		
		Escoament m ³	Perdas Totais		Escoament	Perdas Totais		Escoament	Perdas Totais		Escoament	Perdas Totais	
		lm ²	g/m ²	g/l	lm ²	g/m ²	g/l	lm ²	g/m ²	g/l	lm ²	g/m ²	g/l
12 Nov 92 a 28 Jan 93	421	25.11	71.00	2.83	*	0.77	*	*	1.06	*	*	0.72	*
28 Jan 93 a 3 Mar 93	53	4.72	4.33	0.92	0.19	0.10	0.53	0.07	0.73	10.43	0.04	0.06	1.50
3 Mar 93 a 8 Abr 93	86	11.33	11.76	1.04	0.38	0.28	0.74	1.67	0.39	0.23	0.50	0.09	0.18
8 Abr 93 a 3 Jun 93	580	38.46	70.43	1.83	1.57	0.41	0.26	1.32	1.10	0.83	1.26	0.38	0.30
3 Jun 93 a 11 Jul 93	68	7.44	52.74	7.09	0.36	0.24	0.67	0.07	0.66	9.43	0.27	0.30	1.11
11 Jul 93 a 23 Set 93	314	23.19	43.23	1.86	2.73	0.81	0.30	2.89	0.77	0.27	2.19	0.38	0.17
23 Set 93 a 1 Nov 93	513	25.42	89.98	3.54	2.87	0.26	0.09	0.80	0.66	0.83	2.17	0.32	0.15
1 Nov 93 a 17 Dez 93	311	25.38	14.63	0.58	0.93	0.09	0.10	0.55	0.14	0.25	1.10	0.27	0.25
17 Dez 93 a 2 Fev 94	473	19.35	32.79	1.69	2.36	0.28	0.12	1.50	0.30	0.20	6.75	0.16	0.02
2 Fev 94 a 28 Abr 94	359	24.42	14.96	0.61	2.95	0.91	0.31	1.39	0.42	0.30	1.26	0.25	0.20
28 Abr 94 a 22 Jun 94	415	35.77	32.46	0.91	4.58	0.29	0.06	2.24	0.34	0.15	7.40	0.14	0.02
12 Nov 92 a 22 Jun 94	3593	241	438.26	1.82	19	4.41	0.23	13	6.56	0.52	23	3.07	0.13

(*) Não foi possível obter informação sobre a quantidade de escoamento superficial por os tanques de armazenamento ainda não terem sido colocados nestas parcelas.

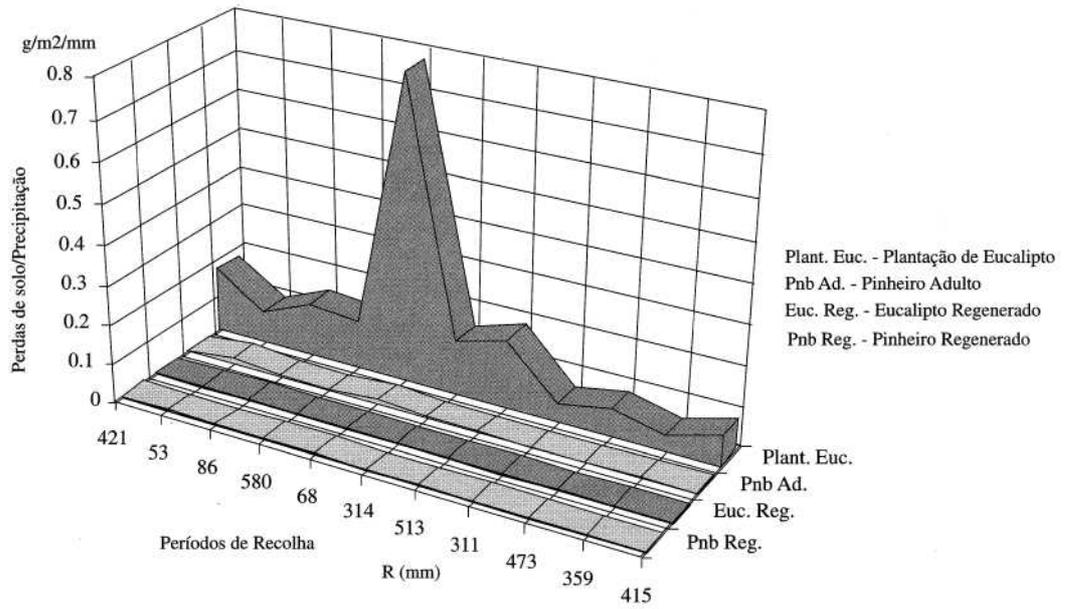


Fig. 36 - Perdas de Solo em cada período de recolha por unidade de precipitação

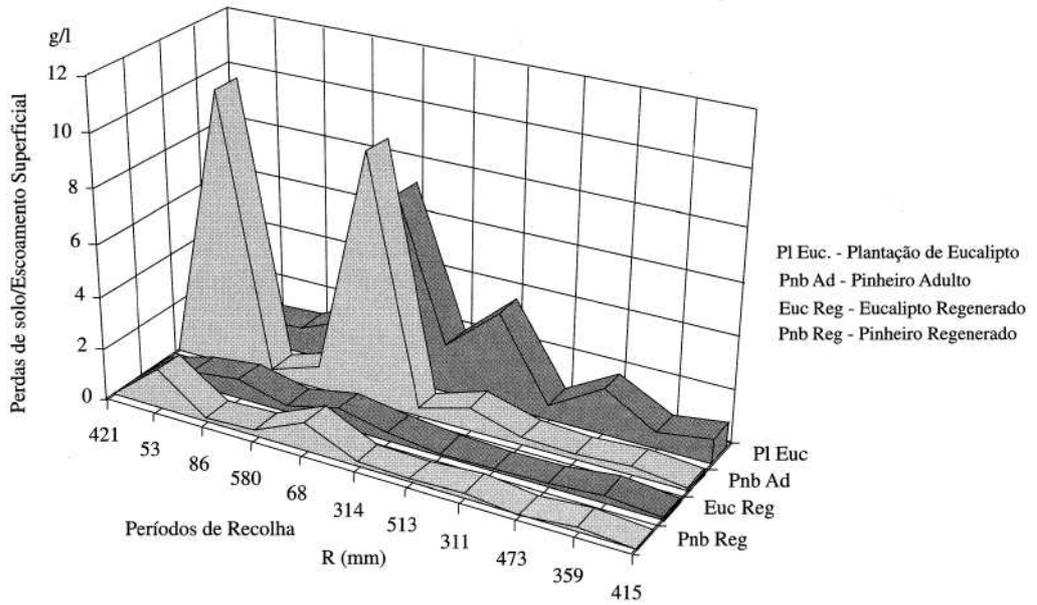


Fig. 37 - Perdas de Solo em cada período de recolha por unidade de escoamento superficial.

Estes resultados não correspondem a uma perda efectiva de sedimento uma vez que esta perda é, nestes dois períodos, de 92% e de 86% de matéria orgânica, respectivamente (quadro 15). A plantação de eucalipto continua, no entanto, a ser aquela que regista, em praticamente todos os períodos, maior valor de perdas de solo por unidade de escoamento superficial produzido (fig. 37). A fraca relação que se verifica entre perda de solo e escoamento superficial deixa antever que outras variáveis como, por exemplo, a intensidade do episódio chuvoso e a quantidade de manta morta, terão um peso maior neste processo erosivo.

Para permitir uma comparação mais rápida dos resultados entre os diferentes tipos de uso do solo, elaborámos uma figuração esquemática das respostas das diversas parcelas à precipitação ocorrida durante todo o período de amostragem (fig. 38). Apesar de parâmetros topográficos e pedológicos semelhantes, como o declive e a textura, as vertentes seleccionadas apresentaram resultados de produção de escoamento superficial e taxas de perdas de solo diferentes. Os valores obtidos neste estudo revelam que o tipo de coberto arbóreo e arbustivo, bem como a manta morta, exercem um efeito importante na produção de escoamento superficial, capacidade de infiltração e perdas de solo, para valores idênticos de precipitação.

E na plantação de eucalipto que se observam os valores mais elevados, quer de escoamento, quer de perda de solo, que chega a atingir, em 18 meses de registos, as 4 toneladas por hectare (4380 Kg/ha). Para estes solos graníticos delgados tais resultados são, obviamente, indesejáveis. A redução da espessura do solo facilita o aparecimento de afloramentos rochosos, tornando esse solo improdutivo e, conseqüentemente, desprovido de vegetação. No entanto, quando os eucaliptos regenerados atingem uma idade adulta (6 a 8 anos) os valores das perdas de solo reduzem-se (44 Kg/ha), atingindo valores inferiores aos registados no pinhal adulto (65 Kg/ha). A característica da manta morta do eucalipto regenerado é a principal responsável por estas diferenças. Apesar da taxa de perda de solo do pinhal adulto ser superior à do eucalipto regenerado, esta corresponde, fundamentalmente, a elevadas perdas de matéria orgânica e não a perdas de sedimento (fig. 38). Os valores mais baixos das taxas de perda de solo ocorrem no pinheiro regenerado e são originadas, sobretudo, pela vegetação arbustiva densa que exerce uma eficaz acção de protecção do solo.

A bibliografia portuguesa disponível sobre o cálculo de taxas de erosão, resultantes das práticas culturais de um processo de reflorestamento, é escassa. A comparação de resultados não se revela, por isso, tarefa fácil. A dificuldade está ainda, entre outros factores, a diversidade das metodologias utilizadas, dos tipos de cobertos arbóreos, de solos e das características climáticas, fundamentalmente da precipitação, onde se efectuam os diferentes trabalhos de investigação. Tentámos encontrar trabalhos que nos permitissem, de alguma forma, servir de referência para os nossos resultados. Considerando que uma comparação fiável exige, pelo menos, metodologias estandardizadas, optámos por comparar os nossos resultados com os obtidos no Projecto de Investigação

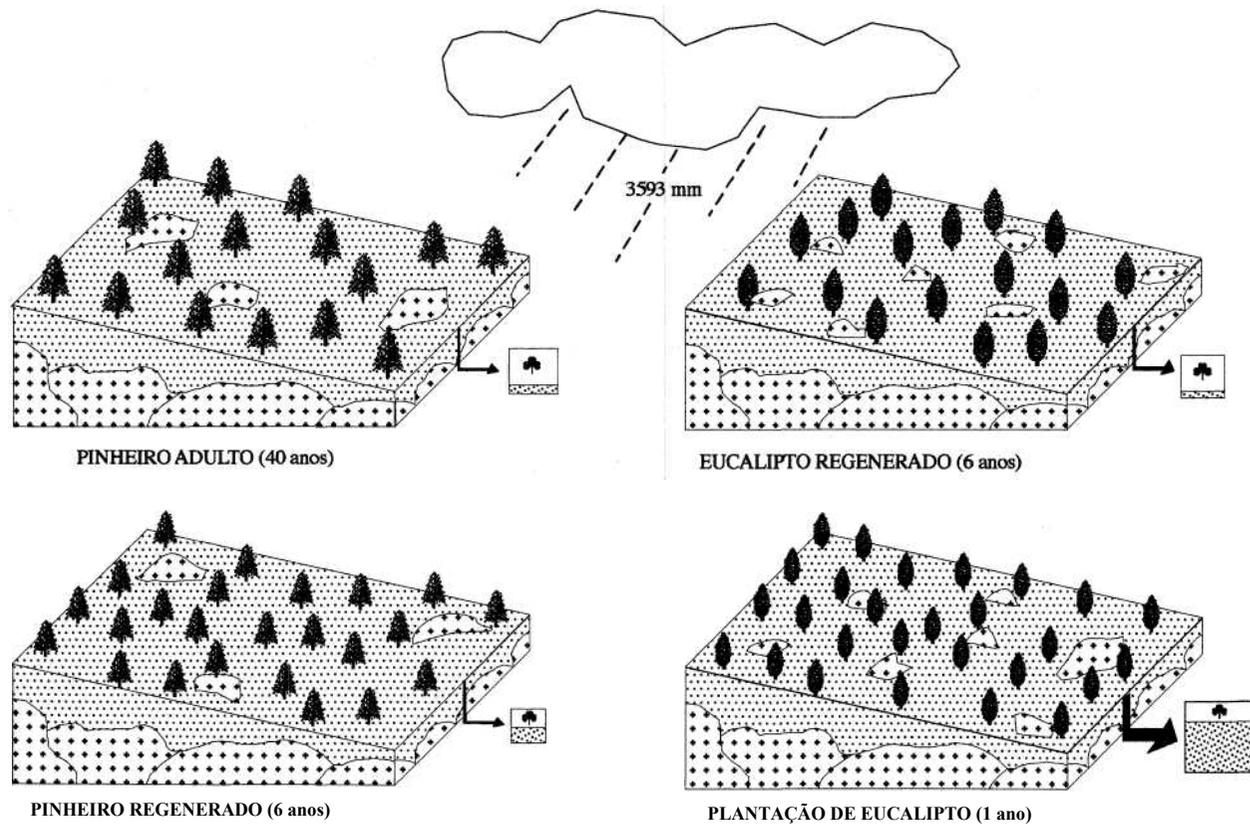


Fig. 38 - Ilustração esquemática dos resultados obtidos nas parcelas de erosão desde 12 de Novembro de 1992 a 22 de Junho de 1994.

Representação figurativa da precipitação, escoamento superficial  e quantidade de perdas de solo  (matéria orgânica  e sedimento ).

desenvolvido pelo Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro e pelo Departamento de Geografia da Universidade de Swansea, uma vez que as metodologias, tipos de cobertos vegetais e declive das vertentes são semelhantes e as áreas de investigação são próximas (quadro 18).

A comparação destes resultados deve, no entanto, ser vista com precaução, pois o período de amostragem, a quantidade de precipitação e a idade dos cobertos não são correspondentes. Para obviar a estes problemas, as taxas de erosão foram calculadas a partir, apenas, da perda de sedimento, dividindo esse valor pela precipitação ocorrida no respectivo período de amostragem. Para que a taxa de erosão obtida correspondesse, tanto quanto possível, ao valor de um ano normal e não a um período anormalmente seco como foi o nosso caso, multiplicámos o resultado obtido pelo valor médio anual da precipitação para Campia (1878,8 mm), calculada a partir dos registos de 1931-1993.

Embora sem um quadro de referência próprio para a plantação de eucalipto, que foi monitorizada com as estacas de erosão 3 meses após a sua plantação e 9 meses mais tarde com a parcela experimental, consideramos que estes poderiam ser, pelo menos, comparados com os valores obtidos nos terrenos lavrados, com mais de 1 ano, do P I. A. S. (Projecto de Investigação Aveiro/Swansea). Isto porque, para a armação de ambos os terrenos, se utilizou a maquinaria. No primeiro foi feita, apenas, a ripagem e gradagem e no segundo a armação foi feita com vala e cômodo.

As taxas de erosão no pinheiro adulto são, nos dois projectos de investigação, da mesma ordem de grandeza, enquanto que o mesmo não acontece no pinheiro regenerado (quadro 18). Neste caso, parece-nos que a maior idade do povoamento de Macieira de Alcôba - que teria permitido o desenvolvimento de uma camada muscínea e de um sub-bosque mais denso -, poderá ser um dos factores explicativos da menor taxa de erosão verificada. O efeito da idade do povoamento é notório no eucalipto regenerado. Com apenas 3 anos os eucaliptos não produzem a mesma quantidade de biomassa que os eucaliptos de 6 anos. Na parcela de Macieira de Alcôba, a acumulação dos ritidomas, da folhagem e pequenos ramos dos eucaliptos acaba por exercer uma acção de protecção do solo mais eficaz do que na parcela de pinheiro regenerado (quadro 18). Embora tenham ambos sofrido a intervenção das máquinas para a preparação do terreno, a presença dos eucaliptos na parcela de Macieira de Alcôba, embora muito jovens, parece ter influenciado a diminuição das taxas de erosão, em comparação com as observadas para a parcela de terreno lavrado de Castanheira do Vouga. Por outro lado, a existência, nesta última parcela, de vala e cômodo facilita a acção da escorrência e, obviamente, propicia o aumento das taxas de erosão.

Depois de apresentados e discutidos os resultados obtidos, parece-nos razoável fazer uma síntese parcial das principais conclusões, embora estas apareçam, de forma mais desenvolvida e enquadradas na síntese geral de todo o trabalho, no capítulo seguinte. Assim, em termos de escoamento superficial, os valores encontrados na parcela da plantação de eucalipto superam, em larga

Quadro 18

Taxas de erosão obtidas nas parcelas experimentais de Macieira de Alcôba (R C. F.) e nas de Castanheira do Vouga (R I. A. S.).

	Período Amostragem	R(mm)	PINHEIRO ADULTO						PINHEIRO REGENERADO						EUCALIPTO REGENERADO						PLANTADO	ÁREA (P.C.)	EUCALIPTO (P.C.)	F. / TERRENO LAVRADO (P.L.A.S.)							
			PERDAS DE SOLO						PERDAS DE SOLO						PERDAS DE SOLO																
			Idade) Coberto	Secr	ent	Materia Orgânica	Perda	Taxa de erosão d)	Idade) Coberto	P. ERO. ASO				Perda Total	Taxa de erosão g/m2/ano	Idade) Coberto	Secr	ent	Materia Orgânica	Perda					Taxa de erosão d)	Idade) Coberto	Secr	ent	Materia	Perda Total	Taxa de erosão d)
										g/m2	%	g/m2	%																		
Castanheira do Vouga (P.L.A.S.) (Água) Cambissolos Húmicos	(U meses,	1176	40	0.50	31	69	1.60	0.7	3	3.60	6.3	2.09	37	5.69	4.9	3	1.10	1.37	55	2.47	1.5	1	365.80	128.5	26	494.35	449.1				
Macieira de Alcôba (P.C.F.) (Água) Cambissolos Húmicos Grando	Nov. 92 - Jun. 94	3593	40	1.4	21	5.21	79	6.56	0.7	6	1.43	47	1.64	53	3.07	0.7	6	0.50	11	3.91	89	4.41	0.3	1				162.3			

P. I. A. S. - Projecto de Investigação das Universidades de Aveiro / Swansea. P. C.

F. - Projecto Carmen Ferreira respeitante a este trabalho de investigação.

a) A idade do coberto refere-se à idade do mesmo no início da monitorização das parcelas.

b) Os dados foram retirados de Celeste Coelho, et al (1991) e de J. P. Terry (1992).

c) Dados por nós calculados a partir dos resultados apresentados em J. P. Terry (1992)

d) A taxa de erosão foi calculada a partir, apenas, da perda de sedimento, dividindo esse valor pela precipitação ocorrida no respectivo período de amostragem. Paia que a taxa de erosão obtida correspondesse, tanto quanto possível a um ano normal, multiplicamos o resultado obtido pelo valor médio anual da precipitação para Campia (1878,8 mm), calculada, para o P. C. F., a partir dos registos de 1931-1993. A mesma metodologia tinha sido adoptada por J. P. Terry (1992) para os dados do P. I. A. S..

medida, os registados nas restantes parcelas experimentais. Esta diferença de valores pode ser explicada, não só, pelas diferentes capacidades de infiltração da água no solo, como também, pelos desiguais quantitativos de matéria orgânica observados em cada uma das parcelas.

Quanto às perdas de solo, a supremacia é também para a plantação de eucalipto, facto perfeitamente evidenciado quer pelos valores da microtopografia do solo quer pelos valores obtidos na parcela de erosão. No eucalipto regenerado, contrariamente ao suposto em termos de senso comum, o balanço da microtopografia do solo é sempre positivo traduzindo-se, tal como nas restantes parcelas, em baixos valores de taxas de perdas de solo.

Os resultados encontrados revelam que a tendência é para as perdas de solo diminuírem, exponencialmente, com o tempo, após intervenção no terreno, em consequência de uma maior produção de biomassa que, caída no solo, o irá proteger do efeito do salpico da gota de chuva e da acção da escorrência. A reconversão das áreas florestais ardidadas em áreas de eucaliptal exige, pelo menos numa fase inicial, que sejam adoptadas medidas para a conservação do solo que serão apresentadas no capítulo seguinte. É que, em solos pouco espessos, as elevadas taxas de erosão verificadas numa fase inicial do crescimento desta espécie, propiciam o aparecimento dos afloramentos rochosos e, consequentemente, a inexistência de vegetação, comprometendo o futuro da paisagem portuguesa.

VI - SÍNTESE E CONCLUSÕES

As novas políticas ambientais, confrontadas com o grave problema da degradação dos solos e consequente desertificação, começam, agora, a dedicar mais atenção à qualidade e quantidade dos solos que constituem uma parte essencial de numerosos ecossistemas. A Europa Mediterrânea - pelas suas características ecológicas específicas como a aridez e a precipitação irregular mas intensa, conjuntamente com inadequados padrões de uso do solo que aumentam, consideravelmente, a degradação física e química destes -, é uma região particularmente afectada por este problema.

Em Portugal e concretamente na região de Agueda, os novos padrões de uso do solo florestal deixaram de reflectir a imagem da floresta tradicional e são agora resultado de múltiplas decisões que, na procura de retornos financeiros, se vão distanciando cada vez mais de considerações sérias sobre os impactes ambientais destes novos padrões.

Vimos, no presente trabalho, que foi a partir dos finais da década de sessenta que estes novos padrões de uso do solo surgiram em Macieira de Alcôba - freguesia do interior do concelho de Águeda situada na vertente ocidental da serra do Caramulo -, como consequência directa dos incêndios florestais que aí ocorreram. Assiste-se, assim, a uma tendência crescente de substituição das resinosas - *Pinus pinaster* - pelas espécies de rápido crescimento - *Eucalyptus globulus*. Se, em 1965, o *Eucalyptus globulus* praticamente não existia em Macieira de Alcôba, em 1993, a percentagem da área ocupada por

esta espécie é praticamente igual à do pinheiro, respectivamente, 21,7% e 23,8%. Foi, sobretudo, a partir do incêndio florestal de 1986, que o acréscimo da área ocupada por eucalipto mais se fez sentir (14,5%) em detrimento da área ocupada por pinheiro, que sofre um decréscimo de -24,6%.

A monocultura do eucalipto, explorado em regime de talhadia com cortes em cada 8 a 12 anos, surge, para os proprietários agrícolas, como a resposta mais adequada para a rentabilização rápida das terras ardidadas. Embora acusado de consumo excessivo de água e do empobrecimento e erosão hídrica dos solos, o eucalipto continua a ser a espécie "protegida" da agricultura não alimentar e a estar sujeito a políticas agrárias contraditórias ao nível nacional e europeu. Consciente de tais impactes, a União Europeia delega nos Estados-membros a avaliação e o controle das incidências desta espécie arbórea sobre o ambiente, mas continua a atribuir subsídios para as despesas de arborização com esta espécie.

Dada a atracção que o eucalipto exerce nos agricultores portugueses, torna-se, então, útil, que em acções de florestação e/ou reflorestação se avalie qual o impacte que esta espécie arbórea exerce no solo, em termos de **erosão hídrica**, analisando os seus efeitos durante as diferentes etapas de crescimento e comparando-os com os de outras espécies, nomeadamente com o pinheiro, espécie que, em geral, substitui. Apesar da consciência do problema ser antiga é, sobretudo, a partir da última década, que os geógrafos portugueses têm vindo a privilegiar os aspectos quantitativos da erosão hídrica do solo, quer em áreas agrícolas, quer em áreas florestais, que se traduzem em projectos de investigação particulares, interuniversitários e internacionais. No entanto, as metodologias utilizadas nestes estudos são diversas, dificultando uma possível comparação de resultados.

Estamos cientes de que são múltiplos os factores que intervêm no processo de erosão hídrica do solo e que, qualquer que seja a metodologia adoptada, persistirão sempre lacunas em relação à obtenção de dados sobre todos os factores intervenientes neste processo operativo. Apesar destas inconveniências, por vezes difíceis de ultrapassar, as parcelas experimentais instaladas no campo continuam a providenciar os dados mais realistas em termos de perdas de solo por unidade de área. Optámos, por isso, por utilizar as parcelas experimentais e as estacas de erosão como formas privilegiadas do desenho experimental deste projecto.

O desenho experimental utilizado em Macieira de Alcôba permitiu-nos chegar a várias conclusões.

Verificámos, antes de mais, que o valor de **escoamento superficial** na plantação de eucalipto, para o período de amostragem (Novembro 92 a Junho 94) foi entre 10 a 20 vezes superior ao observado nas duas parcelas de pinheiro e na de eucalipto regenerado. Estas diferenças nos valores da escorrência estão, entre outros factores, relacionadas com as diferentes capacidades de infiltração da água no solo calculadas para cada uma das parcelas. Esses valores calcula-

dos são, em geral, bastante elevados (entre 411mm/h e 1197mm/h), próprios de solos com textura franco arenosa, como é o nosso caso, onde a existência de macroporos favorece o processo de infiltração. A elevada percentagem de matéria orgânica no solo da parcela de pinheiro adulto (17,9% do peso inicial da amostra de solo) e, pelo contrário, a menor percentagem (9,1%) da mesma no solo da plantação de eucalipto, parecem também justificar as diferenças na capacidade média de infiltração de água no solo entre estes dois tipos de cobertos arbóreos, respectivamente, 1197mm/h e 411mm/h.

A evolução da **microtopografia do solo** permite-nos compreender, a uma outra escala de análise, a evolução da respectiva vertente, pois os processos e a dinâmica que as determinam são idênticos. Os resultados encontrados para as estacas de erosão permitem-nos inferir que a vertente onde foi feita a plantação de eucalipto poderá evoluir, nesta fase inicial da plantação, de forma mais rápida do que as restantes vertentes, já que foi neste tipo de uso do solo que se verificaram as maiores perdas. Contrariamente ao suposto, em termos de senso comum, é no eucalipto regenerado - que pode ser considerado pela sua idade (6 anos) como próximo da idade adulta -, que se observa um balanço positivo em todas as medições da microtopografia do solo. Tal facto parece significar que a partir do momento em que o eucalipto atinge uma determinada idade e a sua produção de biomassa é avultada, este passa a exercer uma acção de protecção do solo tanto ou mais eficaz quanto o pinheiro adulto ou regenerado.

Os resultados das estacas de erosão são corroborados pelos valores de perdas de solo encontrados para as diferentes **parcelas experimentais**. Assim, a plantação de eucalipto é aquela que apresenta uma maior taxa de perda de solo para todo o período de amostragem, cerca de 4 toneladas por hectare (4380 Kg/ha), enquanto que o pinheiro adulto (65 Kg/ha), eucalipto regenerado (44 Kg/ha) e pinheiro regenerado (30 Kg/ha), o seguem em termos de ordem de grandeza de perdas de solo. Estes valores de perdas de solo dizem respeito às perdas totais, ou seja, às perdas de sedimento e de matéria orgânica. A análise pormenorizada destas taxas de perdas de solo, permite-nos afirmar que é a elevada percentagem de perda de matéria orgânica (79%) e não a perda de sedimento (21%) que justifica o valor da taxa de perda de solo registada para o pinheiro adulto face aos observados nas restantes parcelas. Aliás, a perda de matéria orgânica é sempre superior à do sedimento em todas as parcelas, com excepção da plantação de eucalipto, onde uma situação destas ocorreu apenas casualmente, perante condições meteorológicas que o justificaram.

As perdas de solo não apresentam uma relação directa quer com os valores da precipitação quer com os de escoamento superficial. Esta situação leva-nos a supor que outras variáveis, como a intensidade do episódio chuvoso e a quantidade de manta morta no solo, não quantificadas no nosso projecto, terão uma importância maior neste processo erosivo. De facto, é nas parcelas em que abunda a manta morta - caso das parcelas de pinheiro onde uma camada

muscínea e de caruma as cobre praticamente a 100% e da parcela de eucalipto regenerado com a acumulação de ritidomas e folhada -, que se observam as menores perdas de solo. As substâncias húmicas dos solos onde abunda a manta morta criam uma maior estabilidade aos agregados dificultando, deste modo, a remoção das partículas.

Para além da quantidade de manta morta presente no solo, a idade do coberto arbóreo e a densidade do sub-bosque parecem, também, exercer uma forte influência nas **taxas de erosão anuais**, quando estas são comparadas com idênticos valores de povoamentos da mesma espécie mas com idades diferentes, obtidos em outros projectos de investigação. M. NEWSON (1992 b) refere que as questões que dizem respeito à hidrologia dos cobertos permanece ainda muito confusa por não se terem produzido melhoramentos nas observações quantificáveis, sobretudo no que diz respeito à quantificação da evaporação, processo dominante ao nível dos cobertos. Apesar destas limitações, alguma bibliografia existente aponta para uma maior intercepção feita pela copa dos povoamentos de pinheiros em relação aos valores observados para povoamentos de eucaliptos (A. FERREIRA, 1995; F.A.O., 1987). O que parece ainda não existir são estudos referentes à intercepção feita, para uma só espécie, em estádios de desenvolvimento diferentes.

Os valores das taxas de erosão calculadas para os povoamentos arbóreos estudados em Macieira de Alcôba são, para já, negligenciáveis, se aceitarmos como taxa máxima para este tipo de solo o valor de 1100g/m²/ano, proposto por Diaz-Fierros, *et ai.* (in J. TERRY, 1992). Neste caso e atendendo aos nossos valores, parece apenas ser necessário que se tomem medidas de conservação do solo enquanto os povoamentos de eucalipto são jovens. Vários são os autores (A. MOLCHANOy 1971; C. COELHO *et ai.*, 1991; J. TERRY, 1992) que, para vertentes com declives próximos de 20°, como é o nosso caso, sugerem, como fundamentais, as seguintes medidas para redução do escoamento e, conseqüentemente, das perdas de solo:

- Plantação de povoamentos arbóreos mistos, de resinosas e folhosas, por forma a permitir as melhores condições de decomposição da folhada;
- Evitar os cortes rasos de áreas extensas e a total desprotecção do solo, até que seja assegurada a regeneração natural.
- O corte da madeira deverá, assim, ser o mais tardio possível, de modo a permitir que a folhagem das árvores queimadas se liberte e possa cobrir o solo formando uma camada protectora.

A. IMESON (1995) é de opinião que mais importante do que as perdas de solo é a sua degradação. Com efeito, se os incêndios florestais continuarem a afectar Macieira de Alcôba, a combinação dos seus efeitos no solo, conjuntamente com as subsequentes substituições dos povoamentos de *Pinus pinaster* pelas monoculturas de *Eucalyptus globulus*, perspectivam para esta região, se não forem tomadas medidas de conservação, uma degradação do solo e da paisagem. Sabendo da pouca espessura dos solos desta área teremos que nos questionar sobre quantos ciclos de fogos florestais e de reflorestamentos podem os

solos de Macieira de Alcôba suportar, antes do aparecimento dos afloramentos graníticos e de se entrar num caminho, sem retorno, de degradação da paisagem.

Estamos conscientes de que, nesta problemática, muito fica por compreender e muito mais haveria a estudar e a discutir em tão complicado processo de evolução de vertentes e de modelação da paisagem. Mas, como afirma M. GODINHO (1980, p. 249), " (...) também a nós mesmo assiste considerável margem de liberdade para, no futuro, podermos eventualmente ajustar ou aperfeiçoar as nossas próprias ideias."

BIBLIOGRAFIA

1. Fontes Cartográficas e Fotográficas

Carta Agrícola e Florestal de Portugal, Lisboa, Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (S.R.OA.), 1960 - 1965, escala 1:25.000, folha n^o 187 - Guardão (Tondela). *Carta Corográfica de Portugal*, Lisboa, Instituto Geográfico e Cadastral, escala 1:100.000, n^o 16 - Aveiro. *Carta Militar de Portugal*, Lisboa, Serviços Cartográficos do Exército, escala 1:25.000, n^o 187 - Guardão (Tondela). *Fotografia Aérea - Voo* 1974, Lisboa, Instituto Geográfico e Cadastral, escala aproximada 1:15.000, fiada 21 (rolo 171/74) e fiada 22 (rolo 183/74). *Fotografia Aérea - Voo* 1985, Lisboa, Instituto Geográfico e Cadastral, escala aproximada 1:15.000, fiada 40 (rolo 85.30) e fiada 41 (rolo 85.31). *Fotografia Aérea - Voo* 1989, Lisboa, Instituto Geográfico e Cadastral, escala aproximada 1:15.000, fiada 41 e 42 (rolo 89.26).

2. Obras de referência e estudos

ALBALADEJO, J.; STOCKING, M. A; DÍAZ, E. (1990) - *Degradación y Regeneración dei Suelo en Condiciones Ambientales Mediterrâneas*, s/l., Consejo Superior de Investigaciones Científicas. ALCOFORADO, M. João (1984) - *Quelques remarques sur l'évolution séculaire des précipitations à Lisbonne*, in "Três estudos de Geografia Física", Lisboa, C.E.G., p. 12 - 27. ALLISON, Robert J. (1990) - Slopes and slope processes, "Progress in Physical Geography", London, 14, (3), p. 373 - 387. AVERY, B. W; BASCOMB, C. L., eds. (1987) - *Soil Survey Laboratory Methods*. 3^ª ed, London, Adlard & Sons Ltd., (Soil Survey Technical Monograph n^o 6). BARBOSA, Fernando (1993) - *Incêndios Florestais - Novas Linhas de Orientação da Política de Prevenção Florestal*, in "Seminário sobre Fogos Florestais, Defesa e Ordenamento da Floresta e do Espaço Rural", Coimbra, Assembleia da República - Comissão de Agricultura e Mar, (sep. policop.). BARREIROS, E Barbosa (1989) - *Estudo da erodibilidade de algumas unidades-solo*. Oeiras, (Dissertação para Investigador Auxiliar, I. N. I. A. - Estação Agronómica Nacional). BATES, R. L.; JACKSON, J. A. (1987) - *Glossary of Geology*. 3^ª ed, New York, American Geological Institute.

- BECHER, H. H. (1988) - *Soil erosion and soil structure*. "Catena", Amsterdam, Supplement 11, p. 15 - 20.
- BETTENCOURT, M. L. (1984) - *Frequência da ocorrência de anos secos e chuvosos em Portugal*, "O Clima de Portugal", Lisboa, I. N. M. G., (fascículo XXX).
- BIROT, E (1949) - *Les surfaces d'erosion du Portugal central et septentrional*, "Rapport Comm. Cartogr. Surf. Aplan.", Congrès Int. Géog., Lisboa, U.G.I, p. 9- 116.
- BIROT, E (1981) - *Les processus d'érosion à la surface des continents*. Paris, Masson.
- BOAKES, David (1989) - *Measurements of soil loss using wash traps on steep slopes, Águeda basin, Portugal: some technical considerations*, "Swansea Geographer", Swansea, 26, p. 77 - 82.
- BOTELHO DA COSTA, J. (1952) - *A água no solo*. Lisboa, Liv. Sá da Costa.
- BOTELHO DA COSTA, J. (1991) - *Caracterização e Constituição do solo*, 4^a ed., Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- BRUM FERREIRA, A. (1978) - *Planaltos e Montanhas do Norte da Beira. Estudo de Geomorfologia*. Lisboa, C.E.G., (Memórias do Centro de Estudos Geográficos, n^o4).
- BRUNORI, E; PENZO, M. C; TORRI, D. (1989) - *Soil shear strength: its measurement and soil detachability*, "Catena", Amsterdam, 16, p. 59-71.
- CABRAL, Amílcar (1988) - *O Problema da Erosão do Solo. Contribuição para o seu estudo na região de Cuba (Alentejo)*, in "Estudos Agrários de Amílcar Cabral". Lisboa, Instituto de Investigação Científica Tropical, p. 80-176.
- CALVO DE ANTA, R. (1993) - *Los tipos de suelos de Galicia*, in "Guía de la Naturaleza de Galicia", Vigo, Faro de Vigo, S.A., (fase. 18).
- CASTROVIEJO BOLÍVAR, S. (1993) - *El Fuego, Factor Natural en el Monte Gallego*. "Guía de la Naturaleza de Galicia", Vigo, Faro de Vigo, S. A., (fase. 47).
- CERDA BOLINCHES, A. (1993) - *Incêndios Forestales y Estabilidad de Agregados*, "Cuadernos de Geografía", Valência, 53, p. 1-16.
- CERQUEIRA, J. (1992) - *Solos e Clima em Portugal*. Lisboa, Clássica Editora.
- COELHO, Celeste (1995) - *Reflexões sobre a protecção do solo*, in "Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia, 1992". Porto, Publi. da Universidade do Porto, p. 1131-1134.
- COELHO, Celeste; SHAKESBY, Richard; WALSH, Rory (1991) - *Effects of Forest Fire on Soil Erosion and Drainage Basin Dynamics*. Aveiro, Dep. de Amb. e Ord. da Universidade de Aveiro e Dep. of Geog. University College of Swansea, (Report to E. C. in fulfillment of Research Contract n^o EV4V - 0106 - C(TT)).
- COOKE, R. U; DOORNKAMI, J. C. (1974) - *Geomorphology in Environmental Management. An Introduction*. Oxford, Clarendon Press.
- DAVEAU, S. et al. (1977) - *Répartition et rythme des précipitations au Portugal*. Lisboa, C. E. G., (Memórias do Centro de Estudos Geográficos, n^o3).

- DAVEAU, S. *et ai.* (1985) - *Mapas Climáticos de Portugal. Nevoeiro e Nebulosidade. Contrastes Térmicos*. Lisboa, C. E. G., (Memórias do Centro de Estudos Geográficos, nº 7).
- DAVID, J. S.; HENRIQUES, M. O.; REGO, Z. C. (1986) - *Estudo preliminar sobre as influências hidrológicas do Eucalyptus globulus lahill*, "Revista da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos", Lisboa, 7, nº 1, p. 5-39.
- DEVY-VARETA, N. (1993) - *A Floresta no Espaço e no Tempo em Portugal*. Dissertação de Doutoramento, Porto, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, policop..
- DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, E; PÉREZ MOREIRA, R. (1984) - *Valoración de los diferentes métodos empleados en Galicia para la medida de la erosión de los suelos, con especial referencia a los suelos afectados por incendios forestales*, "Cuadernos de Investig. Geográfica", X (1 y 2), p. 29 - 41.
- DUNNE, T.; LEOPOLD, L. B. (1978) - *Water in Environmental Planning*. S. Francisco, W. H. Freeman and Company.
- EKWUE, E. I.; OHU, J. O.; WAKAWA, I. H. (1993) - *Effects of incorporating two organic materials at varying levels on splash detachment of some soils from Borno State, Nigéria*, "Earth Surface Processes and Landforms", London, 18, p. 399 - 406.
- F. A. O. (1987) - *Efectos ecológicos de los eucaliptos*. Organización De Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 59.
- FERREIRA, António (1989) - *Três métodos de medição de parâmetros fundamentais na hidrologia de solos*, "Actas do V Colóquio Ibérico de Geografia", Leon, p. 173 - 181.
- FERREIRA, António (1995) - *Variáveis hidro-meteorológicas em povoamentos de Pinus pinaster e Eucalyptus globulus. Um caso em estudo*, "Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia, 1992", Porto, Publ. da Universidade do Porto, p. 935-941.
- FERREIRA, António; COELHO, Celeste; FERREIRA, Carmen (1995) - *Reflexões Metodológicas sobre o estudo dos processos actuais em Geografia Física*, "Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia, 1992". Porto, Publ. da Universidade do Porto, p. 723-729.
- FERREIRA, Carmen Gonçalves (1992) - *Experimental design for erosion studies in granitic catchments*, in "Seminário sobre Erosão do Solo e Hidrologia em Áreas Florestais". Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento - Universidade de Aveiro, policopiado.
- FERREIRA, Carmen Gonçalves (1995) - *Forest Land Use Changes in Macieira de Alcôba (Granite Caramulo Hills - Central Portugal): Effects on Soil Loss Rates*, in "Proceedings of the Conference on Erosion and Land Degradation in the Mediterranean", Aveiro, p. 605.
- FERREIRA, Carmen; COELHO, Celeste (1995) - *Land use changes in the granite Caramulo hills (Central Portugal) after the recent major forest fires*, in "Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards Course on Desertification in a European Context.

- Physical and Socio-economic aspects", Brussels, Commission of the European Communities, R. Fantechi, D. Peter, E Balabanis, J. L. Rubio, eds., p. 465 - 477. FINLAYSON, Brian; STATHAM, Ian (1980) - *Hillslope analysis*. London, Butterworths.
- FOLQUES, José (1987) - *Notas sobre erosão superficial* Lisboa, L. N. E. C.
- FOSTER, George (1991) - *Advances in wind and water erosion prediction*, "Journal of Soil and Water Conservation", Iowa, 46 (1), p. 27 - 29.
- FOTH, H. D. (1984) - *Fundamentals of soil science*. 7th ed, New York, John Wiley & Sons. FOURNIER, Frédéric (1960) - *Climat et Érosion. La relation entre Vérosion du sol par Veau et ies précipitations atmosphériques*. Paris, Presses Universitaires de France. FRIES, Cias (1986) - *The Effect of Eucalypts on Soil Quality*, in "Seminário sobre O Eucalipto, a água e o solo", Lisboa, Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, p. 27 - 32. GARG, E K.; A. R. HARRISON (1992) - *Land Degradation and Erosion Risk Analysis in S. E. Spain: A Geographic Information System Approach*, "Catena", Amsterdam, 19, p. 411 - 425. GODINHO, M. M. (1980) - *O Plutonito do Caramulo*. Coimbra, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol, (Memórias e Notícias, n^o 89 - 90).
- GORE, Al (1993) - *A Terra à procura de equilíbrio*. Lisboa, Editorial Presença.
- GOUDIE, A. (1985) - *The Encyclopaedic Dictionary of Physical Geography*. Oxford, Blackwell. GOUDIE, A. et ai (1990) - *Geomorphological Techniques*, 2nd ed., London, Ed. British Geomorphological Research Group. GRUPO DE SESIMBRA, Coordenação de Teresa Ribeiro (1994) - *O Jardim Comum Europeu. Novos Desafios Ambientais*. Lisboa, Quetzal Editores. HIGGITT, David (1991) - *Soil Erosion and Soil Problems*, "Progress in Physical Geography", London, 15, (1), p. 91-100. HODGSON, J. M. (1978) - *Soil Sampling and Soil Description*. Oxford, Clarendon Press. HORTA, Paula; COELHO, Celeste (1989) - *O papel da autarquia local na preservação da floresta*, in "Actas das Jornadas Científicas sobre Incêndios Florestais". Coimbra, Grupo de Mecânica de Fluidos, D. Xavier Viegas, ed., p. 5.2. -1-11. IMESON, A. (1991) - *Climate Change and Land Degradation*, in "Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards Course on Environment and Quality of Life. Climate and Global Change", Brussels, Commission of the European Communities, J. C. Duplessy; A. Pons; R. Fantechi, eds., p. 247 - 263. IMESON, A. (1995) - *The Physical, Chemical and Biological Degradation of the Soil*, in "Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards Course on Desertification in a European context. Physical and

- socio-economic aspects", Brussels, Commission of the European Communities, R. Fantechi, D. Peter, E. Balabanis, J. L. Rubio, eds., p. 153-168.
- KARDELL, L.; STEEN, E.; FABIÃO, A. (1986) - *Eucalyptus in Portugal*, "Ambio", Lisboa, xv.
- LAFLEN, J. M. et al (1991) - WEPP - *Soil erodibility experiments for rangeland and cropland soils*. "Journal of Soil and Water Conservation", Iowa, 46 (1), p. 39 - 44.
- LAL, R. (1988) - *Soil Erosion Research Methods*. Iowa, Soil and Water Conservation Society.
- LANE, L. J. ; NEARING, M. A., eds. (1989) - *USDA - Water Erosion Prediction Project: Hillslope Profile Model Documentation*. Indiana, National Soil Erosion Research Laboratory Report nº2, Aug. 1989.
- LENCASTRE, A.; FRANCO, E M. (1984) - *Lições de Hidrologia*. Lisboa, Universidade Nova de Lisboa.
- LOPES, Domingos M. M. (1992) - *Crescimento e adaptação do Eucalyptus globulus em Trás-os-Montes*. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Relatório Final de Estágio, policop..
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1994) - *Degradación dei suelo. Fatalidad climática o mala gestión humana? Hacia una gestión sostenible dei recurso en el contexto mediterráneo*, "Papeies de Geografia", Murcia, nº 20, p. 49-64.
- LOURENÇO, Luciano (1989) - *Efeitos da erosão acelerada em vertentes na sequência de incêndios florestais*, in "Actas das Jornadas Científicas sobre Incêndios Florestais", Coimbra, Grupo de Mecânica de Flúidos, D. Xavier Viegas, ed., p. 5.1. - 1 - 20.
- LOURENÇO, Luciano ; GONÇALVES, A. Bento (1990) - *The study and measurement of surface flow and soil erosion on slopes affected by forest fires in Serra da Lousa*, in "Proceedings of the International Conference on Forest Fires", Coimbra, C. 05 - 1 - 13.
- LOURENÇO, Luciano; MONTEIRO, R. (1989 a) - *Instalação de parcelas experimentais para avaliação da erosão produzida na sequência de incêndios florestais*. Relatório Técnico 8902, Coimbra, Grupo de Mecânica de Flúidos.
- LOURENÇO, Luciano; MONTEIRO, R. (1989 b) - *Quantificação da erosão produzida na Serra da Lousa na sequência de incêndios florestais - Resultados Preliminares*. Relatório Técnico 8916, Coimbra, Grupo de Mecânica de Flúidos.
- LOVELOCK, James (1988) - *As Eras de Gaia*. Mem Martins, Publicações Europa- América, (Col. Fórum da Ciência).
- LUK, Shiu-Hung (1983) - *Effect of aggregate size and microtopography on rain-wash and rainsplash erosion*. "Zeitschrift Geomorph. N. E", Berlin, 27 (3), p. 283 - 295.
- MANNION, A; BOWLBY, S. (1992) - *Environmental Issues in the 1990s*. Chichester, John Wiley & Sons.
- MARTINS, J. Casimiro (1989) - *Contribuição para a caracterização hidrológi-*

- ca dos solos de Portugal*. Oeiras, Dissertação para Investigador Auxiliar, I. N. I. A. - Estação Agronómica Nacional, polic. MOLCHANOy A. (1971) - *Hidrologia Florestal*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- MORGAN, R. E C. (1979) - *Soil Erosion*. London, Longman Group Limited.
- MOTA, Fernando S. (1987) - *Meteorologia Agrícola*. 1- ed., São Paulo, Livraria Nobel S. A.. MPAT e MARN (1992) - *Relatório do Estado do Ambiente e do Ordenamento do Território*. Lisboa. NEWSON, M. (1992 a) - *Twenty years of systematic physical geography: issues for a "New Environmental Age"*. "Progress in Physical Geography", London, 16, (2), p. 209 - 221. NEWSON, M. (1992 b) - *Land, Water and Development River systems and their sustainable management*. London, Routledge. PEREIRA, J. M. Cardoso (1993) - *Fogos Florestais: causas e consequências*, in "Seminário sobre Fogos Florestais, Defesa e Ordenamento da Floresta e do Espaço Rural", Coimbra, Assembleia da República - Comissão de Agricultura e Mar, sep. policop.. PEREZ-TREJO, E (1992) - *Desertification and Land Degradation in the European Mediterranean*, Brussels, Report EUR 14850 EN, European Commission, Directorate-General Science, Research and Development, Oct. 1992.
- PLATT, J. R. (1964) - *Strong Inference*. "Science", 146 (3642), p. 347 - 353.
- POESON, J.; INGELMO-SANCHEZ, F; MÚCHER, H. (1990) - *The hydrological response of soil surfaces to rainfall as affected by cover and position of rock fragments in the top layer*. "Earth Surface Processes and Landforms", London, 15, p. 653 - 671. QUINTELA, A. (1967) - *Recursos de água superficiais em Portugal Continental*. Lisboa, s/ed.. REBELO, Fernando (1981) - *Introdução ao Estudo dos Processos Erosivos Actuais na Região Litoral do Norte e Centro de Portugal*. "Separata da Revista da Universidade de Coimbra", Coimbra, vol. XXIX. REGO, Zózimo; DAVID, Jorge; HENRIQUES, Manuel (1986) - *Os Efeitos Hidrológicos dos Eucaliptos*, in "Seminário sobre O Eucalipto, a água e o solo", Lisboa, Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, p. 13 - 23.
- RICARDO, R. Pinto; MADEIRA, Manuel (1986) - *Relações Solo - Eucalipto*, in "Seminário sobre O Eucalipto, a água e o solo", Lisboa, Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, p. 51 - 68. RIJOBOM, António;
- ROCHA, Fernando; PRATA, José; COSTA, Lúcia (1983) - *Macieira de Alcôba. Levantamento Histórico, Sócio-Cultural e Propostas Urbanísticas e Paisagísticas do Aglomerado Populacional*, Porto, 1^o Relatório de Estágio, CMA-ESBAR policop.. ROXO, Maria José (1994) - *Ação antrópica no processo de degradação dos solos. A Serra de Serpa e Mértola*. Dissertação de Doutoramento, Lisboa, Universidade Nova de Lisboa, policop..

- SHAKESBY, R. et al (1993) - *Wildfire Impacts on Soil Erosion and Hydrology in Wet Mediterranean Forest, Portugal*, in "Intern. Journal Wildland Fire", 3 (2), p. 95 - 110. SHAKESBY, R.; WALSH, R.; COELHO, C. (1991) - *New developments in techniques for measuring soil erosion in burned and unburned forested catchments, Portugal*, "Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband", Berlin, 83, p. 161-174. SHAKESBY, Richard (1993) - *The soil erosion bridge: a device for micro-profiling soil surfaces*, "Earth Surface Processes and Landforms", London, 18, p. 823 - 827. SOARES, João (1993) - *Balanço da Florestação em Portugal nas Últimas Cinco Décadas*. "Sociedade e Território", Porto, 19, (Nov.), p. 29 - 32. TERRY, James P (1992) - *Rainsplash detachment and soil erosion in Águeda Basin, Portugal: the effects of forest fire and land management changes*. Unpubl. Ph. D. Thesis, University College of Swansea, Swansea. TERRY, James P; SHAKESBY, Richard (1993) - *Soil hydrophobicity effects on rainsplash: simulated rainfall and photographic evidence*. "Earth Surface Processes and Landforms", London, 18, p. 519 - 525. TRUDGILL, Stephen (1992) - *Environmental Issues*. "Progress in Physical Geography", London, 16, (2), p. 223 - 229. TRUDGILL, Steven (1990) - *Soil processes and their significance*, in "Vegetation and erosion. Processes and Environments", Chichester, J. B. Thorne, ed., John Wiley & Sons, p. 181 - 195. TWIDALE, R. (1982) - *Granite Landforms*. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company. VELHAS, Edite (1991) - *A Bacia Hidrográfica do Rio Leça. Estudo Hidroclimático*. Porto, Dissertação das Provas Públicas de Capacidade Científica apresentada à EL.U.P, policop.. VOGT, Henri (1986) - *Une méthode cartographique dévaluation de processus physiographiques appliquée à l'érosion hydrique des sols*. "L'Espace Géographique", Paris, 3, p. 204 - 210. WALSH, R.; COELHO, C; SHAKESBY, R.; TERRY, J. (1992) - *Effects of land use management practices and fire on soil erosion and water quality in the Águeda river basin, Portugal*. "Geographica", Bensheim, vol. III, p. 15 -36. WITTER, J. V; JUNGERIUS, P D.; ten HARKEL, M. J. (1981) - *Modelling water erosion and the impact of water repellency*, "Catena", Amsterdam, 18, 1991, p. 115 - 124.

ABSTRACT

In Portugal and namely in Macieira de Alcôba - located in the foothills of the granite Caramulo mountains in the Agueda municipality - the new patterns of forest land use no longer reflect the image of the traditional forest, being, nowadays, the result of multiple decisions that arise as a direct consequence of forest fires. Thus, there has been an increasing trend in the replacement of the original pine forest - *Pinus pinaster* - by fast growing species like eucalyptus - *Eucalyptus globulus* .

As a result of the portuguese farmers preference for eucalyptus, the main objective of the present study is to assess the impact of this species on soil erosion, discussing the effects monitored during the various growing stages and comparing them with the data obtained for the pine forest.

The experimental design and the methodologies used were designed in order to depict the main factors involved in the soil erosion process, as well as making a contribution to the understanding of the process itself, considered as one of the most important factors on recent hillslope evolution.

The results of overland flow and soil losses are presented and discussed. The overland flow values are analysed in terms of the amount of rainfall obtained in each sampling period and of the soil infiltration capacity in the slopes where erosion plots were installed. The soil loss values obtained in both forest land use types are presented and a comparison is made between the different methodologies used for their quantification, that is, the results of the erosion stakes, the wash traps and the bounded plots. A final comparison is made between our results and those presented by other soil erosion research projects developed in Portugal. Finally, a variety of approaches to soil conservation are presented in order to promote a sustainable forest management.

RESUME

Au Portugal et concrètement à Macieira de Alcôba - petit village à l'intérieur de la région de Agueda située sur le flanc occidental de la montagne du Caramulo -, les nouveaux modèles d'usage du sol forestier ne reflète plus l'image de la forêt traditionnelle mais sont, aujourd'hui, le résultat de plusieurs décisions à la suite des incendies forestiers. Par conséquent, il y a une tendance croissante de remplacement des espèces résineuses - *Pinus pinaster* - par celles qui ont une croissance rapide - *Eucalyptus globulus*.

Vu l'attraction que *Eucalyptus* exerce sur les sylviculteurs portugais, nous nous proposons d'estimer l'impact que cette espèce forestière exerce sur le sol, en termes d'érosion hydrique, en analysant les effets pendant les différentes étapes de croissance et en les comparant avec celles du pin.

Avec le dessin expérimental et les méthodologies utilisées dans cette étude, on prétend non seulement diagnostiquer les principaux facteurs intervenant dans le processus de l'érosion hydrique du sol, mais aussi, essayer de comprendre tout ce processus, qui est considéré comme un des plus importants facteurs d'évolution des versants.

On présente et on interprète les résultats de la production de ruissellement superficiel et des pertes du sol. Les valeurs d'écoulement superficiel sont analysées en fonction de la quantité de précipitation recue dans les périodes de recensement d'information et de la capacité moyenne d'infiltration du sol en chaque versant où sont installées les parcelles d'érosion. Les pertes du sol dans chacune de ces espèces forestières sont présentées en fonction des différentes méthodologies utilisées pour sa quantification, c'est-à-dire, à travers les résultats obtenus dans les pilotes d'érosion, les collecteurs de sédiments et les parcelles expérimentales d'érosion. Les données des pertes du sol ont été comparées parmi les différentes méthodologies utilisées dans le dessin expérimental et avec les résultats d'autres projets de recherche portugais. Finalement, on propose quelques mesures à adopter dans une politique d'aménagement soutenable de la forêt.