



UNIVERSIDADE DOS AÇORES

**Matos do Parque Natural de Montesinho -
Erosão Hídrica e Dinâmica do Carbono:
Um estudo à micro-escala com Simulação de Chuva**

**Tese de Mestrado
Em Gestão e Conservação da Natureza**

Maria Alice Bompastor Ramos



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

BRAGANÇA, JULHO 2008

Agradecimentos

Quero expressar o meu agradecimento a todas as pessoas que me apoiaram e incentivaram nas diversas tarefas que permitiram a concretização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Tomás de Figueiredo e à Professora Doutora Felícia Fonseca, da Escola Superior Agrária de Bragança, meus orientadores, agradeço a definição e adaptação de metodologias, o precioso auxílio na aplicação das mesmas no terreno, longos e árduos meses, a ajuda no tratamento estatístico, na interpretação de resultados e contributo para a elaboração do texto através da sua leitura atenta. Saliento o entusiasmo, a dedicação, e o esforço desmedido para a realização deste trabalho. Sendo o mais importante a amizade, o companheirismo e a inteira disponibilidade ao longo de todas as etapas, boas e más, deste trabalho. Muito obrigada por tudo, sem a vossa ajuda, este trabalho não teria sido possível de realizar.

Ao Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, pela cedência de informação dos seus postos meteorológicos, do hangar para a calibração do simulador e das carrinhas.

Ao Sr. Engenheiro Arsénio Araújo pela inteira disponibilidade e ajuda durante este trabalho, predominantemente de calibração e de campo.

Ao Sr. Engenheiro Barros, pela ajuda na construção do simulador de chuva, na oficina do IPB.

Ao Professor Doutor Carlos Aguiar e ao Professor Doutor José Castro pelas informações cedidas, acerca do PNM.

Ao Professor Doutor João Azevedo pela sua disponibilidade e compreensão.

À Professora Doutora Alice Pinto pela amável cedência do seu relatório de licenciatura.

Ao Ligeo, ESA/IPB, pela efectuação dos mapas do PNM.

Ao Laboratório de solos e fertilidade e ao Laboratório de nutrição animal, pelo apoio dado nas análises.

Às Sra. Engenheira Alzira e Sra. Engenheira Edite, do Europ Direct, pelas brochuras e livros cedidos.

Ao Sr. Engenheiro Luís Dias, pela ajuda e cedência do programa SPSS.

Aos meus Avós, Pais e Irmãos que sempre me apoiaram e incentivaram nos bons e maus momentos. Sem eles não teria alcançado mais esta meta. Muito obrigada.

Ao Rui que me ajudou e apoiou durante este trabalho. Muito Obrigada.

Resumo

Este trabalho de tese desenvolveu-se no Parque Natural de Montesinho, porque a área de Montesinho é considerada de elevado risco potencial de erosão hídrica, devido essencialmente ao relevo nos troços mais encaixados das principais linhas de água. Por outro lado, a extensão de matos na área é muito considerável, importando avaliar, de modo quantificado, o seu papel na protecção dos solos, entre outras das suas funções ecossistémicas.

Os objectivos gerais desta tese são estudar a erosão hídrica do solo em áreas de matos do Parque Natural de Montesinho, bem como caracterizar estas comunidades vegetais quanto ao Carbono que armazenam e a sua dinâmica determinada pelo processo erosivo. Foram quantificados o escoamento e o transporte de sedimentos, produzidos em ensaios de campo realizados com um simulador de chuva devidamente calibrado, procurando aproximar as chuvadas simuladas das características da precipitação natural do local. Os ensaios realizaram-se em três espécies de matos, *Cistus ladanifer* (estevas), *Cytisus multiflorus* (giesta-branca) e *Erica australis ssp. aragonensis* (urzes), do Parque Natural de Montesinho (PNM), no qual representam 1/3 da sua área. Quantificaram-se também os aspectos morfológicos dos matos que condicionam o processo erosivo, e a distribuição do Carbono nas três espécies de matos em estudo e no solo.

Com esta tese conclui-se que a cobertura vegetal de matos, que cobrem boa parte do PNM, reduz os riscos associados à perda de solo pela erosão hídrica, contribuindo para a sua conservação. Os matos têm um papel importante em relação ao Carbono Orgânico pelos quantitativos que estas comunidades armazenam na vegetação e no solo e pela extensão das áreas que ocupam. Daí também a sua importância para o sequestro do Carbono atmosférico, cedendo uma parte ao solo, e assim reduzindo a concentração deste elemento na atmosfera e consequentemente a dos gases de estufa.

Abstrat

This thesis developed in the Montesinho Natural Park (PNM). In the area of Montesinho, topography favours high water erosion potential, especially in sharp relief sections of the main watercourses. Furthermore, shrubs, covering a considerable part of PNM, play an important role, needing quantification, in soil protection and other ecosystemic functions.

The general objectives of this thesis are the study of water erosion in shrub areas of PNM, and Carbon storage and dynamics associated to erosion in these vegetation communities.

Runoff and sediment transport were measured during field trials performed with a calibrated rainfall simulator, approaching local characteristics of natural precipitation. Trials were performed in three species of shrubs, *Cistus ladanifer* (“esteva”), *Cytisus multiflorus* (“giesta” white) and *Erica australis ssp. aragonensis* (“urze”), in Montesinho Natural Park of (PNM), where they represent 1/3 of the area. Measurements also comprised morphology of bushes, as features controlling water erosion, and Carbon distribution in the three species of shrubs studied (in vegetation and in soil).

As this thesis concludes bushes covering a considerable part of the PNM importantly contribute to reduce the risks associated with the soil loss by water erosion, hence contributing to its protection. The shrubs have also an important role in relation to organic Carbon, because of their both releant storage capacity and areal extent. Consequently, shrub communities, through atmospheric Carbon sequestration, partly transferred to soil, play an important role in reducing the concentration of this element in the atmosphere and therefore of the greenhouse gases.

Simbologia

Acum - Acumulado
Alt. - Altura
Amost. - Amostra
C - Carbono
CFCs - Clorofluorcarbonos
CH₄ - Metano
Chuv - Chuvada
CO - Oxido de Carbono
CO₂ - Dióxido de Carbono
Coefvaria - Coeficiente variação
CWisch - Carbono Wischmeier
DAP - Densidade Aparente
D ou Dec. - Declive
Desvpad - Desvio padrão
Diam. - Diâmetro
Ec - Energia Cinética
HO - Horizonte Orgânico
Humi - Humidade
I - Intensidade
Inf - Inferior
Mas. - Massa
Max. - Máximo
Min. - Mínimo
P - Pressão
P. el. Gross - Peso elementos grosseiros
ppm - partes por milhão
PNM - Parque Natural de Montesinho
Q0 - Caudal à saída do bico
Sedim - Sedimento
Sup - Superior
t - Tempo
T - Total
TF - Terra fina
V0 - Velocidade saída do bico do simulador
Veg. - Vegetação
Vol. - Volume
Vt - Velocidade terminal

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstrat	iv
Simbologia.....	v
Índice Figuras	ix
Índice Quadros.....	xii
1 - Introdução.....	1
2 - Revisão Bibliográfica.....	3
2.1 – Alguns aspectos caracterizadores da área de estudo: Parque Natural de Montesinho	3
2.1.1 - Precipitação.....	4
2.1.2 – Caracterização bioclimatológica	5
2.1.3 - Solos	6
2.1.4 – Unidades de paisagem do PNM	7
2.2 - Matos do Parque Natural de Montesinho	8
2.2.1 – Classes de vegetação do PNM.....	8
2.2.2 – Comunidades vegetais na composição dos mosaicos de vegetação do PNM	8
2.2.3 – Distribuição dos matos em estudo no PNM.....	9
2.2.4 – Valores socioeconómicos – benefícios indirectos dos matos no PNM	10
2.3 – Solo.....	12
2.4 – Horizonte orgânico dos solos.....	13
2.5 – Processo Erosivo	14
2.5.1 – Erosão hídrica.....	14
2.5.2 - O Ciclo hidrológico e o processo erosivo.....	17
2.5.3 – Efeito da vegetação no processo erosivo e caso particular dos matos.....	18
2.5.4 – Erosão dos solos e problemas ambientais na Europa	19
2.6 – Simulador de Chuva.....	21
2.7 - Carbono no sistema	23
2.7.1 - Armazenamento de carbono	23
2.7.2 – O ciclo de carbono	23
2.7.3 – Protocolo de Quioto	24
2.7.4 – Carbono e as alterações no uso do solo e biomassa vegetal	24
2.7.5 – Carbono orgânico	27
2.7.6 – Carbono orgânico no solo de matos.....	28
2.7.7 – Problemas ambientais relativos ao carbono na Comunidade Europeia	28
3 - Material e Métodos	30
3.1 - Área e espécies em estudo.....	30
3.2 - Informação preliminar e delineamento	34
3.2.1 – Base cartográfica	34
3.2.2 – Delineamento.....	34
3.2.3 – Simulador de Chuva	36
3.2.3.1 – Calibração do simulador de chuva a diferentes alturas e pressões	36
3.2.3.1.1 – Determinação do caudal (Q), velocidade (v) do jacto e intensidade (I) da precipitação.....	37
3.2.3.1.2 – Determinação do tamanho e distribuição das gotas, energia cinética e sua correspondência com a chuva real (MORGAN, 1995).....	38
3.2.4 – Determinação das características da chuva real	38

3.2.5 – Chuvada Simulada	39
3.3 – ENSAIOS EXPERIMENTAIS	40
3.3.1 – Preparação da simulação	41
3.3.2 – Recolha das amostras obtidas na simulação	42
3.3.3 – Recolha de amostras no campo	43
3.3.3.1 – Corte da vegetação	43
3.3.3.2 – Recolha do horizonte orgânico	44
3.3.3.3 – Medição do declive	44
3.3.3.4 – Recolha das raízes	44
3.3.3.5 – Recolha de amostras de solo	45
3.3.3.6 – Recolha de amostras de solo para a determinação da densidade aparente	45
3.4 – Métodos analíticos	45
3.4.1 - Análises físicas	45
3.4.1.1 - Densidade aparente	45
3.4.1.2 - Percentagem de elementos grosseiros	46
3.4.2 - Análises químicas	46
3.4.2.1 - Carbono orgânico	46
3.4.2.1.1 - No solo	46
3.4.2.1.2 - Na biomassa vegetal e dos resíduos orgânicos do horizonte O	46
3.4.3 – Programa Informático utilizado no tratamento estatístico dos resultados ..	46
3.4.3.1 – Análise de Variância – ANOVA II	46
3.4.3.2 – Post Hoc Tests – Tukey	47
3.4.3.3 – Matriz de Correlação de Pearson	47
3.4.3.4 – Análise de Regressão	47
3.4.4 – Efeitos da Vegetação	47
3.4.5 – Índice de Rugosidade	47
4 - Resultados e Discussão	48
4.1 - Erosão hídrica	48
4.1.1 – Principais resultados	48
4.1.1.1 - Escoamento e perda de solo	48
4.1.1.2 - Escoamento e perda de solo segundo a espécie no declive	52
4.1.2 – Homogeneidade da simulação - caudal	56
4.1.4 - Matriz de Correlação – Teste Pearson	57
4.1.5 - Análise de Regressão	59
4.1.6 - Análise de Regressão Múltipla	65
4.2 – Carbono no sistema	66
4.2.1. – Armazenamento de carbono na biomassa aérea das espécies de matos	66
4.2.2 – Armazenamento de carbono na biomassa subterrânea das espécies de matos	68
4.2.3 – Armazenamento de carbono na biomassa aérea e subterrânea das espécies de matos	69
4.2.4 – Armazenamento de carbono no horizonte orgânico formado sob as espécies de matos	71
4.2.5 – Armazenamento de carbono nos horizontes minerais dos solos desenvolvidos sob coberto das espécies de matos	72
4.2.6 – Armazenamento de carbono nos diversos compartimentos do sistema	74
5 - Conclusão	75
6 - Bibliografia	77
Anexos	I

Anexo I – Caracterização da Área de Estudo	II
Anexo II – Protocolos e Tabelas de Campo e Laboratório	X
Anexo III – Simulação de Chuva.....	XXIV
Anexo IV – Resultados da Simulação de chuva	XXVII

Índice Figuras

Figura 1: Valores médios mensais da precipitação acumulada, em vários locais do PNM; relativos ao período 1951-80 (IPB/ICN, 2007).....	4
Figura 2: Importância das unidades de solo dominantes identificadas no PNM (IPB/ICN, 2007).....	6
Figura 3: Unidades principais (acima), unidades secundárias (baixo à esquerda), e litologia (baixo à direita) das Unidades Solo dominantes identificadas no PNM (IPB/ICN, 2007).....	7
Figura 4: Distribuição dos Matos – Esteva, Giesta e Urze, no PNM	9
Figura 5: Parque Natural de Montesinho (PNM), a) Localização do PNM no mapa de Portugal Continental; b) Mapa do PNM; c) Localização da área de estudo no PNM; d) Local do estudo,.....	31
Figura 6: Local de Estudo com simulador instalado.	31
Figura 7: Local de Estudo perspectiva para sul.....	32
Figura 8: Local de Estudo perspectiva para norte.	32
Figura 9: Vegetação nas parcelas simuladas: a) <i>Cistus ladanifer</i> (Esteva); b) <i>Cytisus multiflorus</i> (Giesta); c) <i>Erica australis</i> ssp. <i>Aragonensis</i> (Urze); d) Solo nu.	33
Figura 10: Curvas IDF Bragança (MATOS & SILVA, 1986).....	40
Figura 11: Curvas IDF Bragança (IPB, 2007).....	40
Figura 12: Escoamento e perda de solo: efeito da vegetação.....	49
Figura 13: Escoamento e perda de solo: efeito do declive.....	50
Figura 14: Quantidade de resíduos no horizonte orgânico por espécie.	50
Figura 15: Valores do horizonte orgânico por declive.	50
Figura 16: Valores da biomassa aérea por declive.	51
Figura 17: Valores da % Elementos grosseiros por declive.....	51
Figura 18: Perda de solo total, sedimento das frentes e sedimento suspensão: efeito espécie e declive.....	51
Figura 19: Perda de solo total, sedimento das frentes, sedimento suspensão e % humidade do solo: efeito do declive.	52
Figura 20: Valores do escoamento por espécie e declive.	53
Figura 21: Percentagem de elementos grosseiros.....	54
Figura 22: Percentagem de humidade no solo por espécie e declive.	54
Figura 23: Valores de perda de solo por espécie e declive.	54
Figura 24: Quantidade de resíduos orgânicos no horizonte orgânico (g) ..	54
Figura 25: Coberto vegetal.....	55
Figura 26: Índice Rugosidade.....	55

Figura 27: Escoamento e perda de solo: estatística.	55
Figura 28: Correlação % Humidade solo-Escoamento.....	57
Figura 29: Correlação Percentagem de declive – % Humidade solo.....	57
Figura 30: Correlação % Coberto Vegetal -Altura Vegetação.....	58
Figura 31: Correlação Altura Vegetação –HO (cm).....	58
Figura 32: Correlação Altura Vegetação – HO (g).....	58
Figura 33: Correlação HO (cm) - HO (g) (R=0,823; sig=0,000).	58
Figura 34: Correlação % Elementos Grosseiros – Índice Rugosidade.	59
Figura 35: Correlação Biomassa Aérea (g)-Cobertura Wicshemeier.	59
Figura 36: Correlação % Coberto Vegetal–Biomassa.	59
Figura 37: Recta de regressão % coberto vegetal – altura vegetação (cm). 60	
Figura 38: Recta de Regressão altura vegetação (cm) – HO (cm).	60
Figura 39: Recta de Regressão HO (cm) – HO (g) (valores médios).....	61
Figura 40: Recta de Regressão HO (cm) – HO (g) (valores individuais)..	61
Figura 41: Recta de Regressão C. Wischemeier – altura vegetação (cm). .	62
Figura 42: Recta de Regressão C. Wischemeier – Biomassa aérea (g m ⁻²).62	
Figura 43: Recta de Regressão C-Perda de solo.....	64
Figura 44: Recta de Regressão C-Escoamento.....	64
Figura 45: Recta de Regressão SC-Perda de solo.	65
Figura 46: Recta de Regressão SC-Escoamento.	65
Figura 47: Recta de Regressão Biomassa aérea (g.m ⁻²) – Biomassa aérea estimada (g.m ⁻²)......	66
Figura 48: Armazenamento de carbono (g.m-2) nas componentes da biomassa aérea, segundo a espécie e o declive.	67
Figura 49: Armazenamento de carbono (gm ⁻²) nas componentes da biomassa aérea, segundo a espécie no declive.	67
Figura 50: Armazenamento de carbono (g.m ⁻²) na biomassa subterrânea, segundo a espécie e o declive.....	68
Figura 51: Armazenamento de carbono (g.m ⁻²) na biomassa subterrânea, segundo a espécie no declive.	69
Figura 52: Massa de Carbono (kg.m-2) na biomassa total (aérea e subterrânea), segundo a espécie e o declive.....	70
Figura 53: Massa de Carbono (kg.m ⁻²) na biomassa total (aérea e subterrânea), segundo a espécie no declive.....	70
Figura 54: Massa de Carbono (kg.m ⁻²) nas componentes da biomassa total (aérea e subterrânea), segundo a espécie e o declive.....	71
Figura 55: Massa de carbono (g.m-2) no horizonte orgânico, segundo a espécie e o declive.	72

Figura 56: Massa de Carbono (kg.m-2) por profundidade do solo, segundo a espécie e o declive.....	73
Figura 57: Armazenamento de carbono (kg.m-2) na profundidade 0-20cm de solo, segundo a espécie e o declive.....	73
Figura 58: Armazenamento de Carbono (kgm ⁻²) no sistema, segundo a espécie e o declive.	74
Figura 1A: Mapa das Estações Meteorológicas	III
Figura 2A: Bioclimas do PNM.....	VI
Figura 3A: Carta Geológica do PNM	VI
Figura 4A: Distribuição dos Matos (Estevais; Giestais e piornais; Urzais, urzais tojais e tojais) no PNM	VIII
Figura 5A: Modelo digital de terreno - Declive, do PNM.....	VIII
Figura 6A: Tipo de Solos presentes no PNM.....	IX
Figura 7A: Unidades de Paisagem do PNM	IX
Figura 8A: Variação do diâmetro e quantidade das gotas da chuva com a altura e a pressão do simulador.	XXVI

Índice Quadros

Quadro 1: Elementos do clima e índices bioclimáticos mais relevantes no PNM (IPB/ICN, 2007). -----	5
Quadro 2: Classificação bioclimática (Gonçalves, 1991 cit. IPB/ICN, 2007). -----	6
Quadro 3: Representatividade das Unidades de Paisagem consideradas no território do PNM (IPB/ICN, 2007). -----	7
Quadro 4: Classes de vegetação presentes no PNM (AGUIAR, 2005; IPB/ICN, 2007).-----	8
Quadro 5: Comunidades vegetais mais relevantes na composição dos mosaicos de vegetação do PNM (IPB/ICN, 2007). -----	8
Quadro 6 – Produção de serviços ecossistêmicos no Parque Natural de Montesinho, segundo os tipos de uso da terra (IPB/ICN, 2007). -----	11
Quadro 7: Identificação das simulações de chuva das espécies de matos por declive. -----	35
Quadro 8: Identificação das simulações de chuva das espécies de matos por declive para o solo nu. -----	35
Quadro 9: Valores médios do caudal da simulação de chuva no campo para os declives e as espécies em estudo. -----	56
Quadro 10: Valores médios do caudal da simulação de chuva no campo para as espécies por declive. -----	56
Quadro 11: Valores médios dos elementos da vegetação com os valores significativos de correlação. -----	63
Quadro 1A: Identificação das Estações Meteorológicas em grupos.-----	III
Quadro 2A: Dados de precipitação real das Estações Meteorológicas locais. -----	III
Quadro 3A – Valores de γ para as gotas de diferentes diâmetros (mm). -----	XV
Quadro 4A: Características da precipitação simulada. -----	XXV
Quadro 5A: Características das gotas da precipitação simulada. -----	XXV
Quadro 6A: Características do diâmetro das gotas. -----	XXVI
Quadro 7A: Síntese de resultados da ANOVA. -----	XXXVII
Quadro 8A: Síntese de resultados do Teste Tukey. -----	XXXVII
Quadro 11A – Correlações significativas. -----	XXXIX
Quadro 9A – Síntese de resultados da ANOVA.-----	XL
Quadro 10A – Síntese de resultados do Teste Tukey. -----	XL

1 - Introdução

O solo é um recurso natural não renovável à escala da vida humana, e como tal, indispensável a sua conservação. A degradação do solo está relacionada com qualquer modificação dos seus constituintes, propriedades ou comportamento que conduza a alterações de sentido negativo das suas funções nos ecossistemas. Como as funções do solo dizem respeito à sua capacidade para sustentar a vida vegetal, as alterações de sentido negativo nessas funções são as que afectam as condições do meio físico e do ambiente químico e nutritivo que as plantas encontram no solo (FIGUEIREDO, 2005).

Uma das formas de degradação do solo é a erosão hídrica e a chuva é um dos elementos de clima que mais contribui para essa degradação (BERTONI *et al.*, 1990). A erosão hídrica está associada à perda de solo por efeito da água da precipitação e do escoamento superficial, representando a velocidade do impacto das gotas da chuva, um factor determinante nesse processo (DE PLOEY, 1983). A erosão hídrica apresenta uma estreita ligação com o problema da desertificação, na medida em que a redução da espessura do solo, a perda de nutrientes, entre outros factores leva à perda de vegetação e causa problemas a jusante como eutrofização, assoreamento das albufeiras e dos leitos dos rios (MORGAN & RICKSON, 1995).

À degradação dos solos está ainda associada a diminuição da capacidade destes armazenarem carbono, constituindo o carbono orgânico do solo o maior reservatório deste elemento na biosfera terrestre (CHHABRA *et al.*; 2003). Segundo SHAFFER (2001), o carbono orgânico é cedido ao solo pelas plantas e o carbono inorgânico encontra-se no solo na forma de CO₂, bicarbonatos, ácido carbónico, e rochas carbonatadas. A depleção de carbono no solo é acentuada pela degradação e má gestão do mesmo. O sequestro de carbono no solo representa uma estratégia de ganho, na medida em que restaura os solos degradados, aumenta a produção de biomassa, melhora a qualidade das águas de superfície e subterrâneas e reduz a taxa de enriquecimento de CO₂ atmosférico emitido pela queima de combustíveis fósseis (LAL, 2004). O sequestro de carbono pelo solo é visto como um processo que pode reduzir as emissões de CO₂ e seus potenciais impactos nas mudanças climáticas globais (OWENS *et al.*; 2002).

O stock de carbono orgânico no solo é um componente importante no ciclo global, que tem o potencial de influenciar o clima global e, de acordo com POLYACOV & LAL (2004a), a erosão afecta a concentração de CO₂ na atmosfera.

Existem diversas comunidades vegetais qualificadas de matos, de elevada representatividade espacial, cuja contribuição para a mitigação dos efeitos das alterações climáticas e papel nos processos erosivos não está devidamente esclarecida. Os matos cobrem cerca de um terço dos 75 mil ha do Parque Natural de Montesinho (PNM). Nas últimas décadas esta área tem tido uma evolução pouco significativa, podendo-se portanto constatar que os matos são um elemento estável na paisagem do PNM.

Os matos podem interferir de modo expressivo nos processos hidrológicos, e no armazenamento e dinâmica do carbono. A importância destes dois elementos deve-se a preocupações relativas à protecção do solo e às alterações climáticas, preocupações estas muito presentes nos dias de hoje.

Com este trabalho pretende-se estudar a erosão hídrica do solo e a dinâmica do carbono, em comunidades de matos, no Parque Natural de Montesinho. Trata-se de uma abordagem de campo à micro-escala com simulador de chuva, centrada nas espécies mais significativamente representadas no PNM.

A tese estrutura-se do seguinte modo: revisão bibliográfica relativos à área de estudo, à vegetação matos, aos solos, ao horizonte orgânico, aos processos de erosão e ao carbono. De seguida refere-se o material e métodos utilizados na elaboração deste trabalho. Seguidamente os métodos analíticos utilizados para a análise e tratamento dos resultados obtidos durante o trabalho de campo. Por seguinte apresentam-se os resultados e discussão dos resultados obtidos da erosão e do carbono. Por fim realiza-se uma conclusão ao trabalho efectuado e resultados obtidos.

2 - Revisão Bibliográfica

2.1 – Alguns aspectos caracterizadores da área de estudo: Parque

Natural de Montesinho

Para o texto desta secção utilizou-se, em grande parte, a informação publicada em AGUIAR (2001), PLANO ZONAL PNM (2002) e IPB/ICN (2007).

A criação do Parque Natural de Montesinho (PNM) remonta aos anos 70 (Decreto-Lei nº 355/79 de 30 de Agosto), com o intuito de valorizar e proteger valores únicos encontrados neste local. Fica localizado no extremo nordeste de Portugal, faz fronteira com Espanha e engloba as serras de Montesinho e da Coroa. É limitado a sul, grosso modo, por uma linha que liga Bragança a Vinhais, na designada Terra Fria Transmontana. Com uma superfície total de 74 600 hectares, a sua actual população não atinge 8 000 habitantes distribuídos por 91 aldeias.

É constituído por uma sucessão de elevações arredondadas e vales profundamente encaixados, com altitudes que variam entre os 438 m em águas de Sandim, no leito do rio Mente e os 1481 m, na Malhada da Cova, na serra de Montesinho altitude máxima que se encontra, com alguma frequência, coberta de neve nos meses de Inverno.

Os rios mais importantes são, na parte ocidental, o Mente e o Rabaçal, na central, o Tuela e o Baceiro, e, na oriental, o Sabor e o Maçãs.

Os terrenos são predominantemente xistentos, tendo no entanto expressão afloramentos de rochas básicas, alguns afloramentos de calcários, nomeadamente em Cova de Lua e Dine, e manchas graníticas na parte superior da serra de Montesinho e nos Pinheiros. Os solos são predominantemente delgados, resultado de processos erosivos mais ou menos intensos.

Do o ponto de vista climático, mostra influência da continentalidade, mas devido ao seu relevo o PNM tem mesoclimas de montanha, cruzados com as influências mediterrânicas dos vales mais profundos. A região situa-se na chamada Terra Fria Transmontana, apresentando, no entanto, aspectos de transição em pequenas áreas localizadas no fundo dos vales dos rios Mente e Rabaçal, e na parte ocidental, e junto a Gimonde e Quintanilha, na parte oriental. Uma grande extensão geográfica do PNM situa-se no andar Supra-mediterrânico (temperatura média anual entre 8 e 12°C), pertencente a um bioclima húmido (precipitação média anual entre 1000 e 1600 mm).

As restantes zonas incluem-se no andar Meso-mediterrânico (12 a 16°C), de bioclíma húmido ou no andar Supra-mediterrânico com clima hiper-húmido (mais de 1600 mm). Seguidamente mostram-se aspectos mais específicos relacionados com os factores essenciais para conhecer melhor o PNM no âmbito deste estudo.

2.1.1 - Precipitação

O regime das chuvas é o mesmo em toda a área, apresentando a característica mediterrânica de chuvas na estação fria com elevadas concentrações e nos meses quentes uma quase ausência (Figura 1). No semestre húmido, Outubro-Março, a sua precipitação representa 72% da precipitação anual da área do PNM. Relativamente à distribuição da precipitação média anual na área do PNM, os valores mais elevados ocorrem nas áreas mais altas em Moimenta (1215,6 mm), Montesinho (1262,8 mm) e Vinhais (1075,1 mm), locais que se encontra na parte Ocidental do parque, verificando-se uma redução acentuada para Este mais precisamente em Deilão (806 mm), que em parte resulta por um lado do efeito Föhn que se verifica quando as massas de ar atravessam relevos acentuados e vão-se desidratando progressivamente. De uma maneira geral a área é caracterizada por Invernos frios e longos e Verões curtos e quentes (IPB/ICN, 2007).

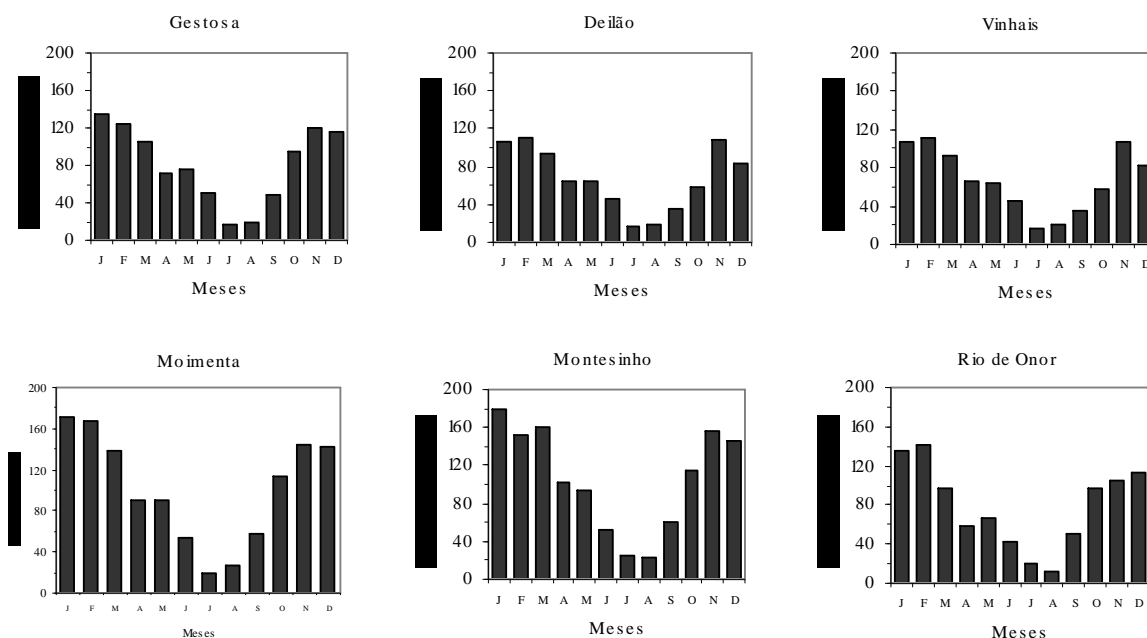


Figura 1: Valores médios mensais da precipitação acumulada, em vários locais do PNM; relativos ao período 1951-80 (IPB/ICN, 2007).

A grande variação intra-anual da precipitação tem várias e graves consequências para os solos como, o excesso de água no Inverno que é mais grave nas zonas de vale e áreas de

escassa drenagem, e o défice de água no Verão que causa graves problemas nas zonas com pequena capacidade de água utilizável (IPB/ICN, 2007).

2.1.2 – Caracterização bioclimatológica

Na área do PNM existem dois bioclimas, o bioclima mediterrânico pluviestacional-oceânico e o bioclima temperado oceânico, na sua versão submediterrânica (Quadro 1). No Planalto da Serra de Montesinho identificou-se um andar supratemperado hiper-húmido (IPB/ICN, 2007).

Quadro 1: Elementos do clima e índices bioclimáticos mais relevantes no PNM (IPB/ICN, 2007).

Local	Aerodromo	Bragança (INMG)	Bragança (St'Apolónia)	Deilão	Fontes Barrosas	Gimonde	Moimenta	Montesinho
T	12,2	11,9	11,8	12,2	11,3	12,5	10,7	8,1
Mi	8,2	8,0	7,1	7,5	7,9	9,3	7,1	2,4
mi	0,6	0,9	-0,7	1,3	0,3	0,1	-0,2	-1,2
Tp	1462,0	1433,0	1421,0	1458,0	1354,0	1494,0	1288,0	966,0
P	654	741,0	772,0	732,0	1049,0	602,0	1167,0	1541,0
Ic	16,9	16,2	17,8	17,0	16,0	17,0	16,0	15,8
It	201,0	208,0	182,0	209,0	195,0	218,0	177,0	93,0
Itc	201,0	208,0	182,0	209,0	195,0	218,0	177,0	93,0
Io	4,5	5,2	5,4	5,0	7,8	4,0	9,1	15,9
Ios2	0,6	0,7	0,6	0,5	0,8	0,5	1,0	2,0
Diagnose bioclimática	Med. pluviestac.-oceânico supramed. sub-húmido	Med. pluviestac.-oceânico supramed. sub-húmido	Med. pluviestac.-oceânico supramed. sub-húmido	Med. pluviestac.-oceânico supramed. sub-húmido	Med. pluviestac.-oceânico mesomed. húmido	Med. pluviestac.-oceânico mesomed. sub-húmido	Med. pluviestac.-oceânico supramed. húmido	Ios3 = 2,5 Temp. oceânico submediterrânico supratemp. hiper-húmido

(T - temperatura média anual; Mi - média da temperatura máxima no mês mais frio, mi - média da temperatura mínima no mês mais frio, Tp - soma das temperaturas mensais superiores a 0°C; P - precipitação anual; Ic - índice de continentalidade; It - índice de termicidade; Itc - índice de termicidade compensado; Io - índice ombrotérmico; Ios2 - índice ombrotérmico estival compensável) (Aguiar, 2001 cit. IPB/ICN, 2007).

A área de estudo distribui-se pelas seguintes zonas climaticamente homogéneas (Quadro 2) (Gonçalves, 1991 cit. IPB/ICN, 2007):

- Terra Fria de Alta Montanha, no Planalto da Serra de Montesinho;
- Terra Fria de Montanha, nas áreas sumitais das Serras de Nogueira e Coroa, no planalto dos Pinheiros e na parte mais meridional da Serra de Montesinho;
- Terra Fria de Planalto, na maior parte do território e
- Terra de Transição, na proximidade da fronteira Sul da área de estudo, no fundo dos vales dos rios Mente, Rabaçal, Tuela, Sabor e afluentes directos e Maçãs.

Quadro 2: Classificação bioclimática (Gonçalves, 1991 cit. IPB/ICN, 2007).

Tipo climático	Subtipo climático	Precipitação (mm)	Temperatura média anual (°C)	Altitude (m)
Terra Fria de Alta Montanha	A	$P \geq 1200$	$T \leq 9$	$\geq 1200/1300$
Terra Fria de Montanha	M1	$P > 1200$	$9 \geq T > 10$	900/1000 a 1200/1300
	M2	$1000 > P > 1200$		
Terra Fria de Planalto	F1	$P > 1200$	$12,5 \geq T > 10$	600/700 a 900/1000
	F2	$1000 > P > 1200$		
	F3	$800 > P > 1000$		
	F4	$600 > P > 800$		
	F5	$600 > P$		
Terra de Transição	T1	$P > 1200$	$14 \geq T > 12,5$	400/500 a 600/700
	T2	$1000 > P > 1200$		
	T3	$800 > P > 1000$		
	T4	$600 > P > 800$		
	T5	$600 > P$		
Terra Quente	Q1	$P > 1200$	$T > 14$	$< 400/500$
	Q2	$1000 > P > 1200$		
	Q3	$800 > P > 1000$		
	Q4	$600 > P > 800$		
	Q5	$600 > P$		

Analizando o Quadro 2, verifica-se o macrobioclima de tipo mediterrâneo por praticamente toda a área do PNM. O cume da Serra de Montesinho é, em princípio, temperado submediterrânico supratemperado hiper-húmido (IPB/ICN, 2007).

2.1.3 - Solos

Na área do PNM as duas unidades de solos principais são os Leptossolos úmbricos de xistos (16175 ha) e os Leptossolos dístricos órticos de xistos (16144 ha), ambas correspondendo a solos incipientes (Figura 2). Seguem-se os Cambissolos, em 4/5 da área não ocupada pelos Leptossolos, em declives inferiores a 12%, os Luvisolos (de rochas básicas) e Alissolos (de depósitos sedimentares, maioritariamente argiláceos e com calhau rolado). As duas últimas unidades classificam-se de solos evoluídos e ocupam 2,5% da área do PNM, nos declives suaves dos relevos ondulados de planalto. Os Fluvisolos encontram-se junto às linhas de água. Os Pararregossolos fazem parte dos solos incipientes do PNM.



Figura 2: Importância das unidades de solo dominantes identificadas no PNM (IPB/ICN, 2007).

Relativamente às unidades secundárias do solo, as quais ocupam praticamente metade da área do PNM, dominam as unidades Úmbricas (49,3%) situadas nos locais mais elevados, acima dos 900m. As unidades secundárias Líticas ocupam 10% do território e, encontram-se nos locais de maior declive. Na restante área do PNM encontram-se as unidades Êutricas (6%, constituídas por rochas básica e ultrabásica) e as Dístricas (36%, constituídas por todo o tipo de materiais consolidados).

A unidade litológica mais representativa no PNM é o xisto, sendo também importantes as rochas básicas, ultrabásicas, granitos e migmatitos (Figura 3).

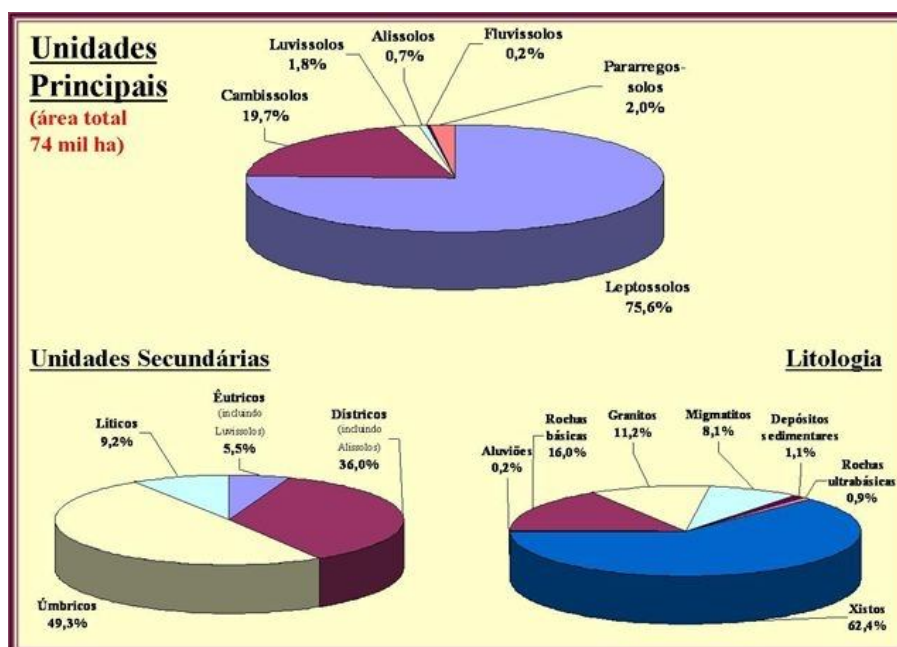


Figura 3: Unidades principais (acima), unidades secundárias (baixo à esquerda), e litologia (baixo à direita) das Unidades Solo dominantes identificadas no PNM (IPB/ICN, 2007).

2.1.4 – Unidades de paisagem do PNM

A paisagem do PNM divide-se em cinco unidades paisagísticas principais. O extremo ocidental apresenta um pequeno trecho da paisagem de Planalto (Lomba), o extremo oriental apresenta trechos das unidades de paisagem Aberta, de Transição, e de Matos e Matas. As unidades de paisagem mais representativas, com 87,6%, são as “Matas e matos”, “Matos e pinhais”, e “Vinhais”. As menos representativas com 12,4% da paisagem do PNM são, “Aberta” e a “Montanha granítica” (Quadro 3).

Quadro 3: Representatividade das Unidades de Paisagem consideradas no território do PNM (IPB/ICN, 2007).

Unidade de Paisagem	Área (10 ³ ha)	% PNM
Matas e matos	32,20	43,3%
Matos e pinhais	17,96	24,2%
Vinhais	14,95	20,1%
Aberta	6,06	8,2%
Montanha granítica	3,13	4,2%

2.2 - Matos do Parque Natural de Montesinho

Os matos são espécies arbustivas espontâneas, com objectivos e funções bem determinadas no território do PNM, onde ocupam 1/3 da sua área (IPB/ICN, 2007).

Antigamente a área de matos era considerada de incultos, sem qualquer utilidade para a população. Neste momento os Matos contribuem socioeconomicamente no PNM de forma positiva nas actividades agro-florestais como a caça, a produção de pequenos ruminantes e a apicultura (IPB/ICN, 2007).

2.2.1 – Classes de vegetação do PNM

A vegetação arbustiva do Parque Natural de Montesinho é constituída por: (i) Matos altos que se dividem em dois grandes grupos, os matagais de *Pistacio-Rhamnetaia alaterni* (*Quercetea ilicis*) e giestais (*Cytisetea scopario-striati*); e, (ii) Matos baixos que se distribuem por três classes de vegetação, *Calluno-Ulicetea* (maioritariamente acidófilos meso-higrófilos), *Cisto-Lavanduletea* (maioritariamente acidófilos meso-xerófilos), e *Rosmarinetea officinalis* (calcícolas) (AGUIAR, 2005).

No PNM foram identificadas 129 comunidades repartidas por 31 classes de vegetação. No Quadro 4 encontram-se as classes de vegetação sobre as quais vai recair o estudo.

Quadro 4: Classes de vegetação presentes no PNM (AGUIAR, 2005; IPB/ICN, 2007).

Classes de Vegetação	Área (ha)
Vegetação subserial sufruticosa e arbustiva	
Vegetação sufruticosa subserial heliófila	
XXV. <i>Calluno-Ulicetea</i> – urzais, urzais-tojais e tojais	17905
XXVI. <i>Cisto-Lavanduletea</i> – estevais	4558
Vegetação arbustiva subserial de orlas de bosque	
XXVII. <i>Cytisetea scopario-striati</i> – giestais e piornais	2921
Total	25384

2.2.2 – Comunidades vegetais na composição dos mosaicos de vegetação do PNM

Para complementar a informação do quadro anterior (Quadro 4), apresentam-se de seguida as comunidades mais relevantes na composição dos mosaicos de vegetação do PNM (Quadro 5), apenas para essas classes de vegetação.

Quadro 5: Comunidades vegetais mais relevantes na composição dos mosaicos de vegetação do PNM (IPB/ICN, 2007).

Giestais e piornais (*CYTISETEA SCOPARIO-STRIATI*)

1. *Echinopartum lusitanici*: Comunidade de carácter reliquial dominada pela caldoneira (*Echinopartum ibericum*) própria de locais muito ventosos sobre solos esqueléticos, e presente nas cotas mais elevadas da Serra de Montesinho.
2. *Cytiso scoparii-Genistetum polygalaephyllae*: Comunidade de características pré-florestais dominada por giestas de flor amarela (*Cytisus scoparius* e *Genista florida* subsp. *polygalaephylla*), presente por toda a área do Parque nas orlas de bosques climatófilos ou, por vezes, em campos agrícolas abandonados e com solos profundos.

3. *Cytiso striati-Genistetum polygalaephyllae*: Comunidade dominada por giestas de flor amarela (*Cytisus striatus* e *Genista florida* subsp. *polygalaephylla*) que coloniza solos abandonados pela agricultura substituindo, nas cotas mais elevadas, os giestais de *Lavandulo sampaiana*-*Cytisetum multiflori*.
4. *Genisto falcatae-Ericetum arboreae*: Comunidade umbrófila dominada pela urze-branca (*Erica arborea*), giesta-negra (*Cytisus scoparius*) e tojo-gadanho (*Genista falcata*) que ocupa as orlas de carvalhais e azinhais, sendo especialmente frequente na área central do Parque onde ocorre a maior mancha de bosques climácicos caducifólios.
5. *Genisto hystricis-Cytisetum multiflori*: Comunidade de piconesa (*Genista hystrix*) e giesta-de-flor-branca (*Cytisus multiflorus*) “adaptada” a solos delgados, presente sobre rochas ultrabásicas e sobre xistos na extremidade Este do PNM.
6. *Lavandulo sampaiana*-*Cytisetum multiflori*: Giestal heliófilo, dominado pela giesta-de-flor-branca, primocolonizador de solos abandonados pela agricultura nos vales mais térmicos do PNM.
7. *Ulici latebracteati-Cytisetum striati*: Comunidade dominada pela giesta-amarela (*Cytisus striatus*) e tojo-arnal (*Ulex europaeus* subsp. *latebracteatus*), colonizadora de solos abandonados pela agricultura nas zonas do PNM com maior influência atlântica (Lomba e Pinheiros).

Urzais, urzais-tojais e tojais (*CALLUNO-ULICETEA*)

8. **Com. de *Erica scoparia* e *Erica australis* subsp. *aragonensis***: Comunidade própria de solos delgados com origem antrópica derivados de rochas básicas, presente no planalto de Paçó-Travanca.
9. *Genistello tridentatae-Ericetum aragonensis*: Urzais densos e de grande porte, dominados pela urze-vermelha (*Erica australis* subsp. *aragonensis*), carqueja (*Pterospartum tridentatum* subsp. *lasianthum*), sargaço (*Halimium alyssoides*) e queiró (*Erica umbellata*). Representa uma das unidades de vegetação mais determinantes na paisagem do PNM.
10. *Halimio alyssoidis-Pterospartum tridentati*: Urzais-tojais de cariz atlântico, densos e de porte baixo, dominados pelas urzes *Erica cinerea* e *E. umbellata*, *Pterospartum tridentatum* e *Ulex minor* (tojo-molar) presentes a Oeste do PNM, nas zonas dos Pinheiros e Lomba.
11. *Genisto anglicae-Ericetum tetralicis*: Urzais higrófilos dominados pela margariça (*Erica tetralix*), *Genista anglica*, *Genista micrantha* e torga-ordinária (*Calluna vulgaris*), presentes sobre solos encharcados localizados nas zonas planálticas mais elevadas da Serra de Montesinho e dos Pinheiros. Os urzais higrófilos dispõem-se em mosaico com cervunais de *Nardetea*.

Estevais (*CISTO-LAVANDULETEA*)

12. *Cisto ladaniferi-Genistetum hystricis*: Estevais dominados pela esteva (*Cistus ladanifer*) e piconesa (*Genista hystrix*) frequentes na zona Leste do PNM sobre solos delgados derivados de rochas ultrabásicas ou xistos, normalmente devido a uma intensa utilização cerealífera no passado.
13. *Euphorbio oxyphyllae-Cistetum ladaniferi*: Esteval com esteva, *Euphorbia oxyphylla*, *Halimium umbellatum* subsp. *viscosum*, perpétuas (*Helichrysum stoechas* subsp. *stoechas*), arçã (*Lavandula stoechas* subsp. *sampaiana*) e bela-luz (*Thymus mastichina*). Ocorre exclusivamente no vale do rio Maças, a Oeste do PNM, sendo subserial dos sobreirais também presentes nesta região.
14. *Lavandulo sampaiana*-*Cistetum populifolii*: Comunidade dominada por uma grande diversidade de espécies do género *Cistus*, presente nos vales do rio Rabaçal e Ribeira de Assureira em mosaico com os medronhais de *Erico scopariae-Arbutetum unedonis*.

2.2.3 – Distribuição dos matos em estudo no PNM

Os matos – Esteva, Giesta e Urze – representam 34% de Unidades de Paisagem do PNM, que corresponde a 1/3 da área do mesmo (Figura 4).

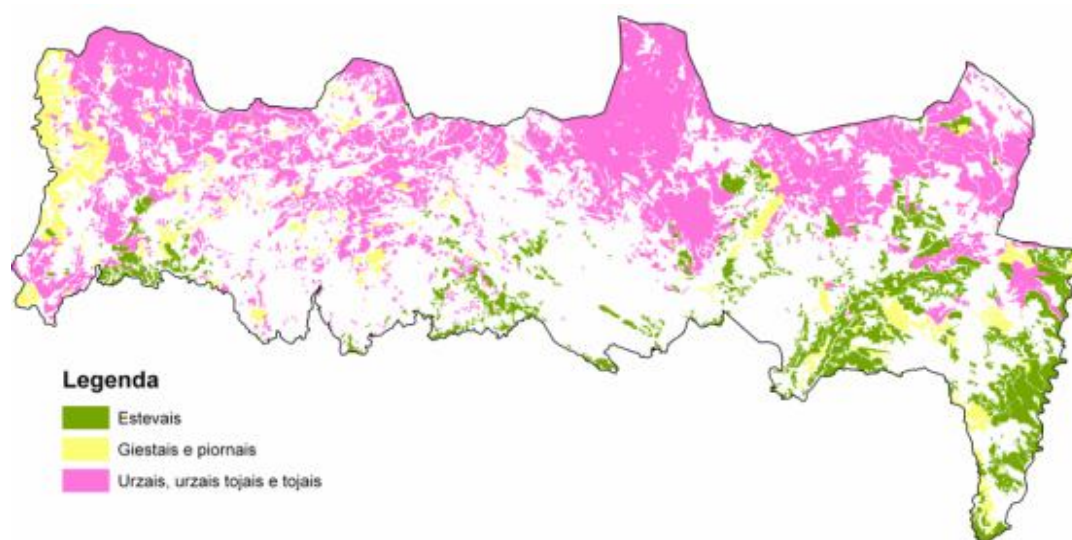


Figura 4: Distribuição dos Matos – Esteva, Giesta e Urze, no PNM (mapa produzido pelo Ligeo, ESA/IPB, no âmbito do projecto Edunather, 2007).

2.2.4 – Valores socioeconómicos – benefícios indirectos dos matos no PNM

No Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho (IPB/ICN, 2007), identificam-se e quantificam-se os benefícios indirectos dos ecossistemas presentes relacionados com as funções naturais que eles desempenham, de modo a evidenciar a distribuição territorial das zonas com maior e menor potencial de fornecimento de serviços ecossistémicos. Esta atribuição de valores é meramente ilustrativa porque não tem nenhum modelo analítico que a sustente, são valores meramente subjectivos, baseados na opinião de especialistas com base no seu conhecimento do território. Cada tipo de uso da terra está classificado com um índice que varia entre zero e três, consoante a sua capacidade de fornecimento de serviços ecossistémicos (zero – não fornece qualquer serviço, três máximo fornecimento do serviço em causa).

Da análise do Quadro 6 e para o uso da terra Matos, os vários tipos de serviços ecossistémicos apresentam valores que variam entre 2 e 3. Apenas para as funções de produção “madeira, lenhas” apresentam valor 1. Assim, os especialistas consideram os matos um tipo de uso do solo com fornecimentos de serviços importantes no PNM. Comparando os valores obtidos para os matos com os outros tipos de uso da terra observa-se que os matos estão muito bem classificados. Mas, como referido, estes valores são meramente opinativos, valendo a pena aqui sublinhar que um contributo potencial deste trabalho é o de fornecer informação cientificamente sustentadas e verificar se conferem com os valores do Quadro 6.

Quadro 6 – Produção de serviços ecossistémicos no Parque Natural de Montesinho, segundo os tipos de uso da terra (IPB/ICN, 2007).

Tipos de serviços ecossistémicos	Tipos de Uso da Terra														
	Culturas Anuais Intensivas	Culturas Anuais Extensivas	Horta	Vinha	Souto	Pomar	Lameiro	Carvalho	Azinhala	Galerias Ripícolas	Pinhal	Castiçal	Outros povoamentos	Matos	Água
Funções de regulação															
Sequestração de CO ₂				1	3	1	1	3	3	3	*	3	3	2	
Regulação climática				1	3	1	1	3	3	3	*	3	3	2	
Prevenção de fenómenos catastróficos	3	3	3	2			3	3	2	3					
Regulação do ciclo da água	1	1	1	1	3	1	2	3	3	3	*	3	3	2	
Fornecimento de água															3
Retenção do solo				1	2	1	3	3	3	3	*	3	3	2	
Formação do solo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	*	2	2	2	
Regulação do ciclo de nutrientes							2	3	3	3	*	3	3	3	
Controlo biológico							2	3	3	3	*	3	3	3	
Funções de habitat															
Refúgio de biodiversidade	1	1	1	1	2	1	3	3	3	3	*	3	3	3	3
Funções de produção															
Alimentos	3	2	3	3	2	2	3	1							2
Madeira, lenhas					3		3	3	3	3	*	3	3	1	
Recursos genéticos	1	2	2	1	2	1	3	3	3	3	*	2	2	3	3
Substâncias de uso farmacêutico	1	2	3		2	2	3	3	1	2	1			3	1
Funções de informação															
Informação estética	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	*	2	2	3	3
Recreação							2	2	2	2	*	1	1	2	3
Informação artística e cultural	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	*	3	3	3	3
Informação espiritual e histórica	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	*	3	3	3	3
Educação e ciência	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	*	3	3	3	3

2.3 – Solo

O solo é um recurso natural, vital e não renovável, devido ao seu muito lento e complexo processo de formação. O solo é a camada friável da crosta terrestre, cobre os continentes, constitui a interface entre a terra, o ar e a água e aloja a maior parte da biosfera (COSTA, 1999).

O solo situa-se entre a superfície e a rocha-mãe, a sua camada superficial é a mais produtiva. O solo é formado por partículas minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos vivos (COSTA, 1999; COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, 2006; COMISSÃO EUROPEIA, 2007).

O solo fornece alimentos, matéria-prima e biomassa. Serve de plataforma para as actividades humanas, paisagem e património e tem um papel fundamental como habitat e reservatório de genes. O solo armazena, filtra e transforma várias substâncias como a água, nutrientes e carbono (COSTA, 1999; COMISSÃO das COMUNIDADES EUROPEIAS, 2006; COMISSÃO EUROPEIA, 2007).

A degradação do solo é um fenómeno cada vez mais frequente nos dias que correm. Muitas das perdas de solo ocorrem através de fenómenos naturais (eventualmente exacerbados pelas alterações climáticas, na circunstância causadoras de aumentos da temperatura e fenómenos meteorológicos extremos), e de actividades humanas não sustentáveis, como a construção desmedida, as más práticas agrícolas, pastoreio intensivo, desflorestação, fogo, uso intensivo das terras, crescimento da população, turismo, industrialização, etc. (COSTA, 1999; COMISSÃO das COMUNIDADES EUROPEIAS, 2006; COMISSÃO EUROPEIA, 2007).

Os indicadores relacionados com a degradação do solo são, a compactação, o escoamento e a erosão, o estado nutricional, a matéria orgânica, a temperatura e a humidade do solo (MERINO, 2008a).

A compactação do solo reduz o espaço poroso, sendo suficiente para diminuir o desenvolvimento das raízes, afectando assim o seu crescimento e a formação de vegetação herbácea e de matos, para além de afectar o escoamento e a erosão. É importante destacar que a recuperação desses solos é um processo lento, e os matos têm dificuldade em estabilizar (MERINO, 2008a).

Apesar de 1cm de solo levar séculos a se formar, este quando indevidamente utilizado pode ser transportado pelo vento e água em poucos anos. Os processos físico-químicos,

o teor de matéria orgânica, a textura e estrutura do solo são factores que influenciam a sua erodibilidade (POLYAKOV & LAL, 2004a; BISSONNAIS *et al.*, 2006).

A estrutura do solo é muito variável e complexa, acompanhando a complexidade e variabilidade dos próprios solos. A título ilustrativo, refira-se que, só na Europa foram identificados 10000 tipos diferentes de solos (COSTA, 1999; COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, 2006; COMISSÃO EUROPEIA, 2007). A estrutura do solo pode ser alterada através do transporte de sedimentos e uma das medidas aplicadas para o seu controlo é a adição de substâncias orgânicas que são decompostas por microrganismos. Os danos causados à estrutura do solo têm repercussões sobre outros meios e ecossistemas. A matéria orgânica do solo é sensível a fenómenos de moderada e severa erosão, sendo a magnitude desta perda comparável à da remoção de biomassa através da colheita, em baixos níveis de erosão o sistema solo-planta consegue reconstituir a matéria orgânica que perdeu (POLYAKOV & LAL, 2004a). A extracção de biomassa sem qualquer planificação causa danos importantes sobre o meio ambiente, conduzindo à degradação do solo (MERINO, 2008a).

A perda de solo nas zonas declivosas e a sua redistribuição pela paisagem afecta de forma negativa a qualidade do solo e o ambiente (POLYAKOV & LAL, 2004b). O conhecimento dos solos de um território é um dos elementos essenciais para a identificação de potencialidades, limitações e riscos associados ao uso actual ou futuro da terra (FIGUEIREDO, 2002).

No Nordeste de Portugal 30% da terra é ocupada por solos de matos que têm um teor médio de matéria orgânica de 7% na sua constituição, ligeiramente superior mas não chega aos 8%, é o valor médio para as pastagens, sendo estes valores superiores relativamente ao dos solos com uso por floresta, agricultura e de culturas perenes. Os solos do Nordeste de Portugal apresentam limitações à utilização da terra, sendo as mais relevantes as seguintes: a espessura do solo (em 74% da área situa-se nos 10-50cm); carência de água no solo (elevada em 48% da área); pedregosidade (moderada em 58% da área) e declive dominante (em 43% da área situando-se nos <12-15%) (FIGUEIREDO, 2002).

2.4 – Horizonte orgânico dos solos

Os restos vegetais como as folhas, ramos, inflorescências, acumulam-se à superfície do solo, formando uma camada orgânica, denominada horizonte orgânico (RANGER & BONNEAU, 1984). A vegetação constitui a principal fonte de resíduos da fracção

orgânica do solo, o que vai afectar o tipo e quantidade de matéria orgânica presente, dependendo das características da vegetação (FONSECA, 1997).

Com o tempo a acumulação de material orgânico aumenta a flora e a actividade da fauna, possibilitando a formação de macroporos, o aumento da capacidade de infiltração de água e diminuição da erosão potencial (TRIMBLE, 1990). Também, os resíduos orgânicos no solo reduzem a evaporação e interferem de forma positiva na temperatura do solo (MERINO, 2008a).

A função do horizonte orgânico no solo é muito importante, porque melhora as suas propriedades hídricas, fornece e retém nutrientes e protege os horizontes minerais subjacentes. A remoção ou destruição deste horizonte por vários factores externos como a erosão, origina várias ocorrências como (REGO, 1986; PINTO, 1990):

- A redução da matéria orgânica origina a diminuição de retenção pelo complexo de troca, provocando uma maior facilidade da existência de lixiviação e lavagem de colóides. Os colóides orgânicos são responsáveis por mais de metade da capacidade de troca catiónica dos solos.
- A remoção em grandes quantidades da camada de folhada e húmus origina modificações no movimento da água à superfície e interior do solo, devido à exposição directa deste aos elementos climáticos, originando uma diminuição das taxas de infiltração, devido à menor capacidade de intercepção da precipitação e retenção de água à superfície do solo.
- A velocidade de infiltração da água no solo é reduzida, porque o impacto das gotas da chuva no solo nu destrói os agregados deste e assim obstrui os poros maiores em fracções mais pequenas.

Todos estes acontecimentos provocam um aumento do escoamento e erosão superficial, havendo assim uma ineficiente utilização da água disponível por parte do solo e uma grande perda de nutrientes (MADEIRA & PEREIRA 1981 cit. PINTO 1990).

2.5 – Processo Erosivo

2.5.1 – Erosão hídrica

A forma mais comum de degradação do solo é a erosão hídrica e resulta da acção da água da chuva e do escoamento superficial. A superfície terrestre globalmente afectada pela erosão é de 1094 milhões de hectares (Mha), dos quais 751 Mha estão gravemente afectados, por erosão hídrica, e 549 Mha por erosão eólica, sendo que 296 Mha estão

gravemente afectadas. São reconhecidos os efeitos da erosão na produtividade e nas fontes não tóxicas de poluição (LAL, 2003; FIGUEIREDO, 2005).

A erosão hídrica é um fenómeno complexo que compreende o destacamento e transporte de partículas de solo, por acção directa da chuva e pelo escoamento superficial, sendo a magnitude desta influenciada pela magnitude da chuva. Quando não existe energia suficiente para realizar o transporte das partículas ocorre a sua deposição (HUDSON, 1981; MORGAN, 1986; MORGAN, 1995; BIENES *et al.*, 1999; RÖMKENS *et al.*, 2001; LAL, 2003; BOYE & ALBRECHT, 2006). De um modo geral, a erosão está limitada pelo grau de destacamento das partículas do solo, e pela sua capacidade de transporte do escoamento superficial (MORGAN, 1986). A avaliação destes processos quanto à sua importância e magnitude dependem, entre outros factores, do clima, propriedades do solo, condições topográficas, práticas de mobilização e coberto vegetal (HUDSON, 1981; MORGAN, 1986; MORGAN, 1995; BIENES *et al.*, 1999; RÖMKENS *et al.*, 2001; LAL, 2003; BOYE & ALBRECHT, 2006).

Nos processos erosivos ocorre selectividade relativamente às partículas transportadas, dando origem a diferentes curvas granulométricas de material erodido para o mesmo solo, consoante os processos ocorram em locais de erosão ou deposição (MORGAN, 1986).

Na Região Mediterrânica verificam-se elevadas taxas de erosão, que são atribuídas ao regime climático, sendo também o coberto vegetal, o uso da terra e a topografia factores muito importantes no controlo da intensidade e frequência dos processos erosivos (BRYAN & CAMPBELL, 1986; THORNES, 1990).

Como é o caso de Portugal onde as precipitações se concentram em períodos curtos e os declives são acentuados, a erosão hídrica obtém as condições favoráveis para decorrer de forma mais acentuada se não existir cobertura vegetal. Pode assumir dimensões causadoras de elevados prejuízos do ponto de vista económico, social e ambiental (PINTO, 1990; BASIC *et al.*, 2001; BOYE & ALBRECHT, 2006).

Uma das propriedades do solo que afecta a erosão, por processos mecânicos ou químicos, é a humidade do solo. O humedecimento rápido da superfície do solo, principalmente em situação de solo seco, provoca uma progressiva compressão do ar aprisionado no interior dos agregados, levando à abertura de pequenas fissuras, superfícies de fractura ou mesmo fragmentação completa (DEXTER, 1988). A destruição dos agregados por acção da água depende da intensidade da chuva, da humidade e quantidade de matéria orgânica do solo, que confere estabilidade aos

agregados. Os agregados do solo são mais estáveis nos solos florestais do que nos de cultivo (FONSECA, 1997; MORGAN, 2005).

Conforme NORTCLIFF *et al* (1990), o declive afecta de forma significativa a erosão e o escoamento. A perda de solo nas áreas declivosas e a sua redistribuição pela paisagem afecta de forma adversa a qualidade do solo e do ambiente (POLYAKOV & LAL, 2004b).

A erosão hídrica depende da eficiência dos sistemas de vegetação presentes e, apenas nos casos em que este é incapaz de proteger o solo, as perdas de água e sedimento podem atingir proporções graves (OLARIETA *et al.*, 1997; BIENES *et al.*, 1999).

Na Região Mediterrânica, a erosão representa um sério problema na degradação e desertificação dos solos, contribuindo desta forma para uma relevante redução do crescimento da vegetação, assoreamento dos cursos de água e formação de deltas fluviais nas zonas costeiras (KOSMAS *et al.*, 1997; ANDREU *et al.*, 1998).

A menor capacidade do solo para armazenar água está geralmente relacionada com a elevada compactação e baixa taxa de infiltração do mesmo, originadas pela escassez da matéria orgânica e por uma estrutura débil no horizonte superficial (BIENES *et al.*, 1999).

No solo a formação da crosta inicia-se após a ocorrência de precipitação, sendo esta formação mais rápida em solos secos do que em solos húmidos, devido à baixa resistência dos agregados quando ocorre o processo de humedecimento, assumindo elevada importância o teor inicial de água no solo (LE BISSONNAIS & SINGER, 1993; BRESSON *et al.*, 2006). O seu desenvolvimento tende a reduzir a permeabilidade e o arejamento do solo no estado húmido, tende ainda a aumentar o escoamento superficial e a reduzir a erosão por salpico (CALLEBAUT, 1987). Em vários solos observam-se diferenças nos volumes e taxas de infiltração, escoamento e perda de solo subsequente, as quais foram atribuídas a variações da taxa de formação da crosta. O escoamento superficial inicia-se quando a água se infiltra no solo, este satura superficialmente e formam-se poças (GUERRA *et al.*, 1999). A causa principal do aumento do escoamento com o tempo, durante uma chuvada erosiva, é a diminuição da porosidade nos primeiros milímetros de solo. Relativamente à camada superficial do solo, a sua compactação constitui uma barreira física de elevada importância, pois impede o estabelecimento e desenvolvimento do coberto vegetal (LE BISSONNAIS & SINGER, 1993; TOMÁS, 1997; BIENES *et al.*, 1999).

2.5.2 - O Ciclo hidrológico e o processo erosivo

A chuva constitui a principal entrada de água na superfície da Terra. A erosão está muito ligada ao ciclo da água e, assim, a conservação dos solos tem de estar associada a uma boa gestão da água, naturalmente significando a sua conservação (FIGUEIREDO, 2005).

O ciclo hidrológico é de importância fundamental para o processo erosivo, devido a que parte da água cai directamente no solo, outra parte é interceptada pela cobertura vegetal, que retorna à atmosfera por evaporação ou chega ao solo, pelo gotejamento das folhas e pelo fluxo ao longo do tronco. A água que chega ao solo, directamente pelo impacto das gotas, ou indirectamente depois de ter sido interceptada pela cobertura vegetal, é a que vai participar na erosão. A água pode tomar vários caminhos: primeiro causa o salpico, depois infiltra-se, aumentando o teor de humidade do solo, podendo saturá-lo, e pode-se armazenar nas irregularidades do solo formando poças, que eventualmente podem dar início ao escoamento superficial, que será o responsável pelos processos erosivos de superfície (GUERRA *et al.*, 1999).

O escoamento superficial apresenta diferentes propriedades hidráulicas consoante este ocorra em toalha ou laminar, por sulcos e por ravinas (TOMÁS, 1997).

Os resultados de medição de características de gotas de chuva simulada (velocidade da queda, forma da gota e massa) a alturas reduzidas de queda podem ser de especial interesse para estudo da erosão hídrica onde a vegetação está presente e a porção de chuva que goteja das folhas e dos ramos tem um papel importante. Quando são usados simuladores para comparar estudos de erosão é relevante a determinação da velocidade da queda e da forma da gota (DE PLOEY, 1983).

A energia cinética das gotas de chuva é dissipada ao atingir o solo, provocando o colapso de agregações de partículas, num processo físico denominado desagregação por impacto.

A energia cinética determina a erosividade, que é a capacidade da chuva causar erosão (HUDSON, 1981). Os parâmetros que podem ser utilizados para medir a erosividade da chuva são: a precipitação total, a intensidade da chuva, o momento e a energia cinética. A energia cinética está relacionada com a intensidade da chuva (energia total das gotas da chuva), em função da sua duração, massa, tamanho da gota e velocidade (GUERRA *et al.*, 1999).

A erosão é o destacamento de partículas do solo e o seu transporte para fora da zona de onde foram destacadas. As gotas de chuva são o principal agente de destacamento de partículas do solo (salpico), havendo tanto mais destacamento quanto mais intensa for a chuvada. O escoamento superficial contribui principalmente para o transporte de partículas, sendo este tanto maior quanto maior o volume e a velocidade do escoamento. No seu conjunto, os mecanismos de salpico e de transporte por escoamento superficial (difuso) originam a erosão laminar (FIGUEIREDO, 2005; MORGAN, 2005).

Com a erosão há perda de solo, mas a perda é quase sempre selectiva, afectando mais as partículas finas. Deste modo o solo fica mais pobre em colóides, que são a fracção quimicamente activa dos solos, essencial à sua fertilidade (MORGAN, 2005).

A erosão é uma perda de solo mas também uma perda de água, que resulta do escoamento superficial. Mas a perda não é apenas quantitativa. É também qualitativa, porque a água transporta os nutrientes mais solúveis, principalmente o azoto nítrico (NO_3^-), que assim não podem ser disponibilizados para as plantas. Se a água do escoamento superficial, carregada de sedimentos em suspensão e de compostos químicos em solução, atinge as linhas de água, a água que nelas corre torna-se imprópria para consumo humano e pelos animais. Assim, o escoamento superficial erosivo corresponde não só a uma perda de água mas também a uma degradação da sua qualidade (MORGAN, 1995; FIGUEIREDO, 2005).

2.5.3 – Efeito da vegetação no processo erosivo e caso particular dos matos

Há uma relação estreita entre a vegetação e a erosão. A vegetação com funções determinadas pela sua estrutura, arquitectura e distribuição, controla a erosão (escoamento superficial, perda de solo e elementos químicos) (MORGAN & RICKSON, 1995; MORGAN, 2005). No local aonde a vegetação reduz a erosão também se efectua a sedimentação das partículas erodidas (VILES, 1990). Pode-se alterar o coberto vegetal num curto espaço de tempo, mas as mudanças biofísicas dentro do solo que também afectam a taxa de erosão podem levar longos períodos (TRIMBLE, 1990).

O conhecimento da eficiência relativa das diferentes componentes das plantas é de elevada importância para a selecção de espécies naturais capazes de combater a desertificação na região Mediterrânica (RICKSON & MORGAN, 1988; BOCHET *et al.*, 1998; BOCHET *et al.*, 1999).

Para se compreender o papel da vegetação no combate à erosão é necessário: compreender os processos de erosão; considerar como cada um destes processos pode ser afectado pela vegetação; determinar as propriedades salientes da vegetação que mais afectam estes processos; tentar quantificar os efeitos combinados da vegetação nos processos, agindo em conjunto em situações diferenciadas (MORGAN & RICKSON, 1995).

As chuvas periódicas (concentradas), característica de ambientes secos, aumentam a variabilidade temporal da humidade do solo e favorece a formação de vegetação de matos, podendo esta extrair água a maior profundidade e assim melhorar o estado físico, químico e micro-climáticas do solo (SCHLESINGER *et al.*, 1990).

Quando se comparam matos, bosques e espécies arbóreas quanto às condições potenciadoras de erosão, obtém-se que, os matos, devido à presença de pouca vegetação rasteira, à cobertura da copa, deixam o terreno menos protegidos e com maior quantidade de partículas em condições para serem erodidas. Estudos de simulação de chuva demonstraram que os matos e bosques conduziram a baixos valores de escoamento superficial, o que reforça a teoria das diferenças espaciais produzidas pelo tipo de vegetação e sua distribuição (SALA & CALVO, 1990).

A importância da vegetação de matos no controlo da erosão é atribuída a dois efeitos principais, por um lado, o directo, que efectua a protecção mecânica da superfície do solo, contrariando a erosão por salpico. Por outro lado, os factores indirectos que produzem uma melhoria das propriedades físicas e químicas do solo e estrutura, essencialmente pela incorporação de matéria orgânica (BOCHET *et al.*, 1998; BOCHET *et al.*, 1999). Dependendo da morfologia dos matos, esta reduz o escoamento e perda de solo (MORGAN, 1995; BOCHET *et al.*, 1998; MORGAN, 2005). A erosão também depende do tamanho dos matos (FRANCIS & THORNES, 1990).

Na região do Mediterrâneo, onde a chuva é escassa, mas muitas vezes de grande intensidade, os matagais fornecem a cobertura vegetal essencial para a protecção do solo contra a erosão hídrica, reduzindo consideravelmente a sua taxa, principalmente nas encostas (SALA & CALVO, 1990; BOCHET *et al.*, 1998).

2.5.4 – Erosão dos solos e problemas ambientais na Europa

Para o texto desta secção utilizou-se, em grande parte, a informação publicada em FIGUEIREDO (2002), MORGAN (2005), LANG & BORK (2006), BOARDMAN &

POESEN (2006), COMISSÃO EUROPEIA (2006), COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS (2006), COMISSÃO EUROPEIA (2007)

De acordo com dados da COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS (2006), 115 milhões de hectares, o que equivale a 12% do território europeu, estão sujeitos à erosão hídrica e 42 milhões de hectares à erosão eólica.

A Estratégia Temática para a Protecção do Solo, da COMISSÃO EUROPEIA (2007) aborda as ameaças ao solo e cria um quadro comum para a sua protecção. O seu objectivo é o de travar e inverter o processo de degradação e assegurar, na União Europeia, que as gerações futuras disponham de solos em boas condições e capazes de acolher os ecossistemas de que dependem as actividades e bem-estar humano.

Com a estratégia temática para a protecção dos solos ter-se-ão em conta os princípios da precaução, antecipação e responsabilidade ambiental e aquela centrar-se-á em: iniciativas existentes no âmbito das políticas ambientais, uma melhor integração da protecção do solo noutras políticas, a vigilância dos solos e novas acções baseadas nos resultados dessa vigilância.

Um dos objectivos do “sexto programa de acção para o ambiente” é a protecção do solo contra a erosão e a poluição. Qualquer dano na estrutura do solo traduz-se em danos noutros meios ambientes e ecossistemas. De acordo com a COMISSÃO EUROPEIA (2006), as principais ameaças a que estão expostos os solos europeus são: erosão, diminuição do teor em matéria orgânica, a contaminação local e difusa, a impermeabilização, a compactação, diminuição da biodiversidade, a salinização, as cheias, deslizamentos de terras, que, entre outros factores, podem conduzir à desertificação de regiões áridas ou semi-áridas. Dada a sua importância socioeconómica e ambiental, é necessário proteger as suas funções, pois são enormes as consequências económicas e os custos de reparação associados às ameaças que pesam sobre os solos.

A degradação do solo tem um impacto directo na qualidade da água, do ar, na biodiversidade e nas alterações climáticas. Além de poder prejudicar a saúde dos cidadãos e ameaçar a segurança dos alimentos para consumo humano e animal. A degradação do solo é uma preocupação a nível europeu e mundial.

Segundo a COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS (2006), é difícil prever como é que a degradação dos solos vai evoluir, uma vez que os dados disponíveis são muito limitados. Mas os factores antropogénicos, que estão na origem das ameaças, apresentam uma tendência crescente. As alterações climáticas, que se traduzem num aumento das temperaturas e em fenómenos climáticos extremos, estão a provocar um

aumento das emissões dos gases com efeito estufa provenientes do solo e a agravar ameaças como a erosão, os deslizamentos de terras, a salinização e a diminuição da matéria orgânica. Todos estes elementos apontam para a continuação da degradação do solo na Europa, eventualmente a um ritmo mais rápido.

2.6 – Simulador de Chuva

Os simuladores de chuva servem para aplicar água sobre o solo, de modo próximo do da chuva natural, sendo um instrumento utilizado para efectuar estudos de erosão, infiltração e escoamento superficial (TOMÁS, 1997).

Os simuladores de chuva podem simular a intensidade, a duração e a quantidade de chuva desejada, não ficando a investigação dependente das condições meteorológicas, e do factor tempo (GUERRA *et al.*, 1999).

As vantagens de utilizar um simulador de chuva são (HUDSON, 1981; BERTONI, 1990; TOMÁS, 1997; GUERRA *et al.*, 1999):

- A chuva é simulada no solo, sem alteração estrutural do terreno; os resultados do estudo são obtidos num curto espaço de tempo;
- Pode-se controlar a recolha dos dados, como e quando, o que torna o trabalho eficiente. Porque a depender da chuva natural a recolha de informação é bastante incerta, não falando do tempo que demora a obter os dados necessários;
- Aumento da eficiência do estudo devido ao controlo da chuva;
- Têm uma relação custo-benefício elevada porque os custos da recolha de dados por um simulador são bastantes inferiores à recolha desses dados em bacias naturais ou talhões, devido aos custos elevados tanto ao nível dos investimentos, manutenção e recolha de dados.

As desvantagens do simulador são (TOMÁS, 1997; GUERRA *et al.*, 1999):

- De ordem operacional, como o transporte do equipamento;
- O suprimento da água; a presença de ventos; ocorrência de chuva natural durante a simulação;
- Os simuladores são dispendiosos de construir, como o custo das peças, e usar, como o número de operadores necessários;
- As áreas em estudo são muito pequenas, desde inferiores a 1m² até várias centenas de m², o que por vezes dependendo do estudo não são representativas;
- As distribuições das gotas produzidas pelos simuladores não são idênticas às reais;

- Na sua maioria, os simuladores não possibilitam a variação da intensidade de precipitação ao longo de um evento simulado;
- Alguns simuladores produzem gotas com velocidades de impacto inferiores à velocidade terminal, originando energias cinéticas muito inferiores às reais.

Os simuladores de chuva, mesmo com as suas vantagens e desvantagens são a única ferramenta disponível para obter dados para um dado instante e local num período de tempo curto, para fazer face aos problemas actuais e os quais necessitam de resposta rápida (TOMÁS, 1997).

As características de um simulador de chuva para o estudo da erosão, infiltração e escoamento superficial são (MEYER, 1965; MEYER, 1979; PINTO, 1990; TOMÁS, 1997; MORGAN, 2005):

- Distribuição do tamanho da gota e velocidade terminal o mais próximo possível da chuva natural, para a mesma intensidade;
- Intensidades de precipitação dentro dos limites necessários para os estudos em vista e próximas das reais;
- Energia total correspondente à energia real;
- Área da parcela suficiente para representar bem o tratamento e as condições de erosão;
- Características da gota e intensidade de aplicação uniformes na área do talhão;
- Ângulo do impacto não diferente do vertical para a maioria das gotas;
- Aplicação de chuva uniforme por toda a área do talhão;
- Reprodução do comportamento temporal dos eventos pluviosos;
- Operação satisfatória em condições de vento com velocidades apreciáveis;
- Possibilidade de aplicar o mesmo evento simulado repetidamente;
- Equipamento portátil e de fácil manuseamento.

Existem dois tipos de simuladores baseados nos princípios e mecanismos de estudo da erosão, que são (MEYER, 1979; HUDSON, 1981; PINTO, 1990; TOMÁS, 1997):

- Gotejadores ou gotas não pressurizadas – água que goteja das extremidades de fios de tecido pendurado ou de pontas de tubo, iniciando a queda com velocidade nula, logo são necessárias alturas de queda elevadas (10-12m) para as gotas atingirem velocidades terminais. Geralmente o espectro das gotas é estreito e uniforme;
- Aspersores ou simuladores de bico pressurizados – aplicação da chuva através de bicos ou formadores de gotas, com uma velocidade significativa. Segundo

BERTONI (1990), tendo em conta a importância da energia cinética da chuva, os simuladores de bico sob pressão, são os que têm maior probabilidade de atingir a velocidade terminal. Para elevadas intensidades de precipitação estes simuladores permitem espectro de diâmetros de gotas e energias próximas das reais.

2.7 - Carbono no sistema

2.7.1 - Armazenamento de carbono

O carbono é armazenado em cinco grandes compartimentos no planeta. A maior reserva encontra-se nos oceanos, onde são acumulados 38000 Pg de C (1Pg C = 1015 g C). As reservas geológicas constituem a segunda maior capacidade de armazenamento de carbono, com 5000 Pg de C, onde 4000Pg estão acumulados na forma de carvão. O terceiro compartimento mais importante é o solo, com 2300 Pg, no qual o carbono é encontrado em dois componentes, a matéria orgânica (67%) e os compostos inorgânicos, como os carbonatos (33%). A próxima reserva é a atmosfera, onde existem 760 Pg de C acumulado presentemente. Por último, os organismos vivos contêm um total de 560 Pg de C (MERINO, 2008b).

Estes grandes compartimentos não estão isolados, mas sim interligados uns com os outros. As actividades humanas têm um efeito directo sobre estes compartimentos e sobre os fluxos de carbono, afectando assim a sua distribuição, bem como as emissões naturais que são regidas pela respiração dos organismos e decomposição dos resíduos orgânicos, fotossíntese e troca de gases nos oceanos. As emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis e da utilização dos solos também têm de ser considerados (MERINO, 2008b).

A quantidade de carbono armazenada nos sistemas florestais depende essencialmente das entradas como a produção primária das plantas, e as saídas, especialmente por respiração microbiana e erosão, sendo este balanço afectado pela mobilização do solo (MOORMAN *et al.*, 2004).

2.7.2 – O ciclo de carbono

O ciclo do carbono é muito importante nas causas e nas remediações das alterações climáticas globais (ROBERT, 2006).

A emissão de gases para a atmosfera e o agravamento do efeito de estufa acima do nível desejável, juntamente com o aquecimento da terra e da atmosfera, são actualmente uma enorme preocupação social. Este agravamento é causado, principalmente, pelo aumento do teor de CO₂, CH₄, N₂O e gases halogéneos na atmosfera, com a maior participação de CO₂ cerca de 60% (IPCC, 2000; ROBERT, 2006; MERINO, 2008b).

Dos cinco principais gases com efeito de estufa (dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, ozono e clorofluorcarbonos), apenas os clorofluorcarbonos (CFC) são exclusivamente de origem industrial (MERINO, 2008b).

A concentração de carbono na atmosfera tem vindo a aumentar e estima-se que duplique o seu valor no decorrer do presente século (ROCHEFORT & BAZZAZ, 1992; OWENBY *et al.*, 1994).

2.7.3 – Protocolo de Quioto

O interesse por estratégias de redução das emissões ou em utilizar práticas que as compensem, nomeadamente o armazenamento adicional nos sistemas florestais ou noutros reservatórios terrestres, tem vindo a aumentar com o evoluir do problema (IPCC, 2000). Logo, a investigação e a crescente utilização de tecnologias que conduzam ao sequestro de CO₂ são incentivadas pelo Protocolo de Quioto, o qual tem como principal objectivo diminuir o lançamento de gases com efeito estufa na atmosfera por acção das actividades humanas (UNFCCC, 2000). Os sistemas florestais contribuem para a mitigação das mudanças climáticas, devido à sua capacidade de retirar CO₂ da atmosfera através da fotossíntese, e de a armazenar em componentes bióticos e abióticos, pelo que a florestação e reflorestação podem dar um contributo significativo para o cumprimento dos objectivos daquele Protocolo (DIXON *et al.*, 1994; HARMON & MARKS, 2002; LACLAU, 2003; DECKMYN *et al.*, 2004).

2.7.4 – Carbono e as alterações no uso do solo e biomassa vegetal

O período de tempo e a taxa a que o carbono se pode acumular no solo é muito variável, dependendo da produtividade vegetal, das condições físicas e biológicas do solo, e do seu passado histórico relativo aos ganhos de carbono e das perturbações que ocorreram ao nível do sistema (PERCIVAL *et al.*, 2000; POST & KWON, 2000; SZAKÁCS, 2003; LAL, 2005).

O carbono orgânico do solo tem um papel fundamental no seu ciclo global e constitui o maior reservatório de carbono terrestre (ESF, 2004). Cerca de 75% do total de carbono

terrestre é armazenado nos solos (DIXON *et al.*, 1994; MERINO, 2008b), pelo que a sua dinâmica nestes sistemas, tem implicações significativas no armazenamento global (PERCIVAL *et al.*, 2000; SZAKÁCS, 2003; LAL, 2005).

Os efeitos directos do aumento dos níveis de carbono na atmosfera sobre os processos do solo são provavelmente pouco importantes, devido à elevada concentração de carbono no solo (VAN VEEN *et al.*, 1991; CALLESEN *et al.*, 2003).

Alterações na humidade do solo e regimes de temperatura podem afectar a composição das espécies no ecossistema. Estas mudanças do meio afectam a quantidade de carbono orgânico do solo e as propriedades físicas do mesmo, devido a mudanças na biomassa (acima e a abaixo do solo), que retorna ao solo (LAL, 2004).

O solo pode funcionar como um reservatório de CO₂ e CH₄, ou como uma fonte de CO₂, CH₄ e N₂O, de gases com efeito de estufa, dependendo do uso e gestão do mesmo (LAL, 1999 cit. CHHABRA *et al.*, 2003; CALLESEN *et al.*, 2003).

O sequestro potencial de carbono orgânico do solo é finito na amplitude e duração. É apenas uma estratégia de curto prazo para mitigar o enriquecimento antropogénico do CO₂ atmosférico (LAL, 2004).

A decomposição dos resíduos orgânicos do solo está particularmente dependente da actividade biológica existente no mesmo, pelo que elementos de clima como a precipitação e temperatura têm um efeito importante na variação do carbono no solo (SPAIN, 1990; POST & KWON, 2000).

Existem acréscimos de carbono no solo em regiões de clima tropical, subtropical e continental e pequenas reduções em regiões de clima temperado/mediterrâneo (PAUL *et al.*, 2002). O valor bruto das taxas de sequestro de carbono do solo pode ser maior, em regiões de clima frio e húmido do que em climas quentes e secos (LAL, 2002). A quantidade de carbono libertada é função da quantidade de carbono facilmente mineralizado, da temperatura e humidade, que são factores limitantes durante a estação seca e afectam estritamente a actividade respiratória que aí tem lugar (MERZOUKI *et al.*, 1990). Vários estudos referem que existe uma estimulação da actividade respiratória na Primavera e Verão e um decréscimo no Outono e Inverno (CABRAL, 1982, MERZOUKI *et al.*, 1989).

Em ecossistemas terrestres, o carbono libertado pelo solo tem origem, principalmente, na actividade da microflora dos sistemas e nos carbonatos radicais (VERDIER, 1975).

A perda de carbono do solo em resultado da erosão é causada por três processos (POLYAKOV & LAL, 2004a e b):

- remoção preferencial mecânica por fluxo de terra;
- mineralização induzida pela erosão, com libertação de carbono para a atmosfera;
- lixiviação.

A nível local, a variação da quantidade de carbono diz respeito principalmente ao horizonte superficial do solo, entre os 0 e 30cm de profundidade, e ocorre devido a modificações da quantidade e qualidade da matéria orgânica, transferência na forma sólida ou solúvel (deposição, erosão, lixiviação e escoamento superficial), e perda por mineralização (CO_2 , CH_4). Isto é, o solo tem elevada importância no controlo da quantidade e fluxo de carbono (BERNOUX *et al.*, 2006). Aumentos do armazenamento de carbono terrestre ocorrem com o transporte de carbono que é depositado nos locais onde a decomposição é mais lenta do que em locais de erosão. Diminuições no armazenamento de carbono terrestre segue a erosão, porque em locais de erosão a sua produção é reduzida e o material é mineralizado durante o transporte (JENERETTE & LAL, 2006; JACINTHE *et al.*, 2001).

Os solos e as alterações climáticas interagem de duas maneiras (ESF, 2004):

1. A quantidade de carbono libertado a partir do solo, é em parte função da temperatura, logo, o balanço de carbono no solo pode funcionar como um indicador de susceptibilidade das mudanças climáticas. Se os stocks de carbono no solo baixam, a sustentabilidade da produção agrícola nesses solos pode tornar-se questionável a longo prazo.
2. A questão das mudanças das práticas de manejo com vista ao aumento do armazenamento de carbono nos solos como meio de compensar as emissões de CO_2 de outros sectores foi considerada especulativa. Contudo, os benefícios ambientais e económicos desta forma de sequestro de carbono são enormes.

A nível mundial, o conteúdo de carbono nos solos é cerca de três vezes superior ao da vegetação (MERINO, 2008 b). Segundo ROBERT (2006), em solos agro-florestais pode-se aumentar o sequestro de carbono se aumentar a biomassa (vegetação ou resíduos orgânicos).

O empobrecimento do stock do carbono orgânico do solo é atribuída a vários factores, incluindo (SILVER *et al.*, 2000; ROSS *et al.*, 2002):

- diminuição da quantidade de biomassa devolvida ao solo;
- mudança de humidade do solo e regimes de temperaturas que acentuam a taxa de decomposição da matéria orgânica;

- elevada decomposição dos resíduos de culturas devido às diferenças na razão C:N e conteúdo de lenhina;
- perturbações induzidas;
- destruição da agregação do solo e redução da protecção física da matéria orgânica do solo;
- aumento da erosão do solo.

O sequestro de carbono nos solos é visto como um processo que pode reduzir as emissões de CO₂ e os potenciais impactos nas mudanças climáticas globais. A gestão dos sistemas para controlar a perda de sedimento tem um grande impacto na perda de carbono por erosão (OWENS *et al.*, 2002).

2.7.5 – Carbono orgânico

Existe relação entre erodibilidade do solo, carbono orgânico do solo e macro-agregação. A erosão envolve preferencialmente a remoção de carbono orgânico do solo porque este se concentra na superfície do solo e tem densidade inferior à da fracção mineral. O carbono orgânico do solo é transportado pela água da escoamento e redistribuído pelo território, sendo depositado em depressões do terreno juntamente com as partículas minerais (JACINTHE *et al.*, 2004; POLYAKOV & LAL, 2004b; LAL, 2006; OOST *et al.*, 2006). A redução do escoamento e da erosão é crucial para controlar a perda de carbono (BOYE & ALBRECHT, 2006).

O carbono orgânico do solo tem uma influência importante nas propriedades físicas e químicas do mesmo, e funciona como um componente chave na avaliação da sua qualidade (BOYE & ALBRECHT, 2006; OOST *et al.*, 2006).

O stock de carbono orgânico do solo é uma componente importante do ciclo global deste elemento, influenciando as alterações climáticas. A erosão dispersa o solo, alterando a sua actividade microbológica, a água, o ar e o regime de nutrientes, este, juntamente com o acréscimo dos sedimentos, têm um impacto sobre as emissões de gases pelo solo (POLYAKOV & LAL, 2004b).

A perda de carbono orgânico do solo, devido ao uso inadequado do solo e às más práticas de gestão ao longo do tempo, tem causado declínio da qualidade do solo e emissão de carbono para a atmosfera. A perda de carbono orgânico a partir do solo é agravada pela sua degradação, que inclui processos de erosão acelerada, esgotamento nutrientes, acidificação e salinização. A perda de carbono em solos erodidos é elevada

(JACINTHE *et al.*, 2001; LAL, 2002; OOST *et al.*, 2006; ROOSE & BARTHÉS, 2006).

2.7.6 – Carbono orgânico no solo de matos

O carbono orgânico do solo transportado no escoamento superficial, é superior nos matos do que no solo sem vegetação e, ao contrario, superior nos sedimentos produzidos em solo nu do que sob matos. As perdas de carbono nos sedimentos estão relacionadas com a erosão, mais precisamente com o produto da erosão multiplicado pelo carbono orgânico do solo da camada superficial. Os sedimentos da erosão são mais ricos em carbono orgânico do que a camada superficial (0-10cm profundidade), e esse enriquecimento aumenta com a cobertura superficial do solo, por exemplo, solo nu < pastoreio e parcelas com vegetação cortada < protecção de pousio e matos). As áreas de matos reduzem o risco de erosão e incrementam o carbono orgânico do solo e a produção de biomassa (MORSLI *et al.*, 2006).

2.7.7 – Problemas ambientais relativos ao carbono na Comunidade Europeia

Os principais gases de estufa, com o elemento carbono (C) na sua constituição são, CO₂, CH₄, CO, CFCs. Estes gases tem origem na queima dos combustíveis fósseis, indústria, desflorestação, incêndios, agricultura, entre outras. O Dióxido de Carbono (CO₂) é responsável por mais de 50% do aumento do efeito de estufa, tendo aumentado de 280ppm para 365ppm desde a época pré-industrial. A desflorestação e a agricultura, ambas de forma indirecta, são responsáveis por 1/3 das emissões. O protocolo de Quioto é o mais importante instrumento de política no âmbito das alterações climáticas. Integra o compromisso assumido pela maioria dos países industrializados de reduzirem em 5%, em média, as suas emissões de determinados gases com efeito de estufa, como o Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), entre outros, responsáveis pelo aquecimento planetário, em relação aos níveis de 1990, durante o período 2008-2012. Constitui um passo em frente importante na luta contra o aquecimento planetário, pois contém objectivos vinculativos e quantificados de limitação e redução dos gases com efeito de estufa (COMISSÃO EUROPEIA, 2006).

A nível mundial, os solos contêm 1550 mil milhões de carbono orgânico (comparável com um sumidouro de carbono atmosférico de 760 mil milhões de toneladas e 560 mil milhões de toneladas de carbono nos seres vivos e plantas). O solo captura cerca de 20%

das emissões de dióxido de carbono de origem humana a nível mundial (ROBERT, 2006; COMISSÃO EUROPEIA, 2007).

A erosão hídrica dá um contributo importante na redistribuição do carbono nas paisagens terrestres e na exportação em sistemas aquáticos. Quanto maior é a intensidade de chuva maior é o carbono mobilizado (JACINTHE *et al.*, 2004).

A perda de carbono orgânico a partir do solo e da vegetação decorre do problema da erosão hídrica e leva à diminuição dos seus contributos para o sequestro de carbono da atmosfera, aspecto fundamental na redução dos gases de efeito de estufa e da poluição do ar.

Nos ecossistemas terrestres é a actividade humana que mais tem contribuído para o aumento das concentrações de gases com efeito de estufa, principalmente através da transformação dos ecossistemas naturais em terras agrícolas. Isto levou a emissões de CO₂, CH₄ e N₂O a partir da queima de biomassa e do próprio solo (MERINO, 2008b).

Os ecossistemas terrestres serão também afectados pelas alterações climáticas globais, sendo os efeitos mais prováveis, o aumento da taxa de crescimento das plantas, maior incidência de doenças e de incêndios, e perda de solo orgânico. A gestão dos ecossistemas terrestres pode amortecer temporariamente as concentrações de gases de efeito de estufa na atmosfera. As estratégias gerais para atenuar estes efeitos são a conservação natural dos ecossistemas (florestas, zonas húmidas e turfeiras), valorização dos terrenos florestais, bem como a aplicação de diferentes técnicas silviculturais e agronómicas (MERINO, 2008b).

A segurança alimentar global está intimamente ligada à alta qualidade do solo, que depende estritamente do nível adequado do conteúdo de carbono orgânico no solo (LAL, 2002).

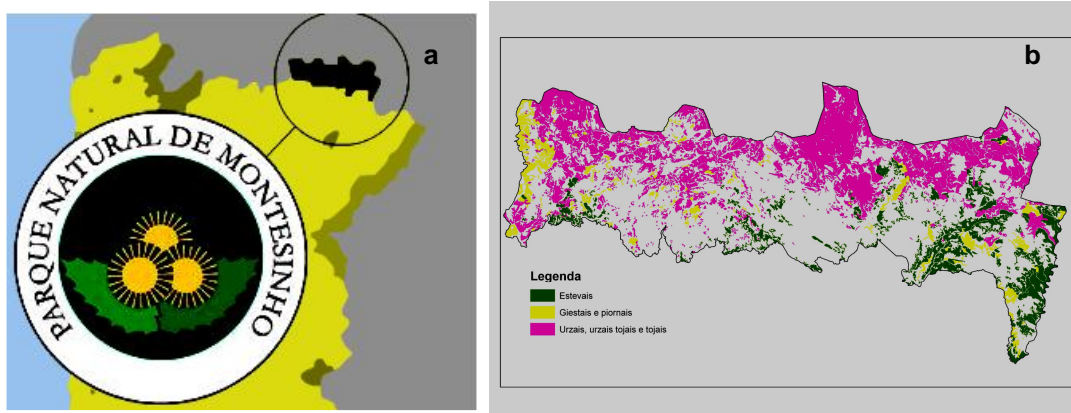
3 - Material e Métodos

Para identificar e quantificar os benefícios indirectos associados ao ecossistema matos, presente no Parque Natural Montesinho, relacionados com as funções naturais que estes desempenham (IPB/ICN, 2007), por exemplo “sequestro de carbono”, “prevenção de fenómenos catastróficos, como a erosão do solo pela precipitação”, “retenção de solo”, efectuaram-se estudos experimentais, mediante os quais se determinou se este tipo de uso da terra, Matos, tem maior ou menor potencial de fornecimento de serviços ecossistémicos.

Neste estudo, o escoamento superficial e o transporte de sedimentos foram medidos em diferentes matos, que representam 1/3 da área do Parque Natural de Montesinho. Testou-se o efeito de condições simuladas de precipitação na erosão hídrica em três comunidades vegetais presentes no PNM – os urzais; os estevais; e os giestais – bem como a dinâmica do carbono associada. Para tal utilizou-se um simulador de chuva portátil e ensaios no terreno.

3.1 - Área e espécies em estudo

O estudo decorreu na vegetação arbustiva predominante no Parque Natural de Montesinho (PNM), os Matos. A Figura 5 mostra a localização do território do PNM no mapa de Portugal Continental (a), uma imagem SIG da área do PNM, na qual se encontra a distribuição das 3 espécies de matos (Estevais; Giestais e piornais; Urzais, urzais tojais e tojais) (b), uma imagem do local onde decorreu o estudo no PNM (c) e por fim a uma escala mais pormenorizado a área de estudo que se localiza entre as aldeias de França e Aveleda (d).



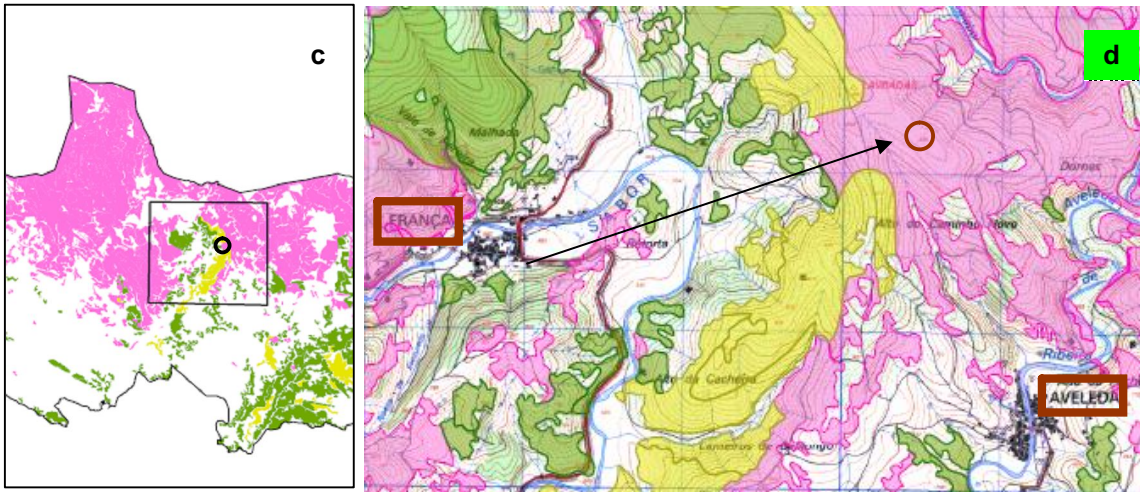


Figura 5: Parque Natural de Montesinho (PNM), a) Localização do PNM no mapa de Portugal Continental; b) Mapa do PNM; c) Localização da área de estudo no PNM; d) Local do estudo, (ICN; mapas produzidos pelo Ligeo, ESA/IPB, no âmbito do projecto Edunather, 2007).

A área de ensaio encontra-se na denominada Terra Fria de Planalto, com uma precipitação anual de 800mm. Os solos integram-se predominantemente nas associações de unidades Leptosolos úmbricos de xistos, a uma altitude de cerca de 900m (COELHO, 2006; IPB/ICN, 2007) (ver Mapas do PNM Anexo I - B).

Para melhor se visualizar e compreender o local de estudo seguem-se algumas Figuras que se passam a descrever.



Figura 6: Local de Estudo com simulador instalado.

A Figura 6 representa um mosaico de urzal-esteval (classe *Calluno-Ulicetea*) parcialmente invadido por *Cytisus multiflorus* (classe *Cytisetea scopario-striati*). Estas situações interpretam-se como um mosaico de vegetação a uma escala muito fina. Portanto tem-se dois tipos de vegetação, de duas classes de vegetação distintas, cuja dominância varia no espaço e no tempo (AGUIAR, 2008).



Figura 7: Local de Estudo perspectiva para sul.

Na Figura 7 não se vê *Erica australis* mas tem-se um urzal-esteval. Este caso, não deve ser interpretado, à semelhança do anterior (Figura 6), como um mosaico de dois tipos de vegetação pois os urzais e os estevais ocupam “etapas sucessionais” semelhantes, o mesmo não acontecendo com os giestais. Os urzais e os estevais são matos baixos de solos delgados. Os giestais são matos altos mais exigentes em solo (AGUIAR, 2008).



Figura 8: Local de Estudo perspectiva para norte.

Na Figura 8, visualiza-se giestais pioneiros de *Cytisus multiflorus* (*Cytisetea scopariostrinati*), com cor prateada própria dos ramos destas giestas, em mosaico com urzal-esteval. Citando AGUIAR (2008), nesta região, a litologia e/ou a espessura do solo exercem um controlo muito forte na estruturação (“assembling”) destas comunidades vegetais. Os giestais preferem depósitos de cobertura e solos relativamente espessos. Este tipo de vegetação é muito estável. Com o tempo entrarão giestas de flor amarela (e.g. *Cytisus striatus* e *Cytisus scoparius*). Se o terreno entrar na “fileira do fogo” as estevas e as urzes ganharão dominância.

A área de estudo foi seleccionada tendo em conta os objectivos deste trabalho, e para tal analisou-se informação cartográfica (ver informação detalhada no ponto 3.2.1 – Base cartográfica) relativa ao Parque Natural de Montesinho em mapas de SIG.

Tendo em atenção as características da área do PNM e informação colhida numa visita de confirmação ao campo, identificou-se como área de estudo o local assinalado na Figura 5 d).

Considerando as variações locais da morfologia do terreno e da vegetação o nosso estudo incidiu sobre as espécies *Cistus ladanifer* (estevas), *Cytisus multiflorus* (giesta-branca) e *Erica australis* ssp. *aragonensis* (urzes), (Figura 9).

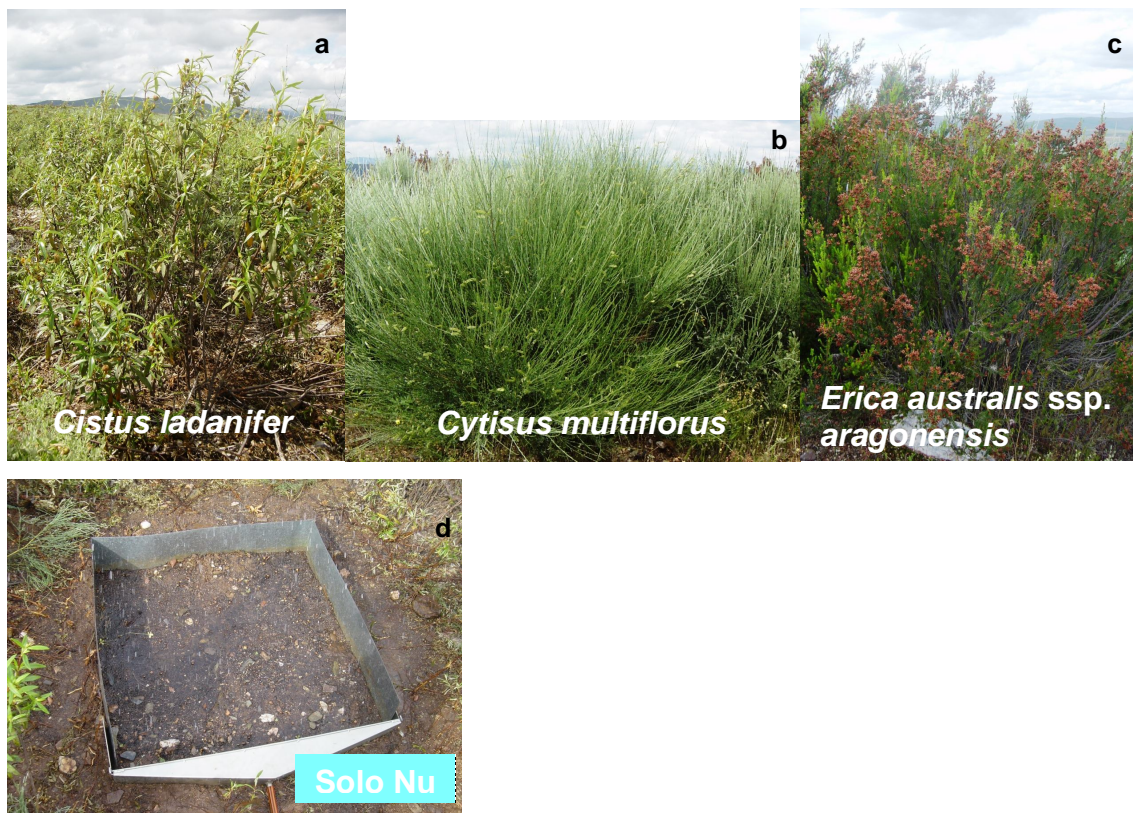


Figura 9: Vegetação nas parcelas simuladas: a) *Cistus ladanifer* (Esteva); b) *Cytisus multiflorus* (Giesta); c) *Erica australis* ssp. *aragonensis* (Urze); d) Solo nu.

3.2 - Informação preliminar e delineamento

3.2.1 – Base cartográfica

Para determinar o local de estudo na área do PNM, foi de especial interesse ter conhecimento das características da sua área relativamente à vegetação (tipologia, distribuição dos matos), e à caracterização física das áreas de matos, como o declive do terreno, litologia, tipo de solos, entre outros factores. Para tal, utilizou-se informação existente em Sistema de Informação Geográfica (SIG), mapas produzidos pelo Ligeo, ESA/IPB, no âmbito do projecto Edunather (2007), de modo a escolher o local de acordo com as características mais concordantes com os objectivos do estudo (ver Mapas em Anexo I–B). Seleccionou-se uma zona de estudo pela observação dos elementos atrás referidos, tendo em atenção que a área de estudo deveria assentar sobre o mesmo tipo de solo, em três comunidades de matos (estevais, giestais, urzais) e em três níveis de declives (baixo, médio, alto), de modo a que as características do ensaio fossem uniformes. A característica declive foi ensaiada devido às diferenças topográficas do PNM (como se pode constatar pela visualização dos mapas em Anexo I-B) e por este ser um factor de incremento da erosão.

Seguiram-se visitas ao terreno para avaliar a informação obtida na observação dos mapas em SIG e para seleccionar dentro da zona de estudo o local de estudo, tendo em atenção as características da vegetação local, topografia do terreno e acessibilidades. Isto permitiu estabelecer em concreto o delineamento experimental.

3.2.2 – Delineamento

Para estabelecer o delineamento experimental foi necessário:

1. Escolher os 3 tipos principais de matos (Urzais, Giestais, Estevais);
2. Escolher 3 situações topográficas (declives < 10%; declive 10%-20%; declive 20%-30%), devido à topografia diversificada do terreno e a ser um factor determinante para a erosão, distribuição da vegetação e da matéria orgânica (mapas Anexo I-B);
3. Verificar se os restantes factores do meio, como tipo de solo, altura e dimensão da vegetação, eram aproximadamente constantes (com as mesmas características e valores);
4. Efectuar 3 repetições de cada espécie em cada declive;

Quadro 7: Identificação das simulações de chuva das espécies de matos por declive.

Declive/Repetição		Espécies/Identificação por simulação		
		Esteva	Giesta	Urze
Baixo	1	1	1	1
	2	2	2	2
	3	3	3	3
Médio	1	7	7	7
	2	8	8	8
	3	9	9	9
Alto	1	4	4	4
	2	5	5	5
	3	6	6	6
Total de repetições por espécie		9	9	9
TOTAL		27		

As espécies estão numeradas e identificadas pela ordem em que se efectuou a simulação (Quadro 7).

5. Efectuar um ensaio suplementar com corte raso da vegetação, para cada tipo de mato e em cada declive. Os ensaios efectuados no solo nu realizaram-se na primeira parcela simulada de cada declive para as três espécies, sendo esta a primeira parcela de cada combinação espécie-declive na qual foi cortada a vegetação e recolhidos o horizonte orgânico e o sedimento da frente, porque nestas já tinha decorrido o tempo suficiente de secagem dos constituintes de recolha e a drenagem interna do solo.

Quadro 8: Identificação das simulações de chuva das espécies de matos por declive para o solo nu.

Declive		Solo Nulo (com corte de vegetação) Identificação por simulação		
		Esteva	Giesta	Urze
Baixo	1	01	02	03
Médio	1	07	08	09
Alto	1	045	05	06
Total repetições por espécie		3	3	3
TOTAL		9		

A parcela fica identificada como esteva 01 (“0” simulação efectuada em solo nu; “1” primeira simulação efectuada em solo nu para a combinação declive-espécie (ordem crescente de declive para a esteva, giesta e urze) (Quadro 8).

À excepção da esteva 045, em que a simulação foi repetida na parcela esteva5 (segunda parcela a ser simulada), porque durante a simulação na esteva 04, que decorreu na esteva4, um dos frascos de recolha do escoamento e sedimento em suspensão se partiu.

6. Identificar as áreas de ensaio, para depois se efectuar as restantes recolhas de informação e material, como raízes e solo.

3.2.3 – Simulador de Chuva

O simulador de chuva foi utilizado, no sentido de avaliar a erosão do solo pela precipitação, tendo em conta as características da precipitação do local de estudo.

Ter-se-ão em conta também os vários tipos de matos sobre os quais recai o estudo – a sua altura, densidade e características morfológicas – para se saber a altura mínima a colocar o simulador e para haver alguma uniformidade nas componentes associadas à vegetação presentes na simulação.

O simulador de chuva usado neste trabalho foi um modelo proposto por WILCOX *et al.*, (1986) e foi construído nas oficinas do IPB. O simulador é composto por uma armação em ferro na qual se fixou o bico aspersor (“Lechler”) e o manómetro; a essa armação liga-se as 4 pernas de tubo



galvanizado extensíveis e articuladas do simulador, para se poder colocar à altura desejada.

Antes de iniciar o estudo da erosão hídrica com o uso do simulador de chuva, calibrou-se, o que significa determinar a intensidade de precipitação, o diâmetro das gotas e a sua distribuição, a velocidade de impacto das gotas e energia cinética destas. Pretendeu-se que se assemelhe o mais possível às características da chuva natural do local de estudo (PINTO, 1990; TOMÁS, 1997). Os valores obtidos durante a calibração do simulador de chuva estão no Anexo III – A.

O simulador utilizado é do tipo aspersor, o que implica a bombagem da água a partir de um bidão (protocolo em Anexo II - A), para tal utilizou-se uma bomba “Grunfos”.

3.2.3.1 – Calibração do simulador de chuva a diferentes alturas e pressões

Efectuou-se a calibração do simulador de chuva para conhecer as características físicas da chuva por ele formada, para assim se ter conhecimento do grau de erosividade.

A energia cinética é o índice que melhor traduz o valor de erosão da chuva, que é resultante da intensidade e duração da chuvada, como das características das suas gotas, massa, diâmetro e velocidade das mesmas (MORGAN, 1986).

3.2.3.1.1 – Determinação do caudal (Q), velocidade (v) do jacto e intensidade (I) da precipitação

A calibração do simulador de chuva foi efectuada num hangar, devido a ser um local fechado e assim não haver interferência das condições climatéricas externas, como precipitação e vento.

Montou-se o simulador à altura desejada. Colocou-se no chão um quadrado de madeira de 1m^2 , com marcas nos 50cm, e com elásticos unindo os vértices do quadrado para identificar o centro, para assim durante todas as experiências se colocar sempre os copos nas mesmas posições), com a ajuda de um nível de bolha que se colocou no bico do aspersor com a ajuda de um tubo, fez-se coincidir o bico com o centro do quadrado.

Depois de centrado o simulador, colocou-se os frascos devidamente identificados, tarados e secos dispostos em locais específicos do quadrado e sempre no mesmo local, de simulação para simulação.

Colocou-se a bomba dentro do bidão, encheu-se este com água, com uma mangueira, tendo o cuidado de regular o caudal da mangueira para que o bidão esteja sempre com o mesmo nível, para a simulação ser homogénea e não haver variações de caudal e pressão durante a simulação.



Antes de iniciar a simulação colocou-se um funil com uma mangueira junto do bico do simulador, para quando se ligar a bomba e a água começar a sair não cair nos frascos, sendo desviada para um balde. Deixou-se estabilizar o caudal e a pressão no bico, depois mediu-se o caudal à saída do bico, em 4 repetições, com a ajuda de um balde de volume conhecido e um cronómetro (mediu-se o tempo de enchimento total do balde até verter a primeira gota).

Começou-se a simulação, deixando a água cair sobre os frascos, aos dez minutos voltou-se a colocar o funil a tapar o bico do simulador, enquanto se retiraram os frascos do quadrado, limpavam-se, pesaram-se e voltou-se a coloca-los nos respectivos lugares e voltou-se a tirar o funil. Efectuaram-se 4 ensaios de 10 minutos cada no total. No fim dos quatro ensaios voltou-se a medir o caudal à saída do bico mas só uma vez, somente para verificar a homogeneidade da simulação, e para tal acontecer durante toda a simulação teve-se em atenção o valor da pressão para que não existissem alterações. Isto

porque teve-se em conta que se estava a utilizar uma bomba, o que pode por vezes causar variações de caudal. Para tal não acontecer teve-se sempre em atenção o enchimento do bidão aonde se encontrava a bomba, pois a variação do nível de água deste também faz variar o caudal.

Para variar a pressão do simulador utilizou-se a torneira existente antes do bico. A pressão também varia com a altura do simulador e com a altura de água do bidão usado para colocar a bomba. (ver protocolo 1 em Anexo II-A)

Efectuou-se a calibração do simulador de chuva para diferentes alturas (2m; 2,5m; 3m) e pressões (0,15; 0,2; 0,25; 0,30; 0,40bar). Os valores da intensidade variam entre os 76mmh^{-1} a uma $P=0,15\text{bar}$ e os 37mmh^{-1} à $P=0,40\text{bar}$ (ver valores e figuras obtidos em Anexo III-A).

3.2.3.1.2 – Determinação do tamanho e distribuição das gotas, energia cinética e sua correspondência com a chuva real (MORGAN, 1995)



Para o estudo das gotas da chuva da simulação, usou-se o método “Flour pellet method”. Para tal, utilizou-se uma caixa de 1m^2 com 3cm de espessura de farinha (HUDSON, 1981). Utilizou-se este método para as várias simulações a várias alturas e pressões. O procedimento e valores obtidos encontram-se no Anexo II-B e III-A,

respectivamente.

3.2.4 – Determinação das características da chuva real

Para determinar as características da chuva real do PNM utilizaram-se dados de 9 estações meteorológicas – Edroso, Pontões de Dine, Soutelo, Lama Grande, Valongo, Quinta de Santa Apolónia, Gimonde, Macedo de Cavaleiros, Mirandela – da rede do IPB, dados do LNEC relativos a Bragança e valores das cheias em Portugal (MATOS & SILVA, 1986; BRANDÃO *et al.*, 2004) (Anexo I - A).

Realizou-se um trabalho de tratamento de dados das várias estações meteorológicas. Primeiramente para cada estação aglomerou-se toda a informação com interesse – Data/Hora, Precipitação (mm), Velocidade Média do Vento (m/s), Velocidade Máxima do Vento (m/s) e o Rumo do vento, para os vários meses, depois agregou-se por ano e por fim reuniu-se a informação de todos os anos.

Corrigiu-se os períodos de precipitação e a sua duração, obtendo-se os valores de precipitação (mm) e duração (h).

Posteriormente calculou-se a intensidade média e máxima (mm/h) e a energia cinética (Ec) (MJ/ha). Seguidamente, determinou-se as estatísticas descritivas das respectivas séries de valores, obtendo-se assim valores de % Número de Chuvadas, % Ec acumulada (EC >50%) e os máximos e mínimos de cada dado estatístico. Por fim, compilou-se os valores de máximos e mínimos de todas as estações (MORGAN, 1995; MORGAN, 2005) (ver Anexo I-A).

3.2.5 – Chuvada Simulada

Os parâmetros médios utilizados durante os ensaios de precipitação foram:

- Duração de 30 minutos;
- Pressão de 0,40bar;
- Intensidade $37,46\text{mmh}^{-1}$;
- D50 das gotas 1,26mm;
- Altura de queda 2m;
- Energia cinética $458,77\text{Jm}^{-2}$;

O valor real da energia cinética (Ec) correspondente aos valores da estação meteorológica da Quinta de Santa Apolónia, Bragança, mais próxima da energia cinética obtida na chuvada simulada durante os ensaios, é de $451,17\text{Jm}^{-2}$. Este valor foi calculado em relação às chuvadas reais da zona e corresponde à intensidade de uma chuvada com um período de retorno de pouco mais de 20 anos (Figura 10). O valor da intensidade da chuvada calculada para um período de retorno de 20anos e com duração de 30 minutos é de $36,30\text{mmh}^{-1}$. A energia cinética da chuvada simulada corresponde a 48% da energia cinética de uma chuvada natural com a mesma intensidade, calculada pela fórmula (WISCHEMEIER & SMITH, 1958):

$$EC=11,9+8,73*\log_{10}(I)$$

Onde: EC – Energia Cinética de Wischmeier (Jm^{-2}/mm); I – Intensidade da chuva (mm/h)).

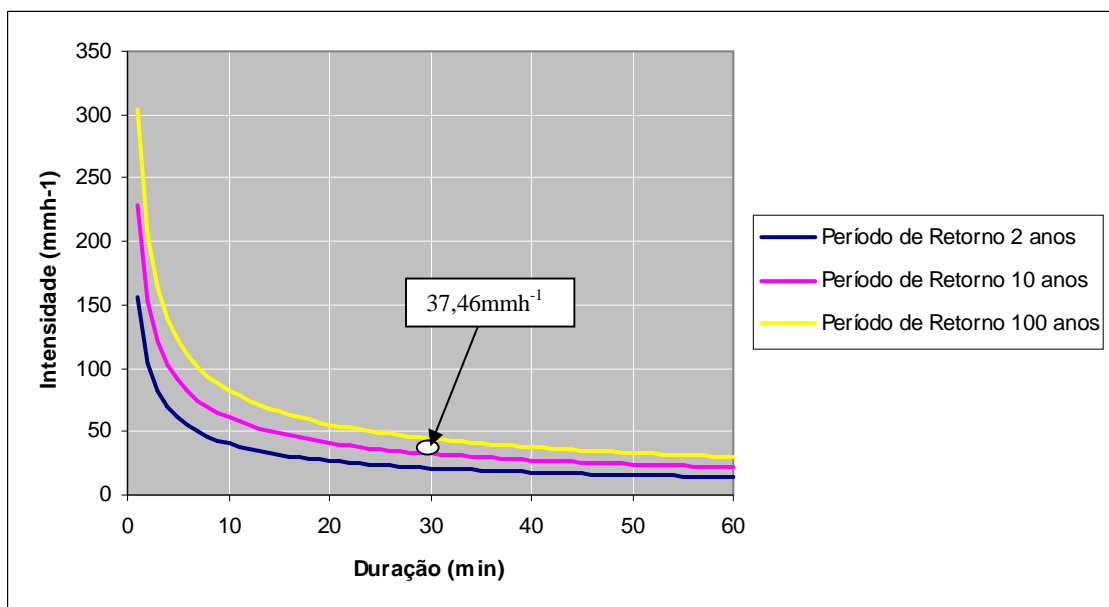


Figura 10: Curvas IDF Bragança (MATOS & SILVA, 1986).

Tendo em consideração os dados relativos à estação meteorológica da Quinta de Santa Apolónia, pela observação da Figura 11, a energia cinética da chuvada no percentil 30, quer dizer que, a energia cinética (E_c) de $451,17\text{Jm}^{-2}$, 2,1% das chuvadas tem E_c superior, correspondendo a 30% da E_c total, de informação de 6anos (IPB, 2007).

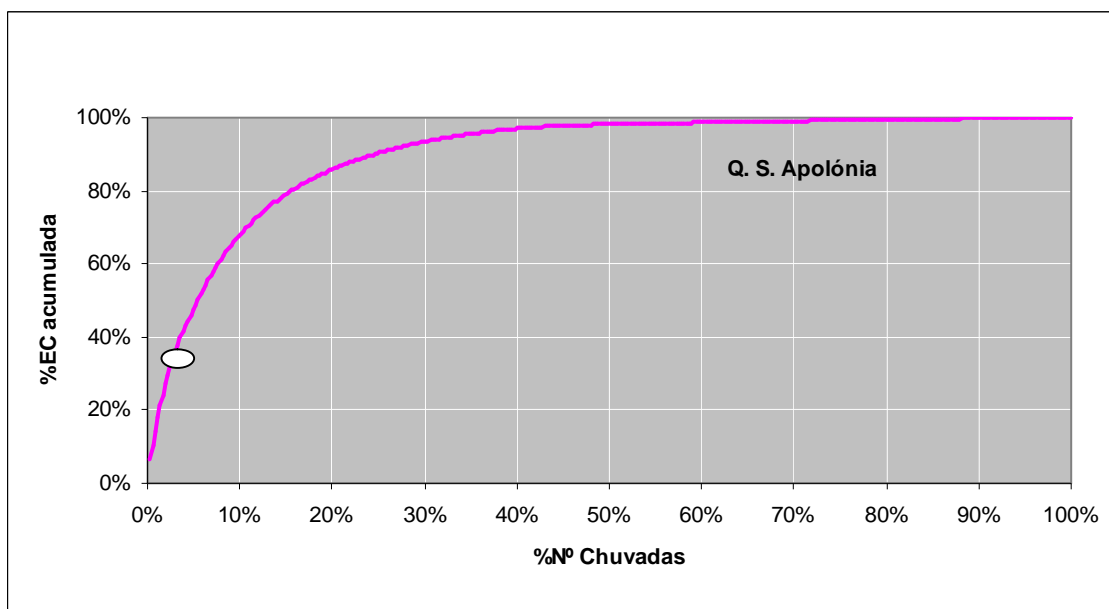


Figura 11: Curvas IDF Bragança (IPB, 2007).

3.3 – ENSAIOS EXPERIMENTAIS

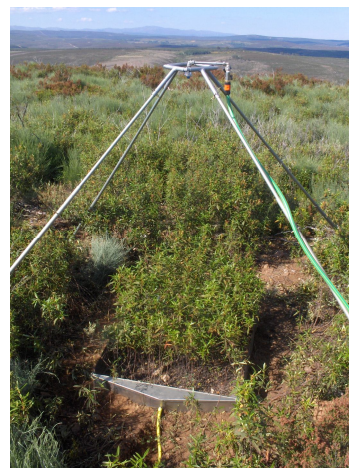
As tabelas de campo dos ensaios experimentais e de laboratório estão no Anexo II–C e D.

3.3.1 – Preparação da simulação

Depois de estabelecida a área de estudo, marcaram-se os locais de ensaio para cada espécie de matos, tendo em conta o declive e acesso ao local, de modo a facilitar a colocação e abastecimento dos bidões de água. Nesta escolha teve-se em conta o valor percentual do declive (medido com um nível digital) Escolheram-se para cada espécie e nível de declive 3 locais, tendo em atenção nesta escolha que a percentagem de coberto e de altura dos matos eram relativamente uniformes de ensaio para ensaio.

Depois seguiu-se a montagem das parcelas e suas frentes seguidas da colocação do simulador de chuva portátil, sendo a sua colocação sempre a uma altura de 2 metros, e o bico coincidindo com o centro da parcela, para que a distribuição das gotas fosse uniforme por toda a parcela.

Antes de iniciar a simulação recolheram-se amostras de solo próximo da parcela, e armazenou-se em caixas identificadas, para assim se determinar em laboratório a % humidade do solo. Obtiveram-se 12 amostras para cada



espécie, contando com a simulação no solo nu, o que faz um total de 36 amostras. Em laboratório pesou-se o solo húmido, levou-se à estufa a 105°C durante 48h e voltou-se a pesar, método gravimétrico (QUELHAS DOS SANTOS, 1991; PÓVOAS & BARRAL, 1992).

Em seguida, colocou-se a bomba dentro do bidão e iniciou-se a simulação ligando o gerador, mas até o caudal e a pressão do simulador estabilizar colocou-se um funil com uma mangueira na ponta e recolheu-se a água, reutilizando-a para outro bidão. Manteve-se sempre constante (ou quase) o nível de água no bidão que continha a bomba, cedendo continuamente água de outros bidões com ajuda de mangueiras.

Depois de estabilizado, mediu-se o caudal à saída do bico fazendo-se encher um balde de volume conhecido e medindo-se o tempo de enchimento, para verificar se a pressão e o caudal à saída do bico coincidiam com os valores obtidos na calibração.

Retirou-se o funil e iniciou-se a simulação da chuvada de 30min.

Para se assegurar a reprodutibilidade dos ensaios foi fundamental que a altura e posição do aspersor em relação à parcela experimental, a pressão de funcionamento e caudal do aspersor, fossem cuidadosamente verificadas e mantidas inalteráveis entre e durante os ensaios.

3.3.2 – Recolha das amostras obtidas na simulação

Durante os 30min de simulação teve-se sempre em atenção a pressão, a homogeneidade da distribuição do cone de precipitação e a existência de vento. Nas experiências em que ocorreu vento colocou-se um pára ventos.

Nas frentes de cada parcela existia um tubo pelo qual saía o escoamento e sedimento em suspensão da parcela. A este tubo acoplou-se uma mangueira, colocando-se a outra extremidade dentro dos frascos de recolha, devidamente identificados, e colocados na vertical num buraco que se fez no solo, para esse efeito. Os frascos durante a simulação foram tapados com um balde, para garantir que a água presente nos



copos era apenas oriunda do escoamento da parcela. Durante a simulação recolheu-se de 10 em 10 minutos o escoamento e o sedimento proveniente das parcelas.

Para verificar a intensidade da chuvada simulada, efectuou-se a recolha da precipitação, andando-se com um frasco por todos os pontos da parcela, durante 1 minuto. Os dados obtidos têm carácter meramente informativo.

No final da simulação efectuou-se novamente uma medição do caudal do simulador. Este procedimento realizou-se em todas as simulações.

Quando as frentes das parcelas ficaram secas procedeu-se à recolha do sedimento aí acumulado, com a ajuda de um pincel e de uma espátula, por fim guardou-se o sedimento em caixas devidamente identificadas.



Em laboratório pesaram-se (ver Anexo IV-A):

- os frascos do escoamento mais sedimento em suspensão, antes e após secagem a 105°C. Para cada espécie obtiveram-se 12 amostras, já contando com a simulação no solo nu, o que faz um total de 36 amostras.
- os frascos da recolha da precipitação para medir a intensidade. Para cada espécie obtiveram-se 12 amostras, o que faz um total de 36 amostras.
- as caixas com o sedimento das frentes, antes e após secagem a 105°C. Para cada espécie obtiveram-se 12 amostras, o que faz um total de 36 amostras.

O sedimento obtido nas frentes mais o sedimento em suspensão obtido nos frascos de escoamento da parcela, constituem o sedimento total da parcela de erosão. Como a quantidade de sedimento obtida foi muito pequena, não foi possível determinar a massa de carbono transportada no sedimento (STARR *et al.*, 2001).

3.3.3 – Recolha de amostras no campo

3.3.3.1 – Corte da vegetação

No final da simulação de chuva, procedeu-se à avaliação visual da percentagem coberto vegetal. Seguiu-se a medição da altura da vegetação da parcela, efectuando-se para o efeito 5 medições com a ajuda de uma fita métrica, nos quatro cantos da parcela e no centro.

Realizou-se o corte raso da vegetação com uma tesoura de poda ou



serrote, de acordo com as dimensões do diâmetro do caule.

De seguida colocou-se a vegetação em sacos devidamente identificados, e transportaram-se para o laboratório.

Em laboratório procedeu-se à separação da vegetação por componentes. Devido às diferenças morfológicas das espécie a separar, as componentes foram separadas em (ver Anexo IV-C):

- Frutos, folhas, raminhos, ramos, caule – nas estevas. Obtiveram-se 9 amostras de cada componente, o que faz um total de 45 amostras;
- Frutos, raminhos, ramos, caule – nas giestas. Obtiveram-se 9 amostras de cada componente, à excepção da componente frutos que só se obteve em 4 parcelas de giesta (1,2,5,7), o que faz um total de 31 amostras;
- Raminhos, ramos, caule – nas urzes. Obtiveram-se 9 amostras de cada componente, o que faz um total de 27 amostras.

Estas amostras de vegetação foram pesadas após secagem a 65°C até peso constante, moídas e analisadas em laboratório com vista à determinação do teor de carbono (ver Anexo IV-E).

As determinações efectuadas tiveram por objectivo quantificar o teor de carbono armazenado na biomassa aérea das 3 espécies de matos estudadas.



3.3.3.2 – Recolha do horizonte orgânico

A seguir ao corte da vegetação, mediu-se com uma fita métrica, a espessura do horizonte orgânico (horizonte O), através da realização de cinco medições efectuadas



nos quatro cantos da parcela e no centro.

Seguiu-se a recolha de todo o material orgânico presente na parcela (área de 1m²), o qual foi colocado em sacos identificados. Obtiveram-se 9 amostras de horizonte O para cada espécie, perfazendo um total de 27 amostras (ver Anexo IV-C).

As amostras de horizonte orgânico foram pesadas após secagem a 65°C até peso constante, moídas e analisadas em laboratório com vista à determinação do teor de carbono (ver Anexo IV – E).

As determinações efectuadas tiveram por objectivo quantificar o teor de carbono armazenado nos resíduos orgânicos do horizonte O das três espécies de matos estudadas.

3.3.3.3 – Medição do declive

A seguir à recolha do horizonte orgânico, efectuou-se a medição do declive da parcela, utilizando para o efeito um nível digital. Realizaram-se 6 medições, nos cantos e centro da parcela (ver Anexo IV-A e B).

3.3.3.4 – Recolha das raízes

A parcela de 1m² de área foi dividida em parcelas de 0,25m². Procedeu-se à selecção aleatória de uma das parcelas de 0,25m² e recolheram-se todas as raízes aí presentes e colocaram-se em sacos identificados.



Obtiveram-se 9 amostras de raízes para cada espécie, perfazendo um total de 27 amostras (Anexo IV-C).

As amostras de raízes foram pesadas após secagem a 65°C até peso constante, moídas e analisadas em laboratório com vista à determinação do teor de carbono (ver Anexo IV – E).



As determinações efectuadas tiveram por objectivo quantificar o carbono armazenado na biomassa subterrânea das três espécies de matos estudadas.

3.3.3.5 – Recolha de amostras de solo



Foram realizadas nas trincheiras resultantes da recolha das raízes, nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20cm.

Em cada parcela colheu-se uma amostra por cada profundidade, o que totaliza 3 amostras por parcela, 27 amostras por espécie de mato, e 81 amostras no total.

As amostras recolhidas foram secas a 45°C, crivadas (crivo de malha de 2mm) e analisadas em laboratório para determinação do teor de carbono (ver Anexo IV – F).

As determinações efectuadas tiveram por objectivo quantificar o teor de carbono em cada profundidade do solo sob coberto das três espécies de matos estudados.

3.3.3.6 – Recolha de amostras de solo para a determinação da densidade aparente

A recolha foi efectuada nas trincheiras referidas anteriormente. Para esta determinação utilizaram-se amostras não perturbadas colhidas com um cilindro de 100cm³ de volume nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Na sua recolha surgiram bastantes dificuldades, na medida em que nestes solos existem grandes quantidades de raízes e elementos grosseiros. Posteriormente as amostras foram secas a 105°C e determinada a densidade aparente total (ver Anexo IV-D).

3.4 – Métodos analíticos

3.4.1 - Análises físicas

Todas as análises físicas foram efectuadas no Laboratório de Solos da ESAB.

3.4.1.1 - Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada em amostras não perturbadas colhidas com cilindro de volume conhecido.

A densidade foi avaliada através da fórmula:

$$Dap = P * Vc$$

Onde:

Dap – densidade aparente (g/cm³)

P – peso da amostra de solo seco a 105°C (g)

Vc – volume do cilindro (cm³) = 100cm³

3.4.1.2 - Percentagem de elementos grosseiros

A amostra total (elementos grosseiros e terra fina) foi seca em estufa a 45°C, seguida de passagem por crivo de malha de 2mm. Os elementos grosseiros foram incluídos num só lote e expressos em percentagem em relação ao peso total da amostra.

3.4.2 - Análises químicas

Todas as análises químicas foram igualmente efectuadas no Laboratório de Solos da ESAB.

3.4.2.1 - Carbono orgânico

3.4.2.1.1 - No solo

O teor de carbono foi calculado segundo o método WALKLEY-BLACK (1934) modificado, em uso no Laboratório de Solos da ESAB e pelo método da Combustão por Via Seca. Os valores obtidos na combustão por via seca são os utilizados neste estudo. Para o efeito, procedeu-se à incineração de 2,5g por amostra, com 2 repetições, a 450°C durante 6h.

3.4.2.1.2 - Na biomassa vegetal e dos resíduos orgânicos do horizonte O

Efectuou-se a incineração de 1g por amostra, com 2 repetições, a 450°C durante 6h.

3.4.3 – Programa Informático utilizado no tratamento estatístico dos resultados

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão SPSS 11.5 for Windows.

Os resultados estatísticos para o estudo da erosão hídrica e do carbono podem ser visualizados no Anexo IV.

3.4.3.1 – Análise de Variância – ANOVA II

Foi utilizada a ANOVA II, para verificar a significância dos efeitos testados nos resultados obtidos na simulação de chuva, com os factores espécie, declive e na interacção espécie*declive (ver Anexo IV- G e H).

3.4.3.2 – Post Hoc Tests – Tukey

Foi utilizado o Teste Tukey, para comparação múltipla de médias, determinando-se as diferenças entre modalidades dos factores testados: espécie (nula, esteva, giesta e urze) e declive (baixo, médio e alto) (ver Anexo IV- G e H).

3.4.3.3 – Matriz de Correlação de Pearson

A matriz de correlação de Pearson permitiu avaliar o grau e significância da correlação linear entre as variáveis avaliadas no estudo (ver Anexo IV-H, I e J).

3.4.3.4 – Análise de Regressão

Para as correlações significativas obtidas na matriz de Pearson efectuaram-se análises de regressão.

Com a análise de regressão obtiveram-se gráficos e estabeleceram-se curvas de regressão, com o seu coeficiente de determinação (R^2) e significância.

Num caso específico aplicou-se a análise de regressão múltipla na qual a biomassa é a variável dependente, e a % coberto vegetal e a altura de vegetação os preditivos (ver Anexo IV–K).

3.4.4 – Efeitos da Vegetação

Para se analisar o efeito da vegetação nos processos de erosão e escoamento, utilizou-se fórmulas de WISCHMEIER & SMITH (1978), que determinam as características da vegetação como o efeito de copa (CC): $CC=1-FC*e^{(-0,34*H)}$; o efeito dos resíduos (SC): $SC=e^{(-3,5*RC)}$; e o seu factor cultural (C): $C=CC*SC$; onde: FC – Cobertura pela copa; H – Altura copa (m); RC – Cobertura de resíduos; FC e RC variam de 0 a 1 (%/100).

3.4.5 – Índice de Rugosidade

Devido a não se ter efectuado durante o estudo de campo a recolha dos dados de rugosidade da parcela, foram-se obtê-los através das várias medições do declive de cada parcela.

Para tal utilizou-se a média dos declives de cada parcela e depois calculou-se o desvio padrão e o coeficiente de variação dessas médias.

O Coeficiente de Variação do declive médio é uma aproximação ao Índice de Rugosidade.

4 - Resultados e Discussão

4.1 - Erosão hídrica

Os resultados foram analisados em termos relativos, a significar, por comparação dos resultados em diferentes matos. Deste modo, é possível estabelecer uma escala de susceptibilidade para os matos ensaiados, *Cistus ladanifer* (estevas), *Cytisus multiflorus* (giesta-branca) e *Erica australis ssp. aragonensis* (urzes), e procurar relacionar esta escala com parâmetros caracterizadores da erodibilidade dos solos e do efeito protector da vegetação, características do solo e características dos matos como a sua biomassa, altura, densidade, entre outras.

Os resultados obtidos na simulação de chuva para a erosão hídrica encontram-se no Anexo IV–A, B, C, D.

4.1.1 – Principais resultados

4.1.1.1 - escoamento e perda de solo

Os resultados obtidos para a erosão e escoamento superficial durante a simulação de chuva nos matos *Cistus ladanifer* (estevas), *Cytisus multiflorus* (giesta-branca) e *Erica australis ssp. aragonensis* (urzes) para os declives baixo (0-10%), médio (10-20%) e alto (20-30%) encontram-se representados nas seguintes Figuras.

Como se pode observar na Figura 12, o escoamento e a Perda de Solo é maior no solo nu, seguindo-se na esteva, urze e giesta.

Os valores obtidos na perda de solo, nas 3 espécies em estudo e na parcela solo nu, não são significativamente diferentes. Enquanto que nos valores do escoamento existem diferenças significativas entre o solo nu e a giesta.

Relativamente às espécies, e como seria de esperar, pode-se constatar que o solo nu, desprotegido sem vegetação nem horizonte orgânico é o mais susceptível aos problemas ambientais de erosão e escoamento. A nível das espécies pode-se afirmar que a giesta é a espécie mais protectora do solo e a esteva a menos protectora.

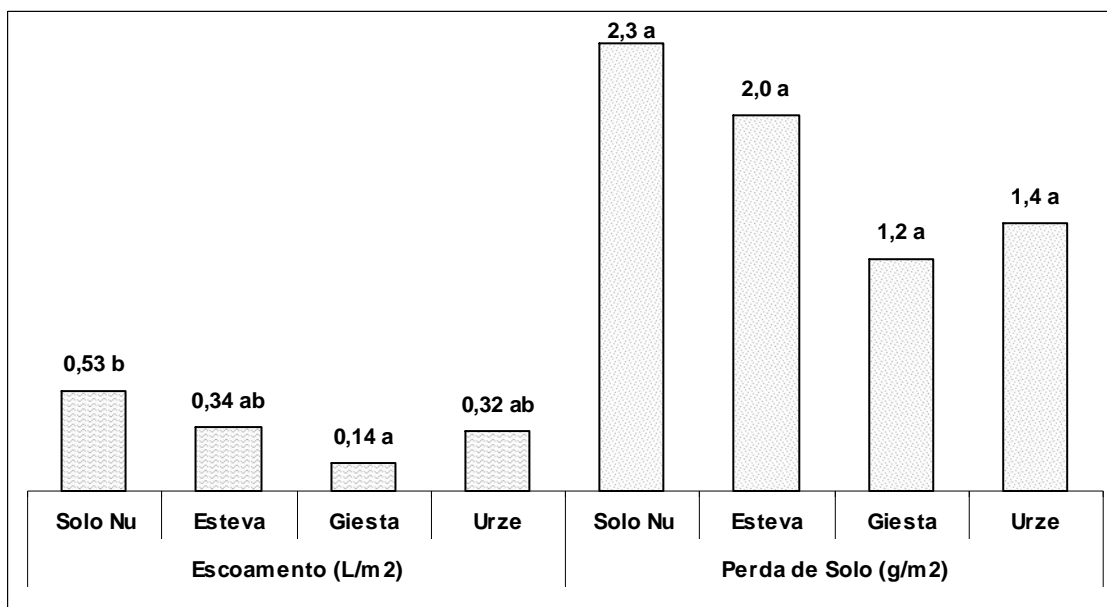


Figura 12: Escoamento e perda de solo: efeito da vegetação. Para a mesma variável (escoamento ou perda de solo), valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

Estes resultados dever-se-ão à morfologia de cada espécie, como a sua altura, a % coberto vegetal e a formação de horizonte orgânico, querendo dizer por exemplo que devido à morfologia da esteva esta fornece mais resíduos orgânicos ao solo do que a giesta e a urze (Figura 14), o que é uma forma de aumentar a quantidade de horizonte orgânico do solo. Este, por sua vez, protege o solo e fornece matéria orgânica ao mesmo. Em contrapartida, quando ocorrem chuvadas mais intensas (como no caso da chuvada simulada), o material removido da superfície é primeiramente horizonte orgânico, aspecto que será retomado e explorado mais adiante.

Pela análise dos resultados nos diferentes declives em estudo, pode-se constatar que existe menor escoamento no declive baixo, seguindo-se o declive médio e finalmente o declive alto, embora as médias obtidas não tenham sido significativamente diferentes (Figura 13). Os dados obtidos no escoamento são condizentes com a bibliografia (NORTCLIFF *et al.*,1990).

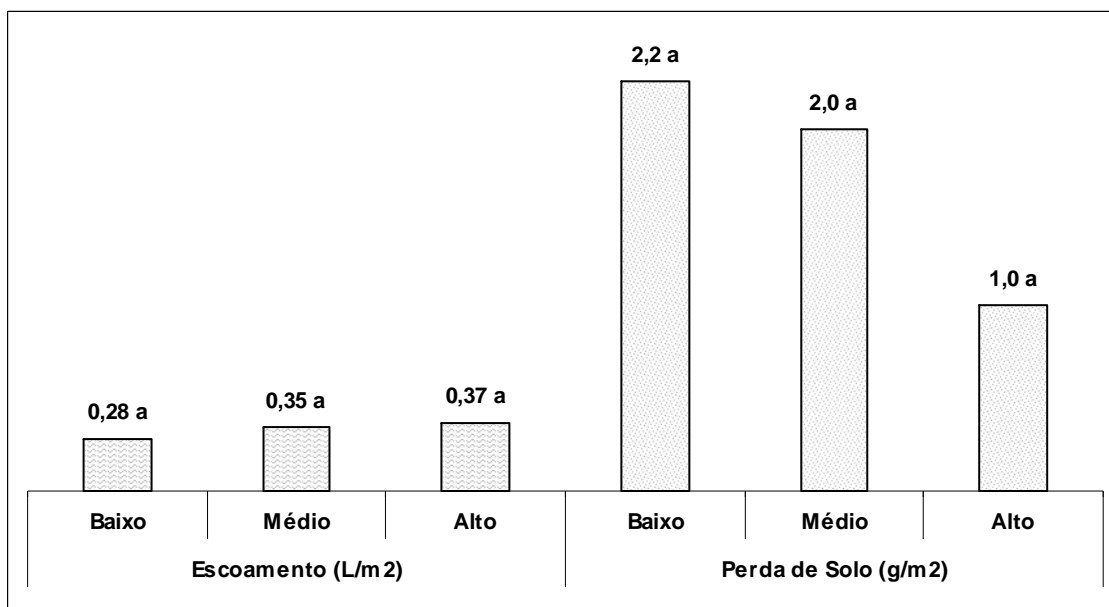


Figura 13: Escoamento e perda de solo: efeito do declive. Para a mesma variável (escoamento ou perda de solo), valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

Relativamente à perda de solo as médias obtidas não foram significativas, mas a maior quantidade de perda de solo obteve-se no declive baixo, seguindo-se o médio e o menor valor obteve-se no declive alto. O que é contraditório visto que o normal é a perda de solo ser menor no declive baixo e maior no declive alto.

Tendo em conta certas características relativas às parcelas nos diferentes declives verificou-se que no declive baixo o horizonte orgânico (g), a biomassa aérea e a % elementos grosseiros são maiores, e menores no declive alto, proporcionando maior protecção do solo e maior resistência a perda de solo (Figuras 15, 16, 17). Mas, tendo em consideração que no declive baixo é maior o horizonte orgânico (g), e embora possa proteger o solo da erosão, também é maior a probabilidade de remoção de resíduos orgânicos aí presentes quando se ultrapasse certo limiar de intensidade de precipitação, o que é uma possível explicação para a quantidade de sedimento total recolhido durante os ensaios ter sido superior no declive baixo.

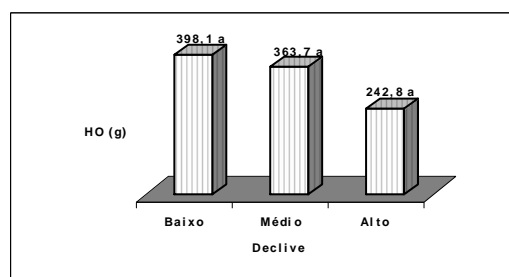
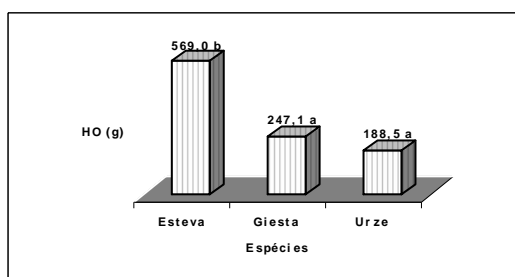


Figura 14: Quantidade de resíduos no horizonte orgânico por espécie. **Figura 15:** Valores do horizonte orgânico por declive.

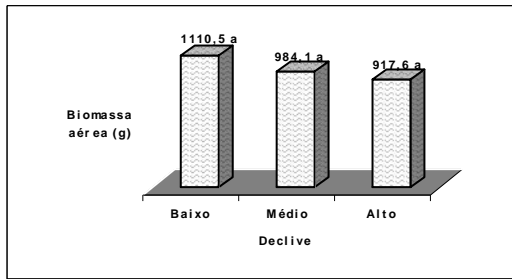


Figura 16: Valores da biomassa aérea por declive. Nos quatro gráficos, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

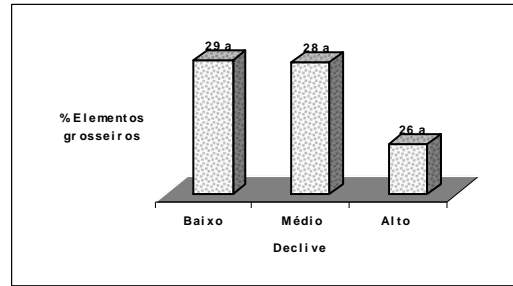


Figura 17: Valores da % Elementos grosseiros por declive.

Para testar esta hipótese, foi-se analisar em detalhe os valores do sedimento recolhido, separando sedimento das frentes e sedimento em suspensão na água de escoamento, valores que levaram ao sedimento total. Obtiveram-se resultados que sustentam a hipótese posta anteriormente, como mostra a Figura 18.

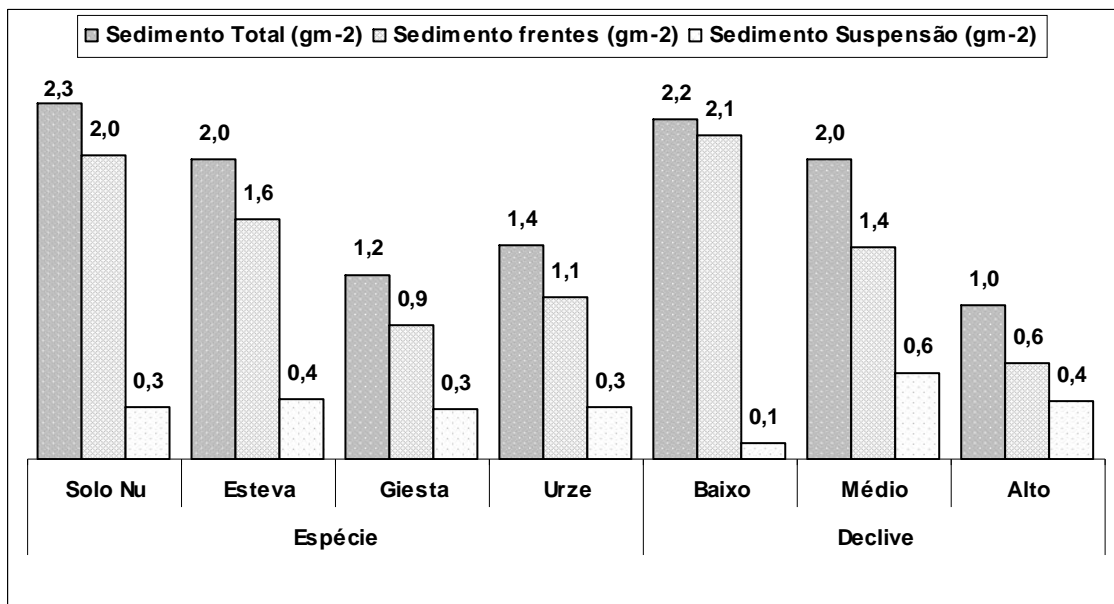


Figura 18: Perda de solo total, sedimento das frentes e sedimento suspensão: efeito espécie e declive.

Os valores obtidos no sedimento da frente são muito elevados, perto do valor do sedimento total, e são superiores no declive baixo e menores no declive alto, o que confirma a hipótese de que com a elevada quantidade de HO (g), embora podendo proteger o solo da erosão, os resíduos presentes à superfície deste serão exportados com a precipitação, ficando retidos na frente da parcela de ensaio, aumentando assim os valores da perda de solo total. Complementarmente, verifica-se que os valores obtidos de sedimento em suspensão são muito baixos no declive baixo, seguindo-se o declive alto e mais elevado no declive médio.

No declive alto neste caso não ocorreu o valor mais elevado de sedimento em suspensão, provavelmente influenciado pelo facto de aí se verificar, por comparação com os outros declives, um valor significativamente mais elevado de % humidade do solo. Isto terá levado a que as partículas do solo estivessem mais coesas, o que dificultou a sua erosão, sendo que também neste declive é baixo o valor de HO (g), aspecto certamente com influencia porque nem resíduos orgânicos se exportam. O declive médio tem o maior valor de sedimento em suspensão e o menor valor de % humidade no solo (Figura 19).

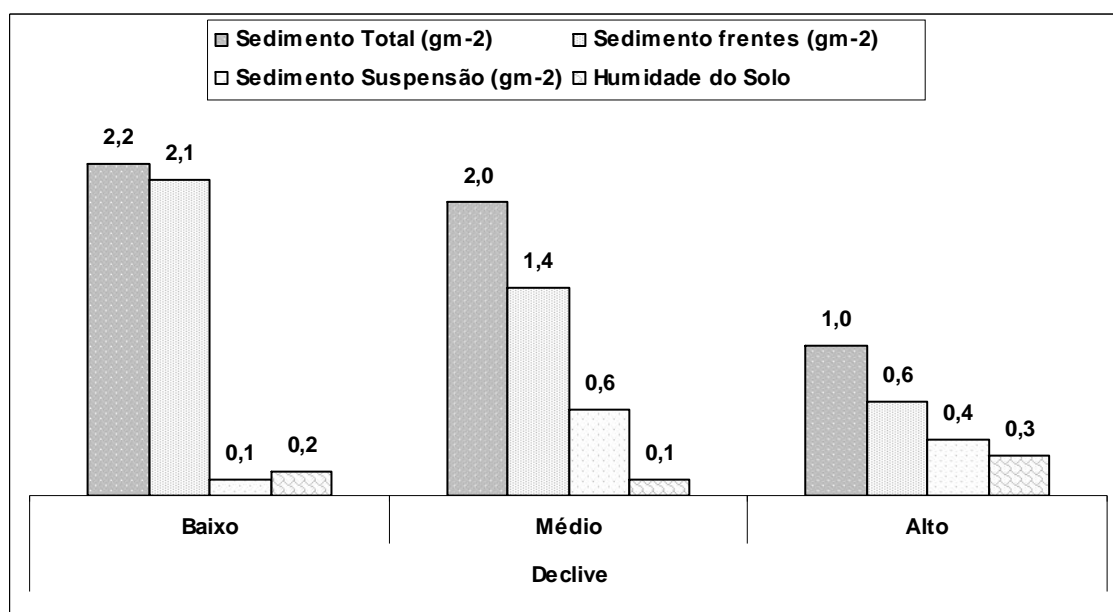


Figura 19: Perda de solo total, sedimento das frentes, sedimento suspensão e % humidade do solo: efeito do declive.

4.1.1.2 - Escoamento e perda de solo segundo a espécie no declive

Após se ter analisado os resultados obtidos durante a simulação, de uma forma geral, o que se observou por espécie e por declive, vai-se aprofundar a leitura dos resultados para cada espécie em cada declive, cruzando portanto os dois efeitos. Isto para demonstrar que numa análise mais detalhada os padrões de variação médio obtidos na análise geral nem sempre se repetem.

Relativamente ao escoamento superficial como se pode ver na Figura 20, a parcela com vegetação nula, sem protecção, é a que apresenta maiores volumes de escoamento (PINTO, 1990; Basic *et al.*, 2001; BOYE, 2006). Existe contradição com a bibliografia quando se nota que o maior escoamento se mediu no baixo e o menor no declive alto.

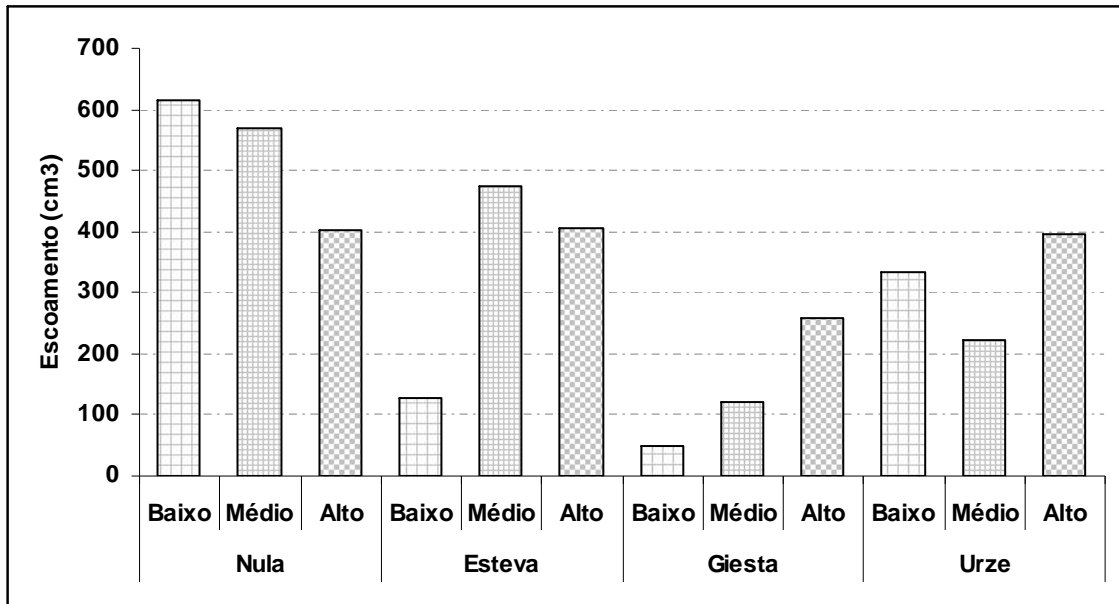


Figura 20: Valores do escoamento por espécie e declive.

Estes resultados podem ser explicados pela observação da Figura 21, na qual se pode constatar que a % de elementos grosseiros é maior na parcela de solo nu para o declive baixo e menor para o declive alto, o que poderá ter proporcionado maior escoamento e menor infiltração por impermeabilização da superfície e selagem do limite solo-pedra (POESEN *et al.*, 1990).

A seguir, os maiores valores de escoamento encontram-se na esteva com a sequência declive médio, alto e baixo, o que se pode justificar pelo facto de, no declive médio, mais do que no alto, ocorrer uma grande % de elementos grosseiros (Figura 21).

A urze tem maior escoamento no declive alto, seguindo-se o baixo e menor no declive médio. O declive baixo tem maior escoamento do que o declive médio presumivelmente devido a haver naquele uma elevada % de elementos grosseiros (Figura 21). Por outro lado, no declive médio registou-se uma baixa de % de humidade no solo (Figura 22), o que terá determinado maior oportunidade para a infiltração antes da formação do escoamento superficial.

A espécie na qual se registou menor escoamento foi a giesta, sendo maior o escoamento no declive alto e menor no baixo.

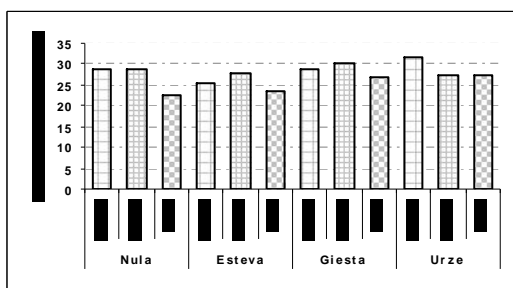


Figura 21: Percentagem de elementos grosseiros.

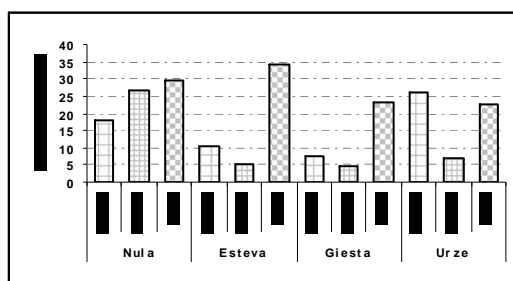


Figura 22: Percentagem de humidade no solo por espécie e declive.

Pela observação da Figura 23, verifica-se que a maior quantidade de perda de solo, ocorre no solo nu (maior no declive baixo e médio, igual valor, e menor no alto). Este facto pode-se dever a que no declive alto a % de humidade do solo é mais elevada, logo as partículas de solo estão mais compactadas e a sua perda torna-se mais difícil.

A seguir, a maior erosão ocorre na esteva (maior no declive baixo e menor no declive alto). Como o declive alto registou maior % de humidade no solo a erosão neste declive é menor (Figura 22).

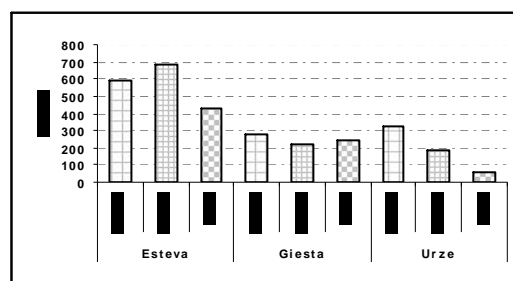
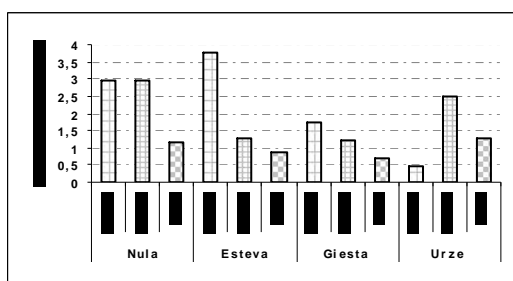


Figura 23: Valores de perda de solo por espécie e declive. Figura 24: Quantidade de resíduos orgânicos no horizonte orgânico (g).

Para explicar este resultado haverá que ter em conta que a quantidade de HO na esteva do declive alto é baixa, quando comparada com os valores presentes nos outros declives desta espécie (Figura 24), o que, como já foi discutido atrás pode relacionar-se com uma maior probabilidade de arrastamento de resíduos orgânicos.

A seguir em magnitude vêm os valores de perda de sedimento da urze (com a sequência decrescente declive médio, alto e baixo). A urze no declive alto é a que tem maior % coberto vegetal (Figura 25) e no declive baixo é onde apresenta os maiores valores de rugosidade da superfície (Figura 26), o que faz com que seja menor a erosão, pois as partículas ficam retidas nas depressões - o que também explica não haver mais erosão neste declive, visto que é o que apresenta maior quantidade de horizonte orgânico, Figura 24. No declive baixo a % elementos grosseiros é mais elevada (Figura 21) e, relativamente à % humidade do solo, o declive médio é o que apresenta menor valor e o

alto o maior valor (Figura 22). Este factor também contribui para explicar o facto de haver maior erosão no declive médio do que no alto, o que não seria de esperar tendo em atenção a revisão bibliográfica.

A espécie na qual se registou menor erosão foi a Giesta (com a sequência crescente baixo, médio e alto declives), a quantidade de HO (g) é maior no declive baixo (Figura 24), a % coberto vegetal é maior no declive alto e menor no declive baixo (Figura 25) e o declive alto é o que apresenta maior % humidade do solo (Figura 22). Todos estes factores parecem justificar os valores obtidos, ao nível dos declives.

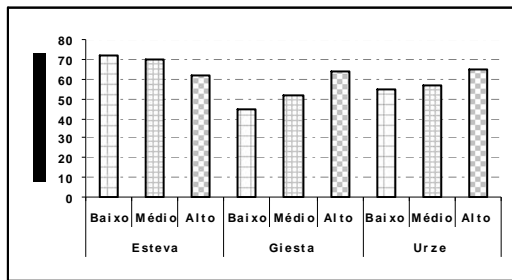


Figura 25: Coberto vegetal.

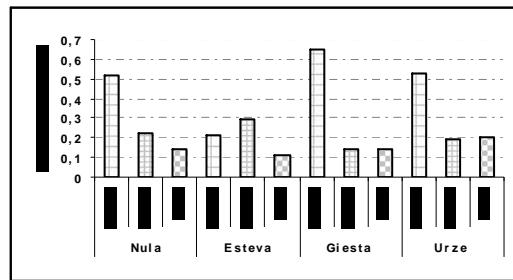


Figura 26: Índice Rugosidade.

Na Figura 27, observa-se, de uma forma global, a grande dispersão dos valores médios, mínimos e máximos da interacção matos-declive, para o escoamento e perda de solo. Estes resultados têm consequências não só para a análise estatística que se vai apresentar a seguir, mas também é revelador da grande variabilidade associada aos ensaios de campo.

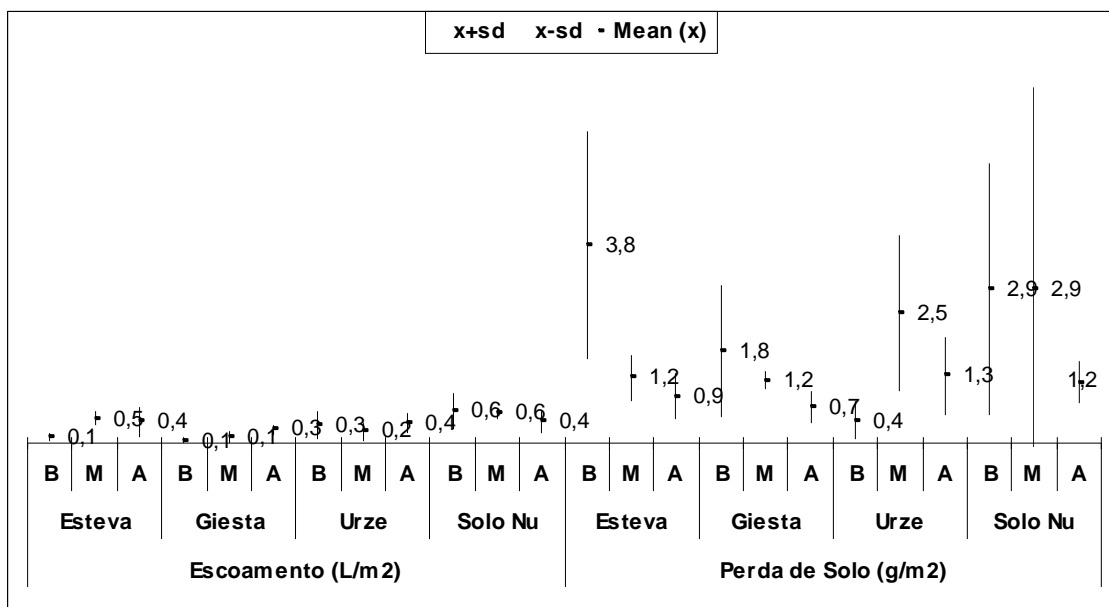


Figura 27: Escoamento e perda de solo: estatística.

4.1.2 – Homogeneidade da simulação - caudal

O caudal que serviu para verificar se as condições foram homogêneas ao longo da simulação, demonstrou que as diferenças significativas obtidas no factor declive relativamente ao caudal se deviam a valores obtidos nos ensaios, giesta declive baixo e sua parcela nua. Nos quais os valores obtidos para o caudal eram mais baixos, relativamente à uniformidade de valores obtidos nos restantes ensaios (ver Anexo IV-A). Uma das causas, foi o facto de o bico do simulador ter entupido com fragmentos de resíduos de vegetação que foram para o bidão aonde se encontra a bomba. Em próximos ensaios de simulação de chuva deve-se proteger a boca dos bidões com uma rede fina para evitar estas inconformidades.

Retirados esses valores, repetiram-se as análises de variância para, caudal, escoamento e perda de solo. O caudal mostrou valores muito homogêneos, sem variação significativa na espécie e declive, com coeficiente de variação de 0,055. Mantiveram-se inalteradas as significâncias das diferenças nas médias do escoamento e perda de solo, devidas aos efeitos espécie e declive. (Quadro 9 e 10)

Quadro 9: Valores médios do caudal da simulação de chuva no campo para os declives e as espécies em estudo.

		Média (com todos os elementos estudo)	Média (sem giesta declive baixo e giesta declive baixo nulo)
Declive	Baixo	225,17 ^a	250,25 ^a
	Médio	248,83 ^b	248,83 ^a
	Alto	252,25 ^b	252,25 ^a
Espécie	Nula	231,89 ^a	243,63 ^a
	Esteva	249,22 ^a	249,22 ^a
	Giesta	233,22 ^a	25617 ^a
	Urze	254,00 ^a	254,00 ^a

Quadro 10: Valores médios do caudal da simulação de chuva no campo para as espécies por declive.

ESPÉCIE	DECLIVE	Média (com todos os elementos estudo)	Média (sem giesta declive baixo e giesta declive baixo nulo)
Nula	Baixo	207,67	242,50
	Médio	236,33	236,33
	Alto	251,67	251,67
Esteva	Baixo	245,67	245,67
	Médio	251,00	251,00
	Alto	251,00	251,00
Giesta	Baixo	187,33	-----
	Médio	257,00	257,00
	Alto	255,33	255,33
Urze	Baixo	260,00	260,00
	Médio	251,00	251,00
	Alto	251,00	251,00

4.1.4 - Matriz de Correlação – Teste Pearson

Utilizou-se a Matriz de Correlação de Pearson para verificar o grau e significância da correlação linear entre as variáveis avaliadas no terreno.

A partir da matriz que se encontra no Anexo IV–I, efectuaram-se os gráficos onde a correlação entre os vários factores foi significativa (Figura 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36).

Na Figura 28 a correlação é baixa mas significativa, o que significa que os factores são directamente proporcionais entre si, isto é, com o aumento da % humidade do solo aumenta o escoamento.

A Figura 29 apresenta um caso meramente informativo porque a % humidade do solo variou com as variações climáticas ocorridas, como por exemplo ter chovido na noite anterior aos ensaios, ou não chover durante um período longo de tempo; como os ensaios foram realizados em séries por declive (isto é, todas as espécies testadas numa situação topográfica, seguindo-se de novo todas as espécies no declive seguinte), esta correlação reflecte aquelas variações climáticas ao longo do trabalho de campo.

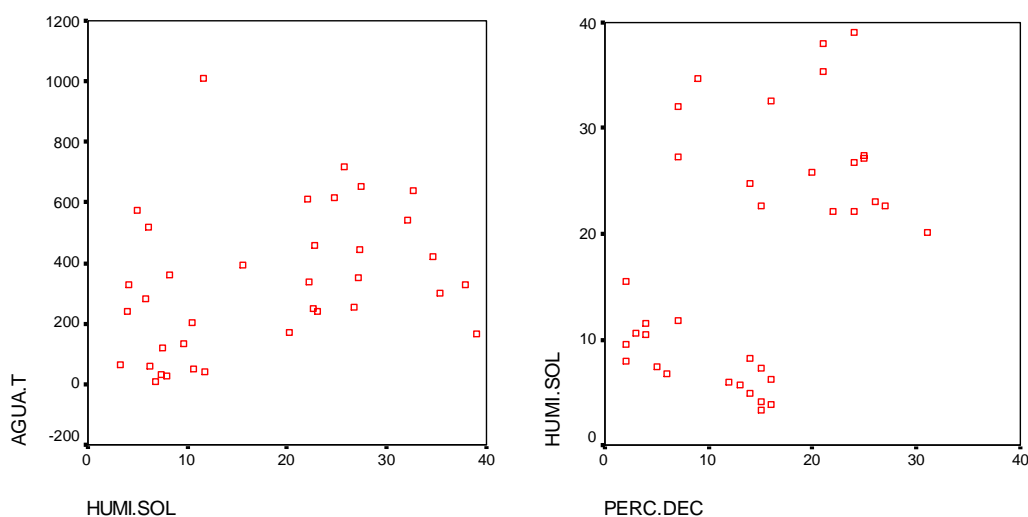


Figura 28: Correlação % Humidade solo-Escoamento ($R=0,0343$; $\text{sig}=0,041$). **Figura 29:** Correlação Percentagem de declive – % Humidade solo ($R=0,453$; $\text{sig}=0,006$).

Na Figura 30 como a correlação é negativa, a % coberto vegetal e a altura da vegetação são inversamente proporcionais, maior % coberto associado à menor altura da vegetação; ver também Quadro11. Este gráfico corresponde a elementos caracterizadores das espécies, como a altura da vegetação e o seu coberto, com características morfológicas muito distintas por serem espécies diferentes.

Na Figura 31 os resultados de correlação significam que a altura da vegetação e a espessura do horizonte orgânico são directamente proporcionais.

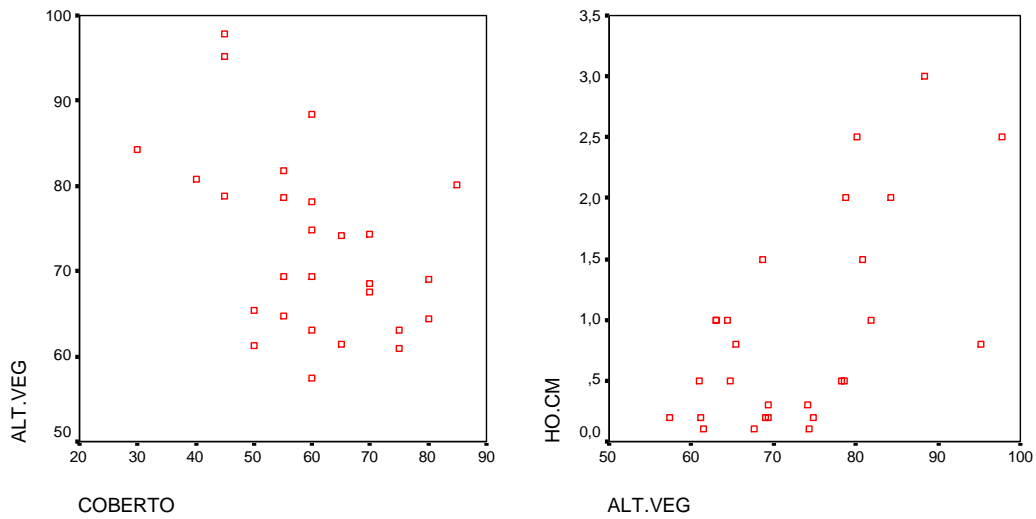


Figura 30: Correlação % Coberto Vegetal -Altura Vegetação ($R=-0,454$; $\text{sig}=0,018$). **Figura 31:** Correlação Altura Vegetação –HO (cm) ($R=0,612$; $\text{sig}=0,001$).

Na Figura 32 constata-se que a altura da vegetação e a quantidade de horizonte orgânico são directamente proporcionais.

Na Figura 33 observa-se que a espessura e a quantidade do horizonte orgânico são directamente proporcionais.

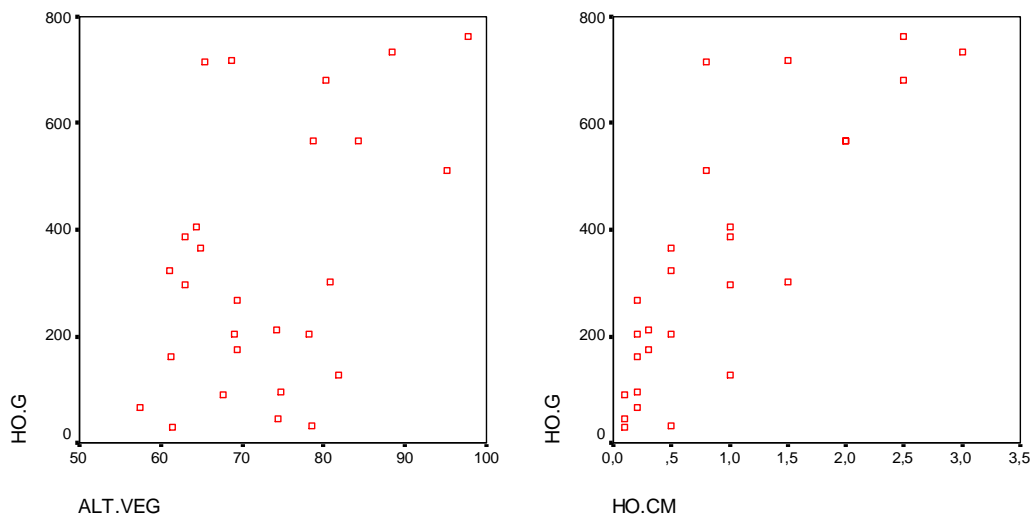


Figura 32: Correlação Altura Vegetação – HO (g) ($R=0,432$; $\text{sig}=0,024$). **Figura 33:** Correlação HO (cm) - HO (g) ($R=0,823$; $\text{sig}=0,000$).

Na Figura 34 verifica-se que não existe correlação entre a % elementos grosseiros e o índice de rugosidade, porque o resultado não é significativo.

Na Figura 35 constata-se que a biomassa aérea e o Factor C da Equação Universal de Perda de Solo (WHISCHEMEIER & SMITH, 1978) tem sentidos opostos porque a correlação é negativa, este contexto tem uma importância do ponto de vista

metodológico para a estimativa de um parâmetro pelo outro. O que significa que estes dois elementos são inversamente proporcionais.

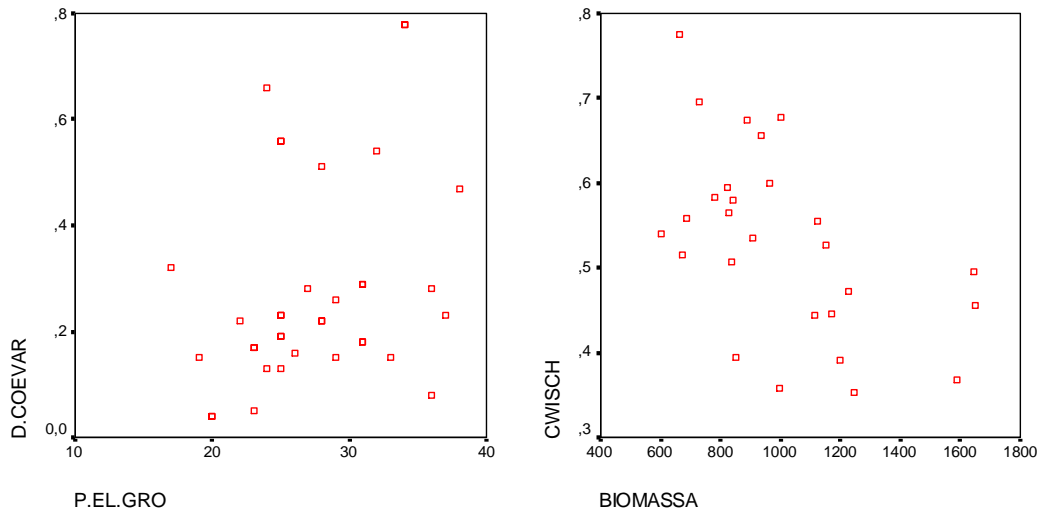


Figura 34: Correlação % Elementos Grosseiros – Índice Rugosidade ($R=0,318$; $\text{sig}=0,059$). **Figura 35:** Correlação Biomassa Aérea (g)-Cobertura Wicshemeier ($R=-0,542$; $\text{sig}=0,004$).

Na Figura 36 a correlação entre a % de coberto vegetal e a biomassa aérea da vegetação são directamente proporcionais.

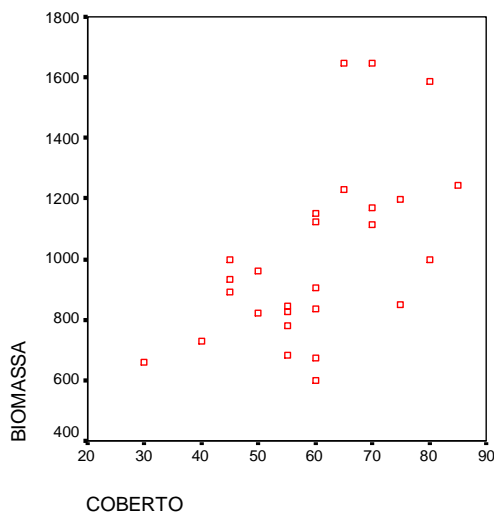


Figura 36: Correlação % Coberto Vegetal–Biomassa ($R=0,575$; $\text{sig}=0,002$).

4.1.5 - Análise de Regressão

Para as correlações significativas obtidas na matriz de correlação de Pearson efectuaram-se análises de regressão, optando-se na maioria dos casos por abordagem espécie a espécie, o que permitiu quantificar diferentes padrões e graus de relação entre variáveis, devidos ao efeito espécie. Criaram-se gráficos e estabeleceram-se curvas de regressão, com o seu coeficiente de determinação (R^2) e significância (Figuras 37, 38, 39, 40, 41, 42).

Na Figura 37, verifica-se, de forma geral, que a correlação é negativa. A urze é a única espécie que apresenta uma recta significativa e com maior R^2 , enquanto para as outras duas espécies as correlações não são significativas, e a giesta é a que apresenta menor R^2 .

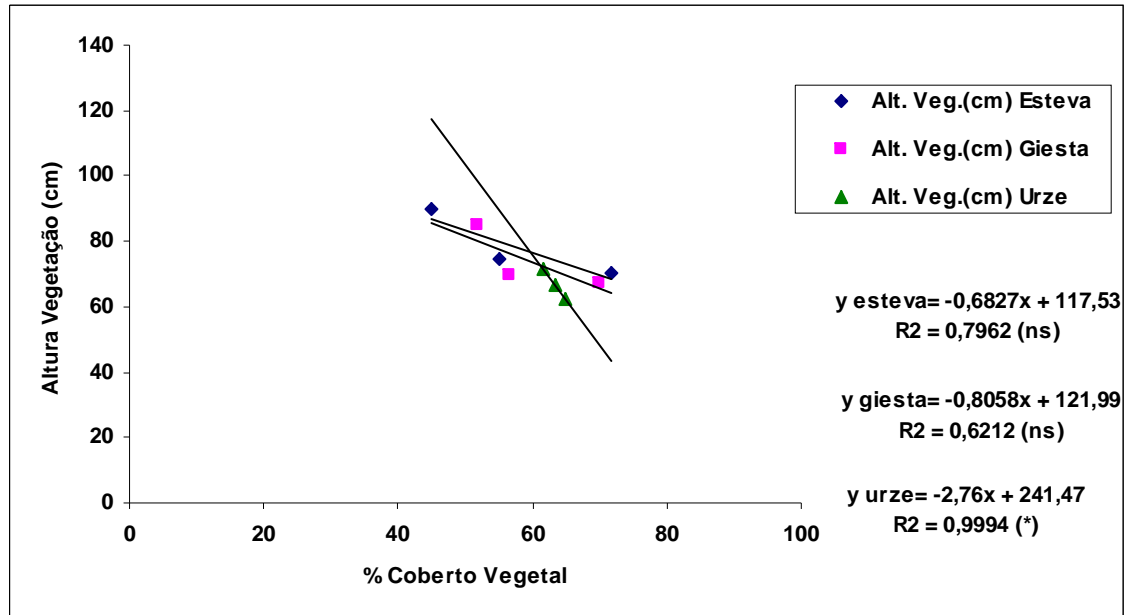


Figura 37: Recta de regressão % coberto vegetal – altura vegetação (cm).

Na Figura 38, verifica-se de forma geral que a correlação é positiva. Das rectas obtidas nenhuma foi significativa; e a urze foi aquela em que se obteve maior R^2 e a giesta menor R^2 .

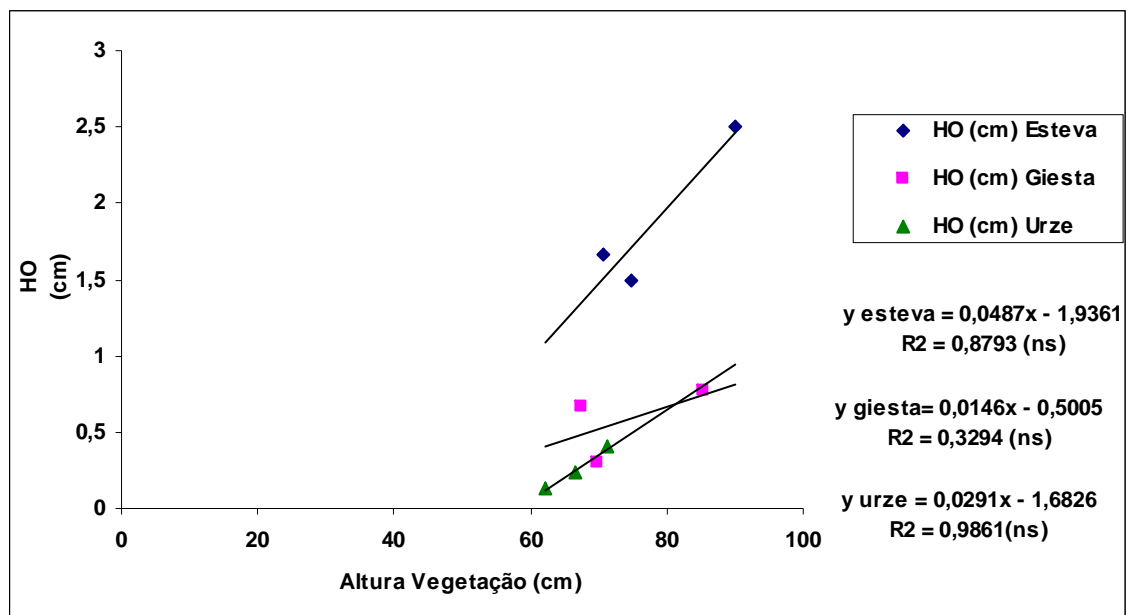


Figura 38: Recta de Regressão altura vegetação (cm) – HO (cm).

Na Figura 39, e como já se previa, verifica-se que a correlação é positiva. As três espécies em estudo dão rectas com valores não significativos (embora na urze seja quase significativa, ao nível $p < 0,05$). Para a realização destas rectas utilizaram-se os valores das médias de HO (cm) e HO (g), o que reduziu drasticamente a dimensão da amostra. Logo para confirmar esta suposição realizou-se o gráfico da Figura 40, no qual se utilizaram os valores individuais, não as médias, de HO (cm) e HO (g). A recta obtida neste gráfico é muito altamente significativa, ganhando com isto valor preditivo. Mas convém assinalar que a análise de regressão por espécie mostrou que a correlação para o caso giesta é virtualmente nula ($R^2=0,007$).

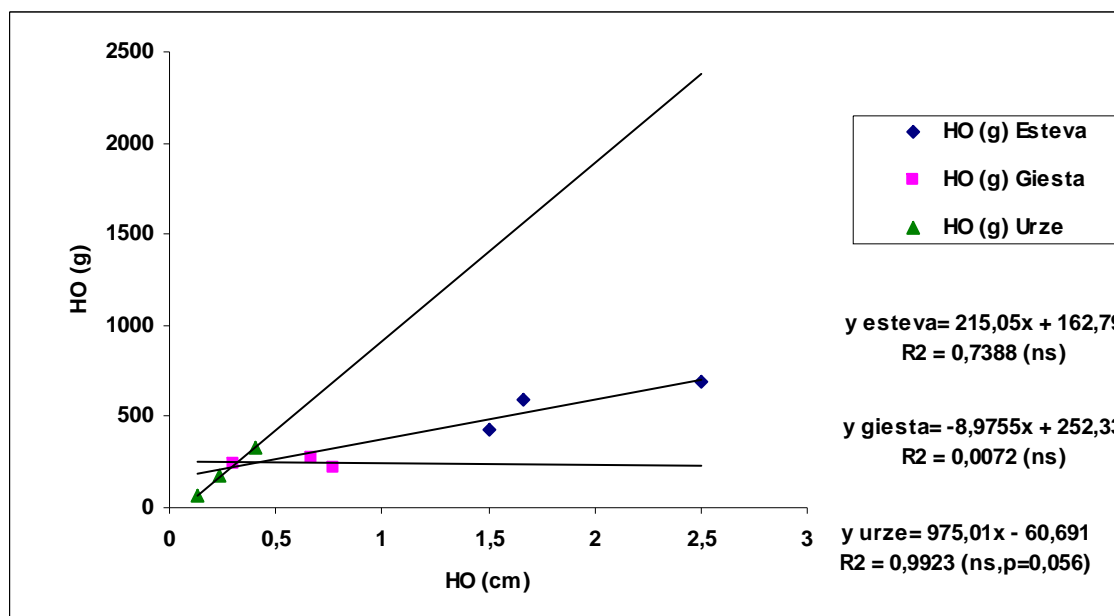


Figura 39: Recta de Regressão HO (cm) – HO (g) (valores médios).

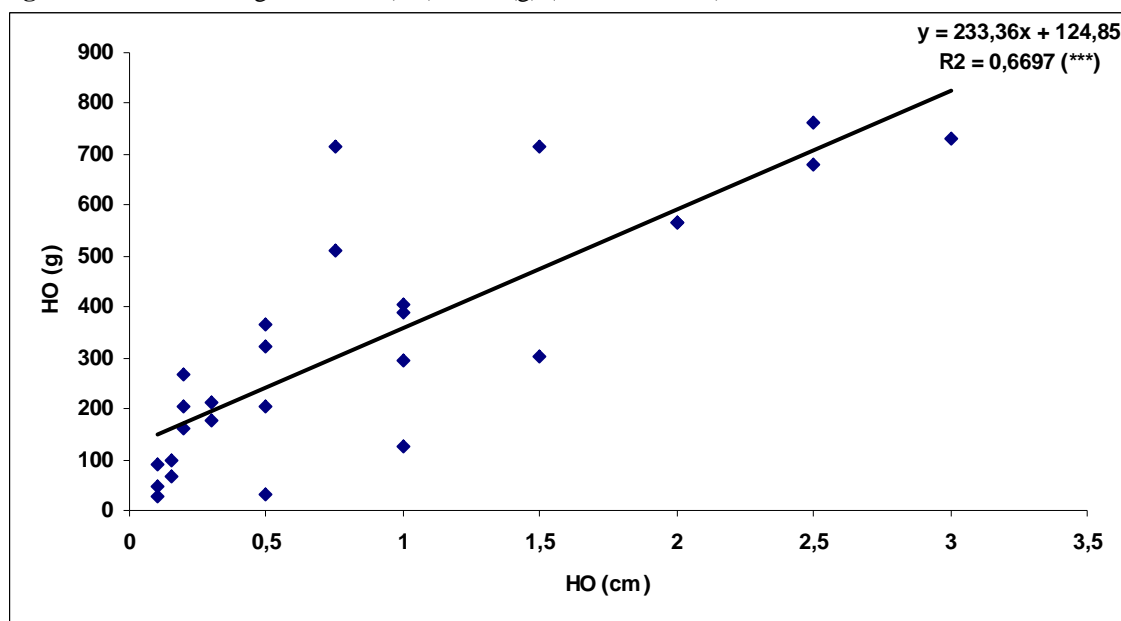


Figura 40: Recta de Regressão HO (cm) – HO (g) (valores individuais).

Na Figura 41, pode-se verificar que $C. Wischemeier > \text{altura vegetação (cm)}$. A urze é a única espécie que apresenta uma recta significativa e com maior R^2 , enquanto as outras duas espécies são não significativas, e a giesta é a que apresenta menor R^2 .

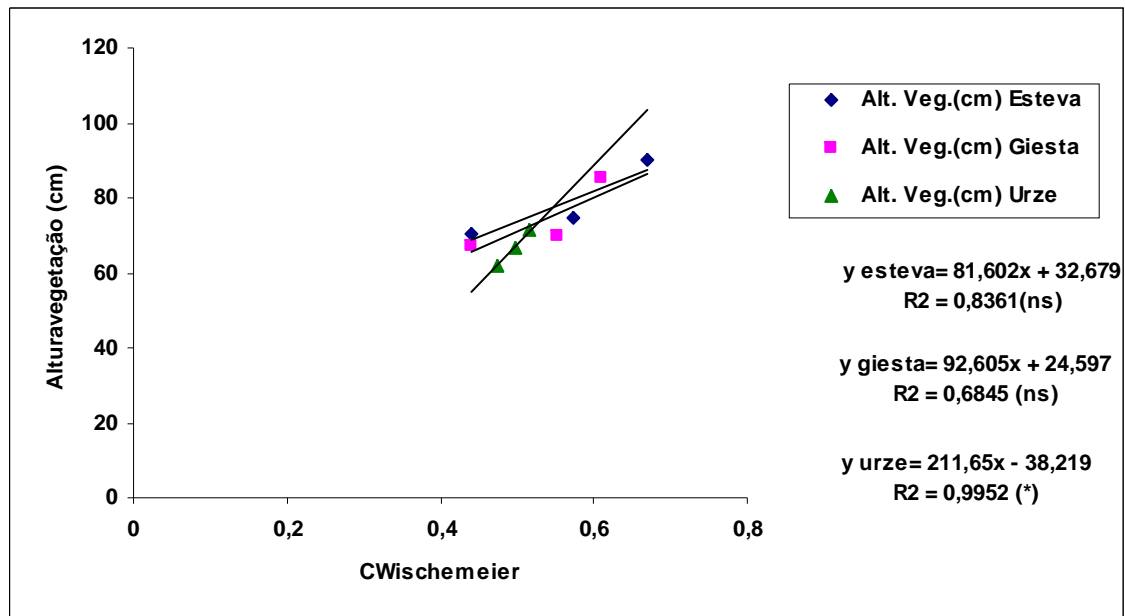


Figura 41: Recta de Regressão C. Wischemeier – altura vegetação (cm).

Na Figura 42, pode-se verificar que a correlação é negativa entre C. Wischemeier e Biomassa (g m^2), isto na urze, porque na esteva e giesta ocorre o inverso.

As 3 rectas obtidas são não significativas. A urze é a que tem maior valor R^2 , enquanto a giesta é a que apresenta menor R^2 .

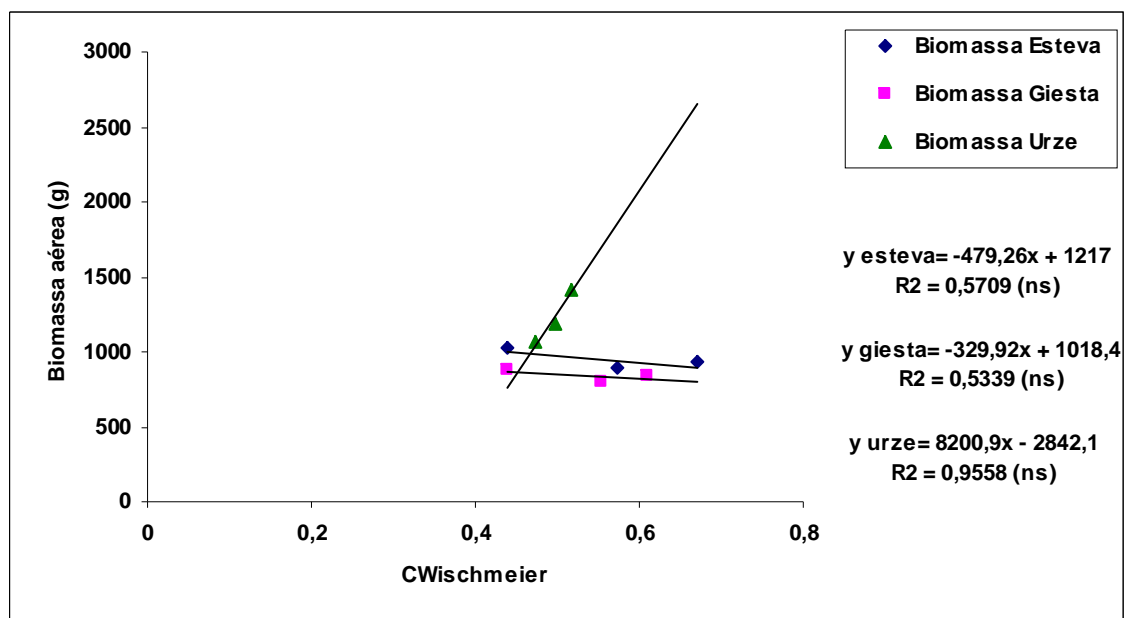


Figura 42: Recta de Regressão C. Wischemeier – Biomassa aérea (g m^2).

Num último estudo efectuou-se a análise de regressão para o efeito declive e vegetação para verificar e estabelecer uma relação quantitativa com o escoamento e a perda de solo (Quadro 11) (PINTO, 1990; OLARIETA *et al.*, 1997; BIENES *et al.*, 1999; BASIC *et al.*, 2001; BOYE & ALBRECHT, 2006):

- Efeito declive – correlacionou-se a % declive, por parcela, com a perda de água e sedimento em solo nu. Com isto pretendia-se avaliar o efeito do valor do declive, nestes 2 parâmetros. Os resultados foram correlações negativas e não significativas. Conclui-se que não é possível estabelecer uma relação quantitativa entre declive, perda de solo e escoamento.
- Efeito vegetação – foi quantificado através do factor C. Wischemeier. Correlacionaram-se os valores do factor C, médios por espécie e classe de declive, com a razão entre as médias das perdas de água e de solo, por espécie e declive, e as perdas de água e de solo nu. Os resultados mostram uma correlação positiva, não significativa ($R^2=0,164$) com a água de escoamento, e negativa, não significativa ($R^2=0,315$) com a perda de solo. Conclui-se também que não é possível estabelecer relações quantitativas fiáveis entre o efeito da % coberto vegetal e as perdas de água (escoamento) e de solo (erosão).

Quadro 11: Valores médios dos elementos da vegetação com os valores significativos de correlação.

DECLIVE	ESPÉCIE	Altura Vegetação (cm)	% Coberto Vegetal	HO (cm)	HO (g)	Biomassa Aérea (gm^{-2})
baixo	esteva	70,6	72	1,7	595,0	1029,3
	giesta	90,1	45	2,5	688,1	883,4
	urze	74,7	55	1,5	423,8	1418,8
médio	esteva	67,4	70	0,7	274,8	927,9
	giesta	85,2	52	0,8	223,1	837,4
	urze	69,7	57	0,3	243,5	1186,9
alto	esteva	71,3	62	0,4	324,4	887,0
	giesta	66,5	63	0,2	180,0	805,6
	urze	62,1	65	0,1	61,1	1060,0

Efectuou-se o cálculo do Factor Cultural (C), da EUPS, e procurou estabelecer-se por regressão uma relação quantitativa deste factor com a perda de solo e o escoamento.

Efectuou-se a regressão entre o valor de C e a perda de solo e entre C e o escoamento, todas as rectas deram não significativas, (Figura 43 e 44).

No final para verificar se se conseguiam obter melhores valores, efectuou-se o mesmo estudo de regressão mas para “Rperda de solo” (razão entre perda de solo com vegetação e em solo nu) e “Rescoamento” (razão entre escoamento com vegetação e em

solo nu), o que se verificou valores ainda mais baixos de R^2 , por isso apenas se apresentam os dados anteriores.

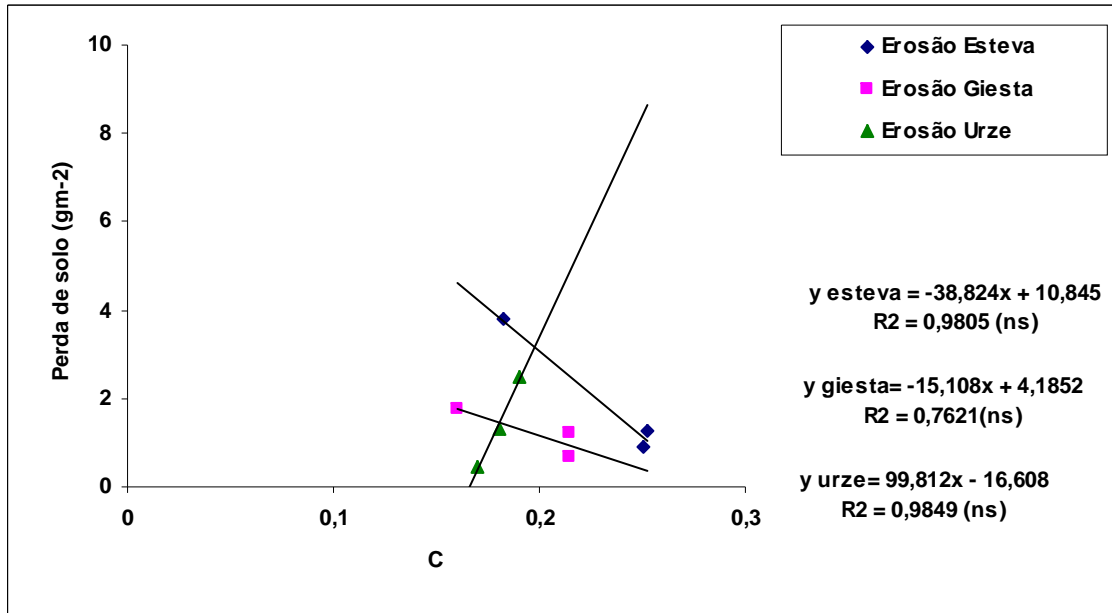


Figura 43: Recta de Regressão C-Perda de solo.

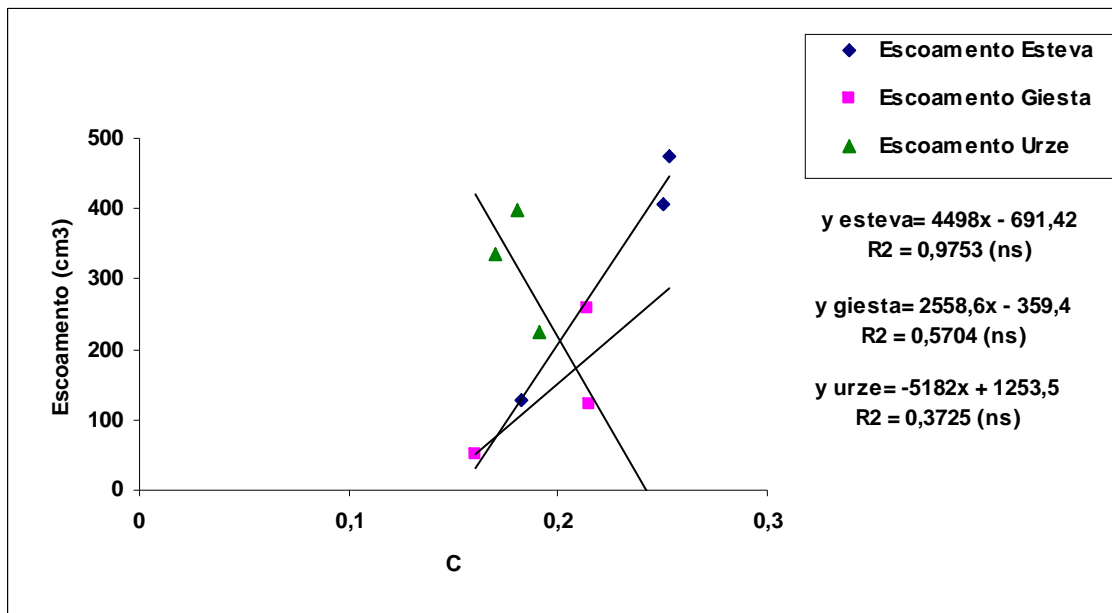


Figura 44: Recta de Regressão C-Escoamento.

Efectuou-se o cálculo do efeito dos resíduos (SC), para determinar se existe alguma ligação entre este efeito com a perda de solo e o escoamento.

Efectuou-se um estudo de regressão entre SC e a perda de solo, bem como entre SC e o escoamento, todas as rectas deram não significativas (Figura 45 e 46).

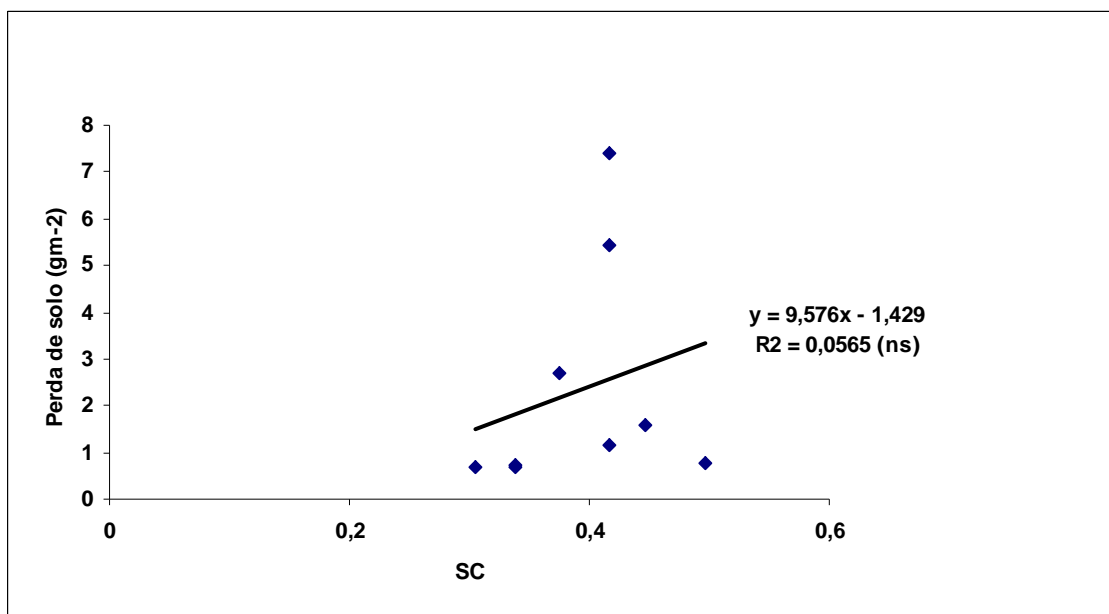


Figura 45: Recta de Regressão SC-Perda de solo.

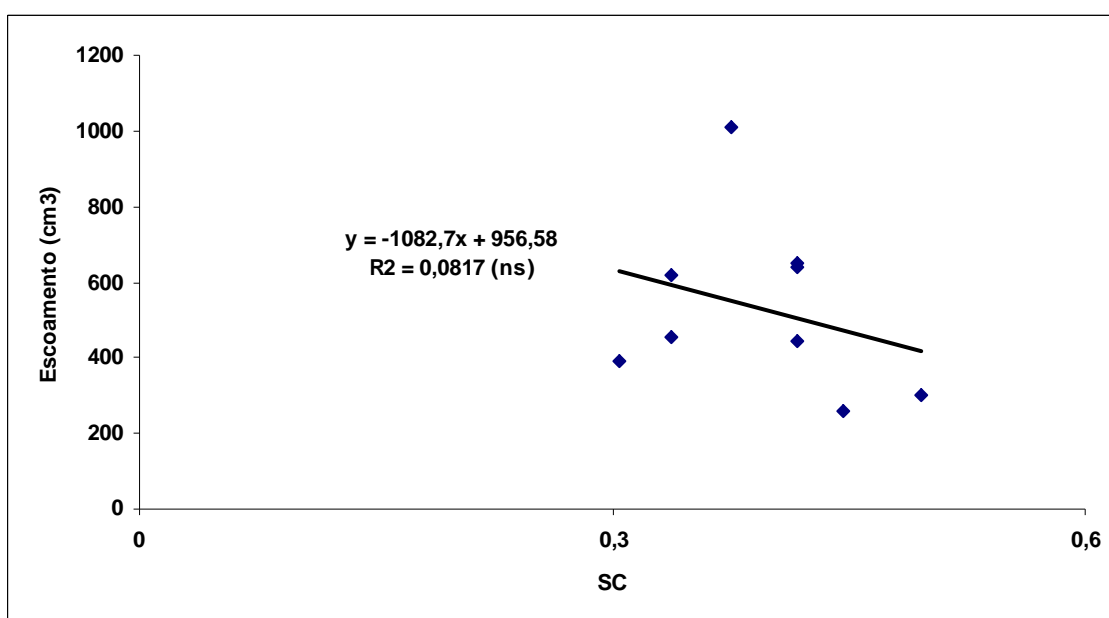


Figura 46: Recta de Regressão SC-Escoamento.

4.1.6 - Análise de Regressão Múltipla

Realizou-se a análise de regressão múltipla (ver Anexo IV-K), na qual a biomassa é a variável dependente e a % coberto vegetal e a altura de vegetação as variáveis independentes.

Utilizando os valores medidos destas variáveis com a equação obtida na análise de regressão múltipla, calculou-se a biomassa estimada. Com estes valores e os de biomassa medidos obteve-se uma recta de regressão muito altamente significativa, como

se pode verificar na Figura 47. A recta 1:1 do gráfico corresponde ao que seria o ajustamento perfeito entre observações e estimativas.

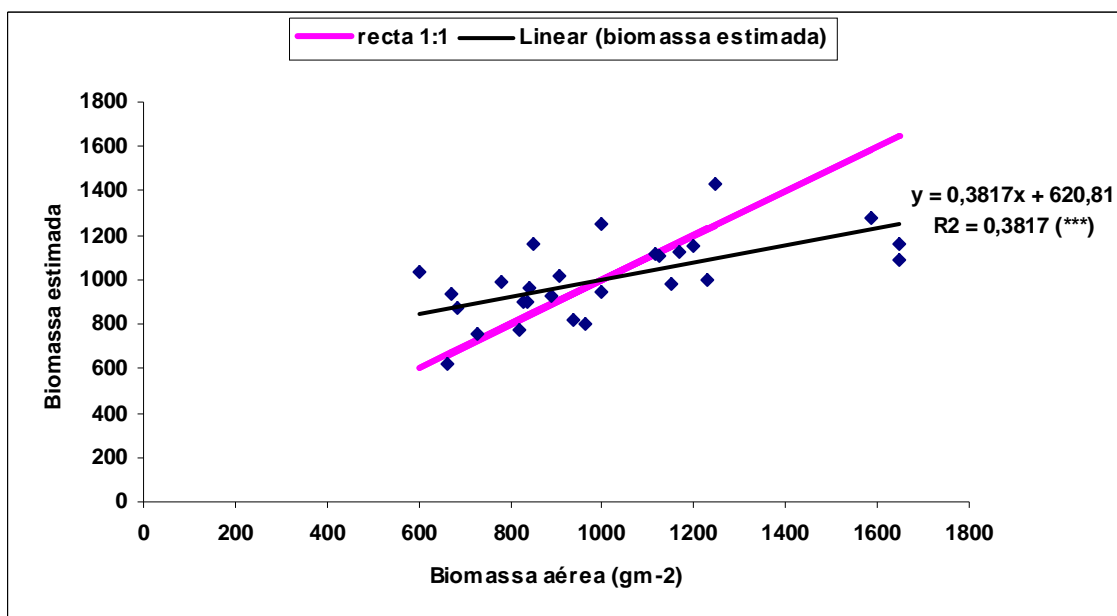


Figura 47: Recta de Regressão Biomassa aérea (g.m⁻²) – Biomassa aérea estimada (g.m⁻²).

4.2 – Carbono no sistema

Tendo em consideração a importância do sequestro de carbono para a sobrevivência do planeta, a pouca informação existente sobre o armazenamento de carbono nas comunidades de matos, agravado pelo facto de estas serem denominadas de incultos e ocuparem 1/3 da área do PNM, procurou-se avaliar, também, o contributo destas comunidades no armazenamento de carbono.

Numa fase inicial apresentam-se os resultados do armazenamento de carbono relativo a cada espécie e declive e no final apresenta-se uma visão global do contributo destes sistemas no armazenamento de carbono.

4.2.1. – Armazenamento de carbono na biomassa aérea das espécies de matos

O armazenamento de carbono na biomassa aérea das espécies de matos segue a sequência urze > esteva > giesta (Figura 48). As diferenças observadas devem-se essencialmente a diferenças morfológicas das espécies, verificando-se que os raminhos do ano dão um contributo importante no caso da urze e da giesta, enquanto que na esteva são os componentes caule e folhas que mais contribuem para o armazenamento daquele elemento.

O aumento do declive foi acompanhado por uma redução do armazenamento de carbono apresentando, geralmente, os componentes da biomassa aérea valores muito idênticos, quando comparados caso a caso (Figura 48).

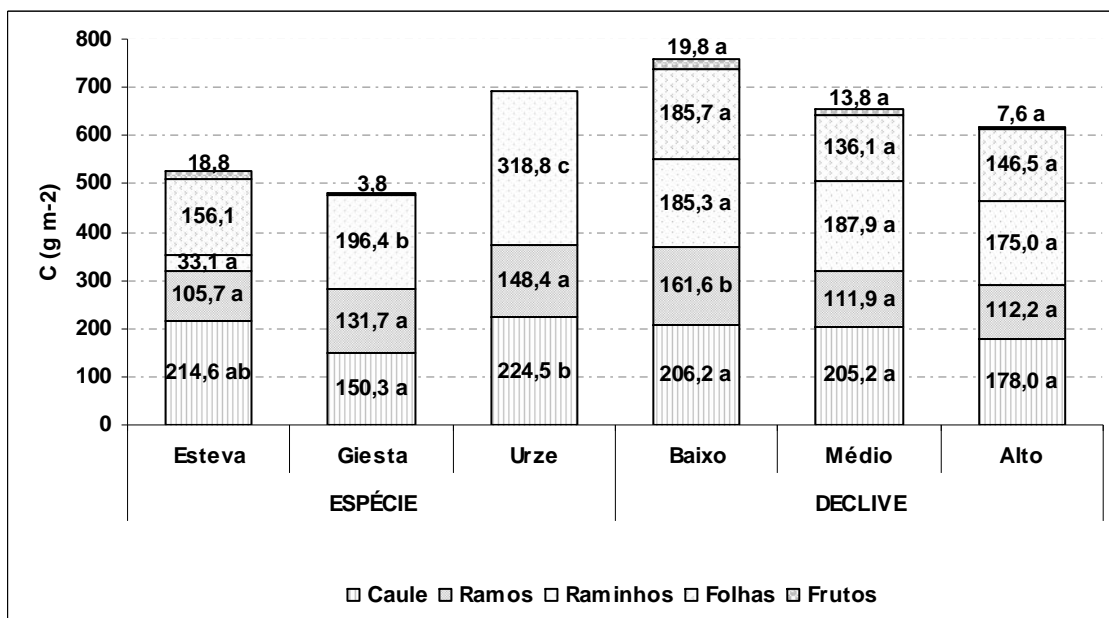


Figura 48: Armazenamento de carbono (g.m⁻²) nas componentes da biomassa aérea, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, para a mesma componente valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

A Figura 49 mostra a distribuição do carbono por espécie segundo o declive, a qual segue um padrão regular: maiores valores para a urze seguida da esteva e giesta, decrescendo com o acréscimo de declive.

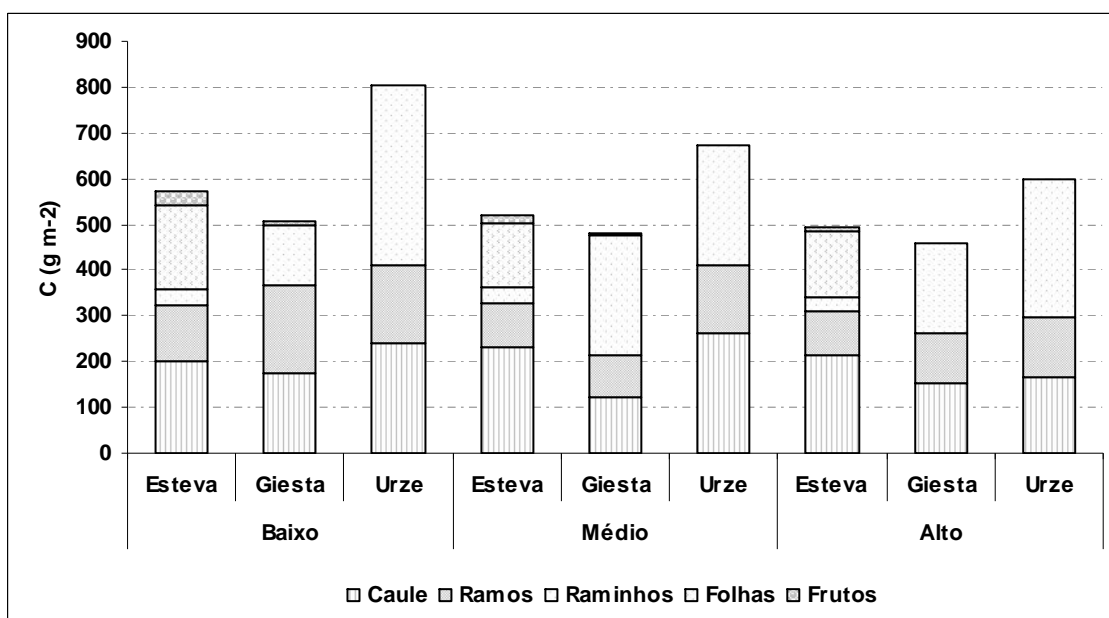


Figura 49: Armazenamento de carbono (gm⁻²) nas componentes da biomassa aérea, segundo a espécie no declive.

4.2.2 – Armazenamento de carbono na biomassa subterrânea das espécies de matos

As espécies de matos estudadas apresentam sistemas radicais com características muito próprias. Os sistemas radicais da espécie urze são bastante superficiais, formados essencialmente por raízes grossas, designadas localmente por “toros”. Os sistemas radicais das espécies esteva e giesta são mais profundos, apresentando a esteva raízes mais grossas em comparação com a giesta. Estas diferenças morfológicas afectam directamente a produção de biomassa e consequentemente o armazenamento de carbono, resultando em valores significativamente superiores na urze comparativamente às outras espécies (Figura 50). O declive não afecta o armazenamento de carbono nos sistemas radicais (Figura 50).

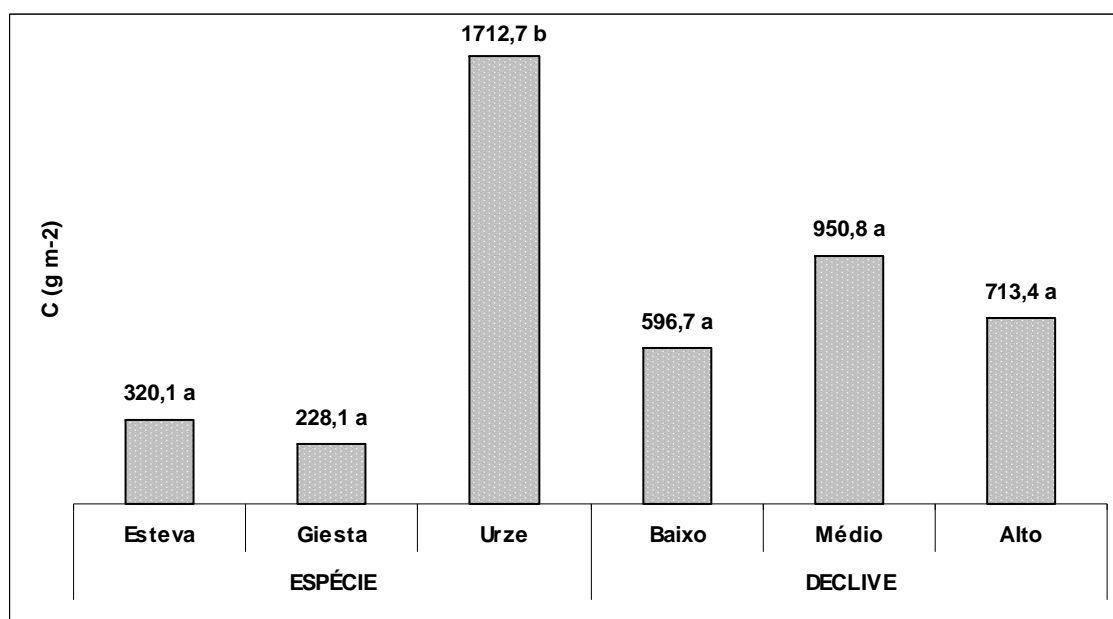


Figura 50: Armazenamento de carbono (g.m⁻²) na biomassa subterrânea, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

O armazenamento de carbono é sempre superior para a urze nos três declives considerados (Figura 51).

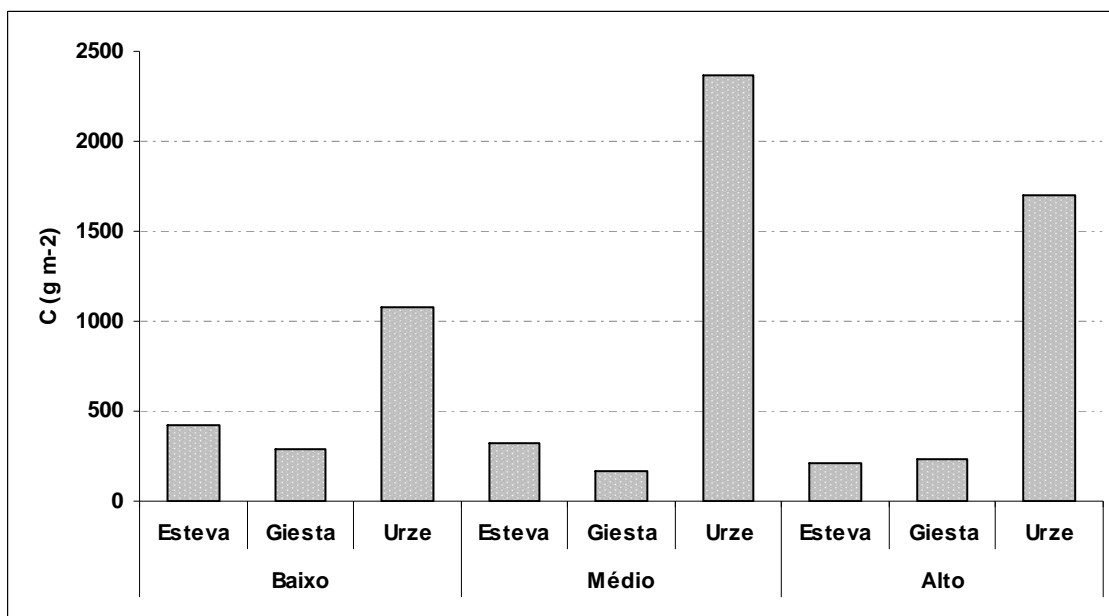


Figura 51: Armazenamento de carbono (g.m^{-2}) na biomassa subterrânea, segundo a espécie no declive.

4.2.3 – Armazenamento de carbono na biomassa aérea e subterrânea das espécies de matos

A massa de carbono armazenada na biomassa total (aérea e subterrânea) é significativamente superior na espécie urze em relação às espécies esteva e giesta. No que respeita ao declive, apesar da ausência de diferenças significativas, os valores tendem a ser superiores no declive médio, o que poderá estar relacionado com a forma do relevo (Figura 52).

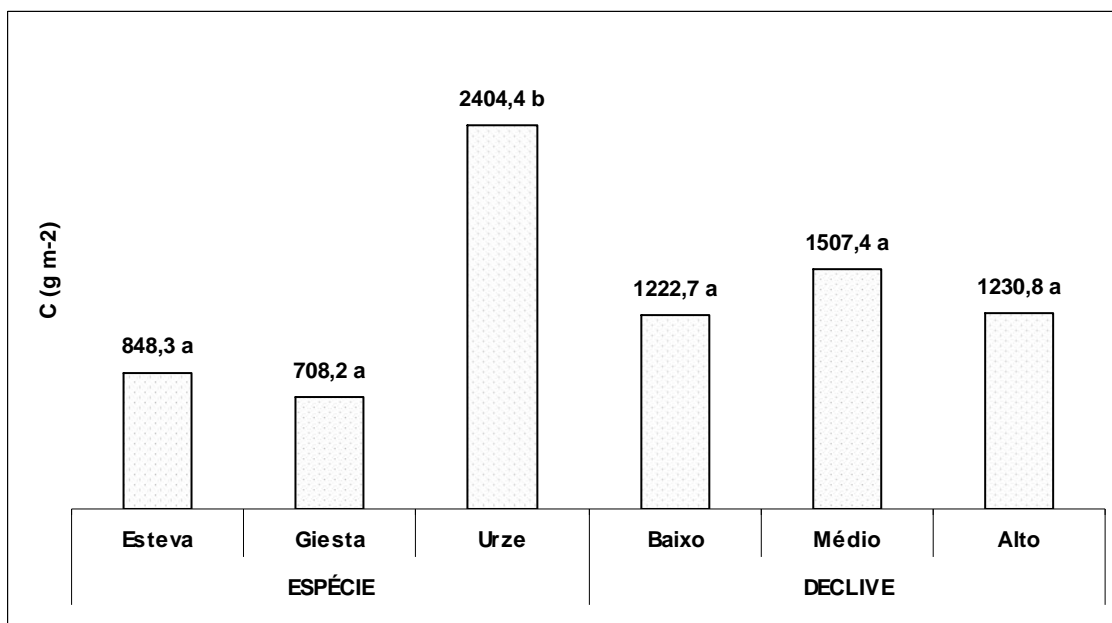


Figura 52: Massa de Carbono (kg.m^{-2}) na biomassa total (aérea e subterrânea), segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

Por observação do comportamento das espécies de acordo com o declive (Figura 53), verifica-se que a urze apresenta os maiores valores de carbono nos três declives, seguida da esteva e finalmente a giesta, apresentando estas duas últimas espécies valores muito semelhantes.

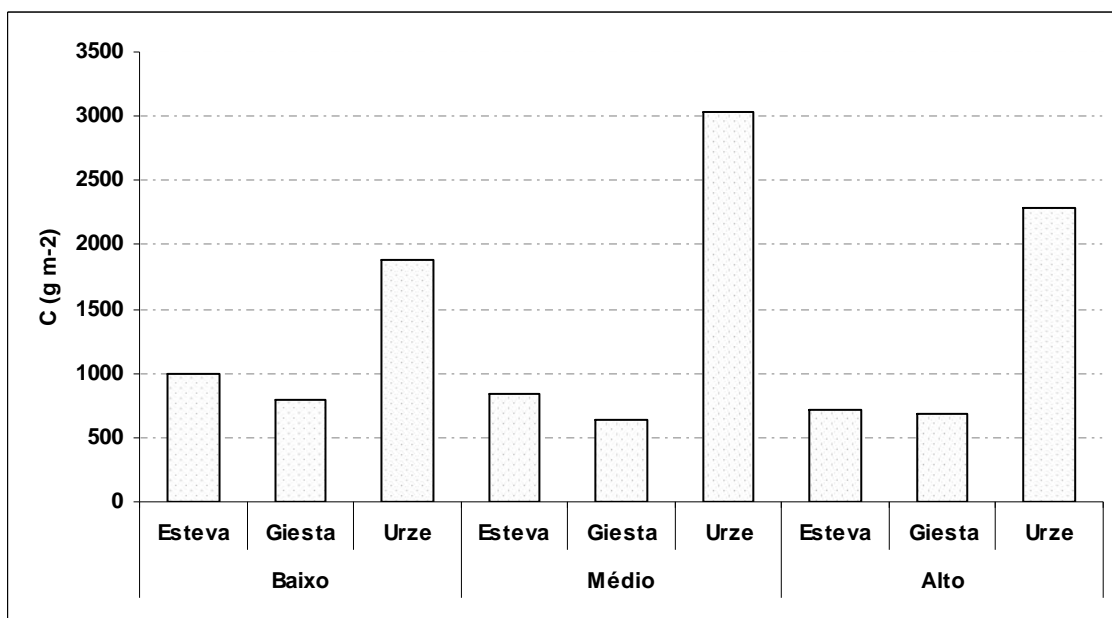


Figura 53: Massa de Carbono (kg.m^{-2}) na biomassa total (aérea e subterrânea), segundo a espécie no declive.

O armazenamento de carbono na biomassa subterrânea da urze representa mais de 70% do armazenamento de carbono na biomassa total. Nas restantes espécies, os valores não ultrapassam os 40% (Figura 54). A fixação de carbono nas espécies vegetais é proporcional aos incrementos de biomassa (CAIRNS & LASSERRE, 2004). Assim, a acumulação preferencial de biomassa aérea nas espécies esteva e giesta favorece diversas funções dos ecossistemas como a redução dos processos erosivos e lixiviação de nutrientes e melhoria das condições microclimáticas (SILVER *et al.*, 2000).

Em Trás-os-Montes, é prática comum as populações serranas colherem as espécies urze e esteva (parte aérea e sistema radical) para utilizarem como combustível doméstico, nomeadamente no aquecimento das casas durante a estação fria. Esta prática pode ter implicações importantes nas funções destes ecossistemas.

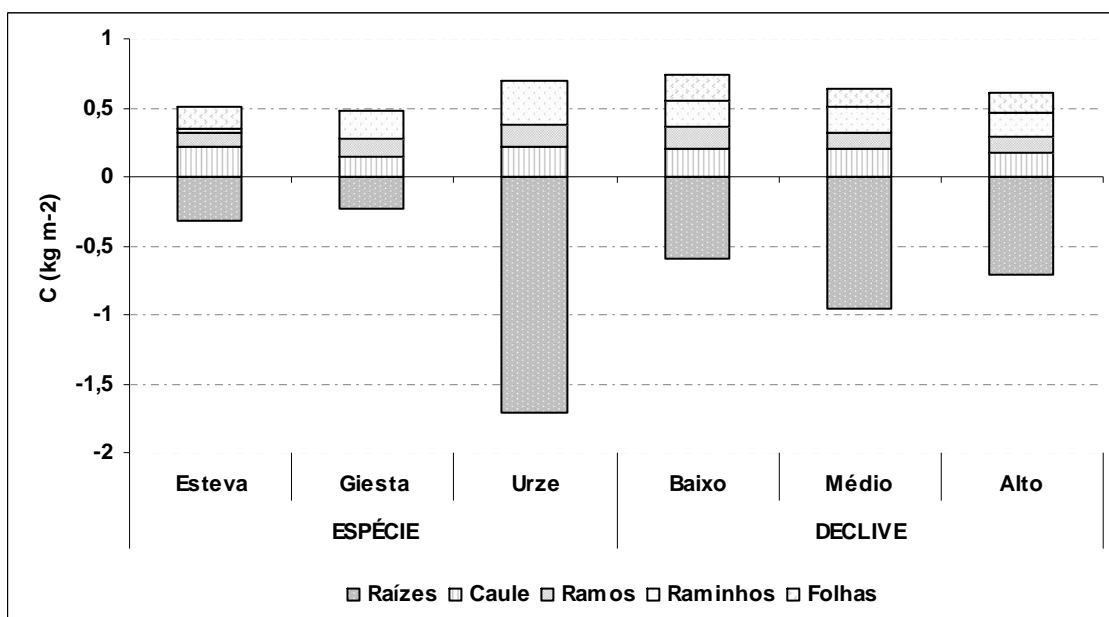


Figura 54: Massa de Carbono (kg.m^{-2}) nas componentes da biomassa total (aérea e subterrânea), segundo a espécie e o declive.

4.2.4 – Armazenamento de carbono no horizonte orgânico formado sob as espécies de matos

O armazenamento de carbono é significativamente superior no horizonte orgânico desenvolvido sob a espécie esteva, o que estará relacionado com a elevada produção de folhas por aquela espécie (Figura 55). O declive continua a não afectar significativamente o armazenamento de carbono, mas este tende a ser inferior nas zonas mais inclinadas (Figura 55).

Nos declives o armazenamento de carbono é maior no médio, baixo e alto, como se pode ver na Figura 55. Tendo em atenção que os valores da massa de carbono do horizonte orgânico no declive médio e baixo são muito próximos.

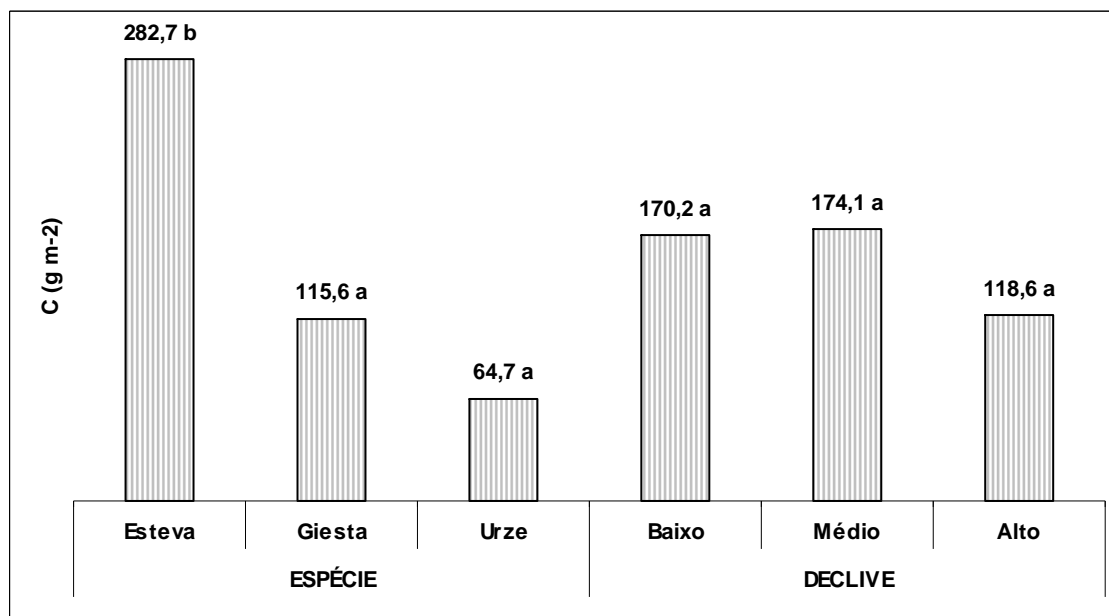


Figura 55: Massa de carbono (g.m-2) no horizonte orgânico, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

4.2.5 – Armazenamento de carbono nos horizontes minerais dos solos desenvolvidos sob coberto das espécies de matos

A massa de carbono nas diferentes profundidades do solo, tende a diminuir da camada 0-5 cm para a camada 5-10 cm voltando a aumentar na camada 10-20 cm, mantendo-se esta tendência quer para as espécies quer para os declives (Figura 56). Um perfil de distribuição de carbono no solo semelhante ao encontrado neste trabalho é referida por PARRALES *et al.*, (2008).

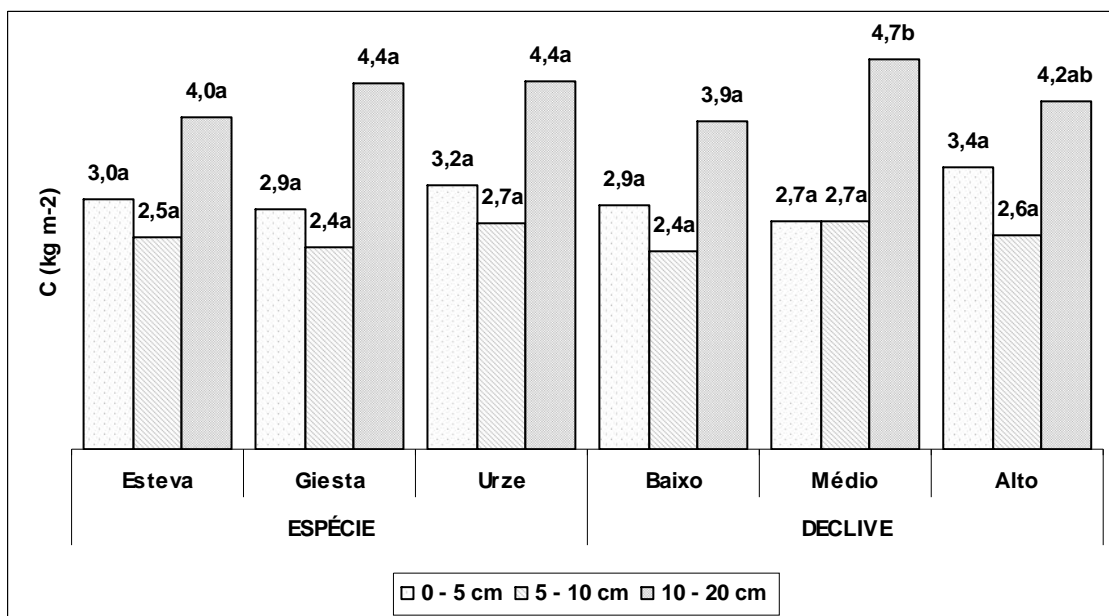


Figura 56: Massa de Carbono (kg.m⁻²) por profundidade do solo, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, para a mesma camada valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

Considerando globalmente as três camadas de solo (espessura 20 cm), constata-se a ausência de diferenças significativas entre espécies e declives, mas com valores ligeiramente superiores para a espécie urze e nas áreas de maior declive (Figura 57).

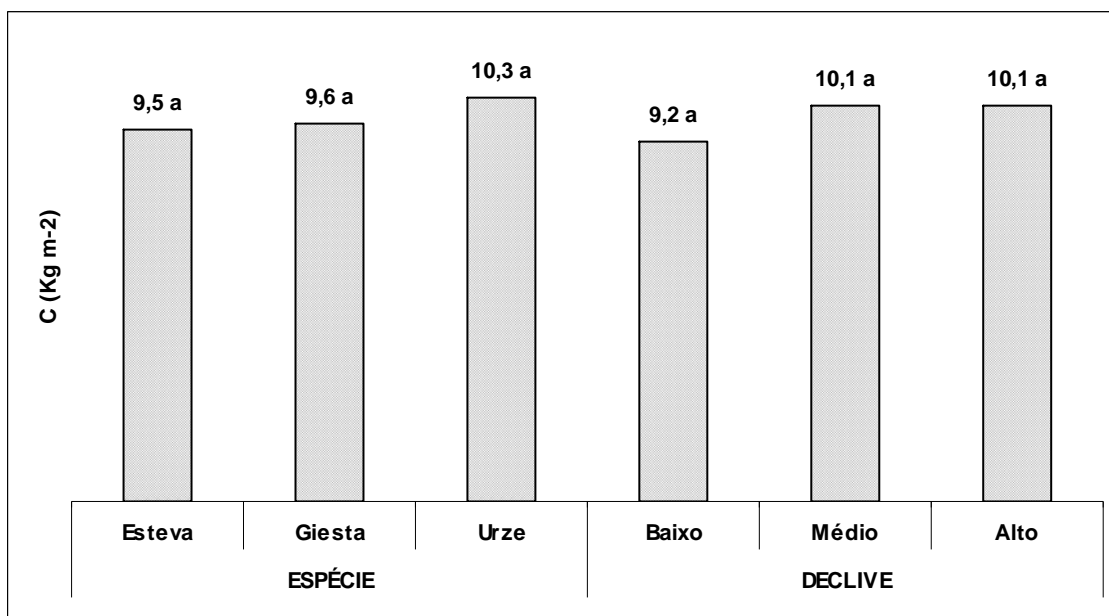


Figura 57: Armazenamento de carbono (kg.m⁻²) na profundidade 0-20cm de solo, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

4.2.6 – Armazenamento de carbono nos diversos compartimentos do sistema

A quantidade de carbono acumulada no sistema varia de 12,8 kg m⁻² na espécie urze a 10,5 e 10,6 kg m⁻² para as espécies giesta e esteva, respectivamente (Figura 58).

O contributo do horizonte orgânico no armazenamento de carbono é pouco expressivo, verificando-se que mais de 80% do carbono se encontra no compartimento solo atingindo valores superiores a 90% na espécie giesta (Figura 58).

O valor significativamente mais elevado na espécie urze deve-se essencialmente ao carbono armazenado na biomassa total (aérea e subterrânea) (Figura 58).

Pela observação dos valores obtidos no armazenamento de carbono no sistema contacta-se que a espécie urze é a que mais benefícios traz para o ambiente em termos de armazenamento de carbono tanto no solo bem como na biomassa vegetal. O declive não interferiu de forma significativa no armazenamento de carbono (Figura 58).

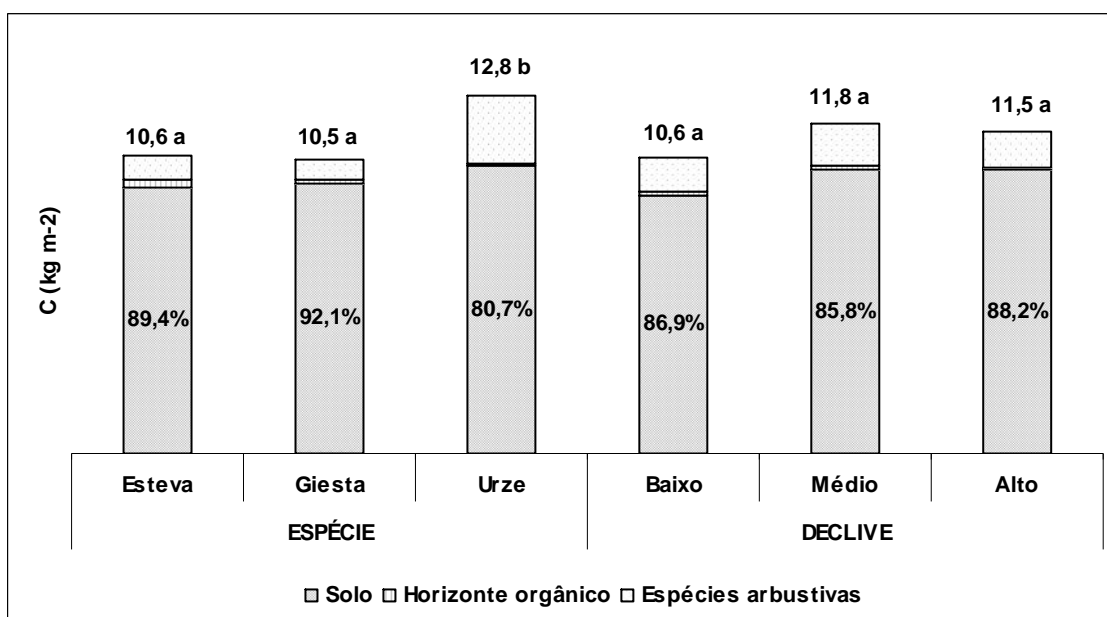


Figura 58: Armazenamento de Carbono (kgm⁻²) no sistema, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

5 - Conclusão

O objectivo deste estudo foi o de contribuir para um melhor conhecimento das áreas de matos do Parque Natural de Montesinho, quanto: à susceptibilidade à erosão hídrica; ao armazenamento de carbono na vegetação e no solo; e à sua dinâmica associada aos processos erosivos.

Os resultados foram analisados em termos relativos, comparando diferentes matos e declives. Deste modo, foi possível estabelecer uma escala de susceptibilidade para os matos ensaiados e procurar relacionar esta escala com parâmetros caracterizadores da erodibilidade dos solos e do efeito protector da vegetação: características do solo e características dos matos como a sua biomassa, altura, densidade, entre outras. Para assegurar a reprodutibilidade dos ensaios foi fundamental que a altura e posição do aspersor em relação à parcela experimental, a pressão de funcionamento e caudal do aspersor, tenham sido cuidadosamente verificadas e mantidas inalteráveis durante os ensaios.

Os matos presentes no PNM, dependendo da sua morfologia, tamanho e distribuição, são importantes no controlo da erosão hídrica, no escoamento superficial e consequentemente na perda de solo e de elementos químicos, como o carbono, avaliadas ao longo das chuvadas simuladas.

Os matos têm um papel importante em relação ao carbono orgânico, porque esta cobertura vegetal sequestra carbono atmosférico (cede uma parte ao solo) e assim contribui para reduzir a concentração deste elemento na atmosfera e portanto dos gases de estufa.

Efectuado este estudo, os resultados obtidos permitem uma avaliação experimentalmente fundamentada da perda de solo nestas áreas e do contributo dos matos para a conservação do solo e para a dinâmica do Carbono

Erosão hídrica

Em concreto quanto aos resultados de erosão hídrica obtidos conclui-se que a espécie que mais protege o solo é a giesta, pois é a espécie em que a perda de solo e o escoamento tem menor valor. Seguem-se a urze e a esteva, por esta ordem, embora com diferenças sensíveis na resposta em termos de perda de solo e de escoamento.

Tendo em conta os vários declives nos quais se efectuaram os ensaios, e relativamente ao escoamento, foi no declive alto que se verificaram os maiores valores e no baixo os

menores, como seria expectável. Todavia, no caso da perda de solo, esta atinge maiores valores no declive baixo e menores valores no declive alto. Elementos caracterizadores dos sistemas testados, como por exemplo o tipo de vegetação, a presença ou ausência de horizonte orgânico, o teor em elementos grosseiros, a rugosidade da superfície do solo, o seu teor de humidade, foram explorados na discussão, no sentido de explicar os resultados obtidos.

Carbono no sistema

Este estudo também nos permitiu obter uma avaliação acerca do armazenamento de carbono no sistema e suas componentes.

Tendo em conta o sistema como um todo (Carbono Total no Sistema), biomassa vegetal, biomassa aérea e raízes, o armazenamento de carbono na vegetação é maior na urze, seguindo-se depois a esteva e a giesta. Relativamente ao armazenamento de carbono nos declives em estudo, os valores são maiores no declive médio e menores no declive baixo, à excepção da biomassa aérea em que a maior quantidade se encontra no declive baixo, seguindo-se o médio e por fim o alto.

Na componente horizonte orgânico a maior quantidade de carbono encontra-se na esteva, giesta e o menor valor encontra-se na urze, relativamente ao declive a maior massa de carbono encontra-se no médio, baixo e o menor valor no declive alto.

O armazenamento de carbono no solo total, 0-20cm, é maior na urze, seguida da giesta e o menor valor encontra-se no solo da esteva, relativamente ao declive o médio é o que tem maior valor de carbono, seguido do alto e por fim o baixo.

O armazenamento de carbono no sistema é maior no solo, seguido da biomassa vegetal e a menor quantidade encontra-se no horizonte orgânico.

Com a realização deste estudo e não esquecendo que os matos representam 1/3 da área do Parque Natural de Montesinho, confirma-se que os matos têm a função de protecção do solo e do meio ambiente contra a erosão hídrica.

Quanto ao sequestro de carbono, os matos contribuem expressivamente para o armazenamento tanto ao nível do solo como da biomassa vegetal.

Desta forma se mostra objectivamente que os matos devem deixar de ser considerados como comunidades vegetais sem valor, carecendo pelo contrário de valorização e preservação.

6 - Bibliografia

AGUIAR, C. F. G., 2001 – Flora e vegetação de Serra de Nogueira e do Parque Natural de Montesinho. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Tese de Doutoramento.

AGUIAR, C. F. G., 2005 – Unidade curricular de Ecossistemas de Portugal (Apontamentos) – Mestrado de Gestão e Conservação da Natureza. Bragança: ESAB.

AGUIAR, C. F. G., 2008 – Comunicação pessoal. Bragança: ESAB.

ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, 2006 – Protocolo de Quioto relativo às alterações climáticas. Actividades da União Europeia, Sínteses da legislação. Data de Modificação: 2 de Maio de 2006. [Consult. 27 de Outubro de 2006]. Disponível em: <http://www.ciedbragança.ipb.pt/>

ANDREU, V.; RUBIO, J. L.; GIMENO-GARCÍA, E. & LLINARES, J. V., 1998 - Testing three Mediterranean shrub species in runoff reduction and sediment transport. *Soil & Till. Res.*, 45.

BASIC, F.; KISIC, I.; BUTORAC, A.; NESTROY, O.; MESIC, M., 2001 - Runoff and soil loss under different tillage methods on Stagnic Luvisols in central Croatia. *Soil & Till. Res.*, 62.

BERNOUX, M.; FELLER, C.; CERRI, C. C.; ESCHENBRENNER, V.; CERRI, C. E. P., 2006 – Soil carbon sequestration. ROOSE, E. J.; LAL, R.; FELLER, C.; BARTHÈS, B.; STEWART, B. A. – **Advances in soil science - Soil erosion and carbon dynamics**. United States of America. Taylor & Francis Group.

BERTONI, J.; NETO, F. L., 1990 – Conservação do solo. 1ª ed. São Paulo: Ícone editora.

BIENES, R.; GUERRERO, J.; GÓMEZ, B.; NICOLAU, J. M.; ESPIGARES, T., 1999 - Influencia de la cubierta vegetal sobre la evolución del coeficiente de escorrentía en campos agrícolas. **XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo**, 4 pp (CD-ROM). Pucon, Chile.

BISSONNAIS, Y. le; CERDAN, O.; LÉONARD, J.; DAROUSSIN, J., 2006 – Pan-European soil erodibility assessment. BOARDMAN, J.; POESEN, J. – **Soil Erosion in Europe**. England. John Wiley & Sons, Ltd. 2.15.

BOARDMAN, J.; POESEN, J. 2006 – Soil erosion in Europe: Major processes, causes and consequences. BOARDMAN, J.; POESEN, J. – **Soil Erosion in Europe**. England. John Wiley & Sons, Ltd. 2.2.

BOCHET, E.; RUBIO, J. L.; POESEN, J., 1998 - Relative efficiency of three representative matorral species in reducing water erosion at the microscale in a semi-arid climate (Valência: Spain). *Geomorphology*.

BOCHET, E.; RUBIO, J. L.; POESEN, J., 1999 - Modified topsoil islands within patchy Mediterranean vegetation in SE Spain. *Catena*.

BOYE, A.; ALBRECHT, A., 2006 – Soil erodibility control and soil carbon losses under short-term tree fallows in Western Kenya. ROOSE, E. J.; LAL, R.; FELLER, C.; BARTHÈS, B.; STEWART, B. A. – **Advances in soil science - Soil erosion and carbon dynamics**. United States of America. Taylor & Francis Group.

BRANDÃO, C.; RODRIGUES, R.; PINTO DA COSTA, J., 2004 – As cheias em Portugal, Estar informado e preparado, Por um mundo mais seguro no século XXI – sessão de sensibilização. Auditório do Instituto da Água, Lisboa: Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, 26 de Novembro de 2004.

BRESSON, L-M; BISSONNAIS, Y. le; ANDRIEUX, P., 2006 – Soil surface crusting and structure slumping in Europe. BOARDMAN, J.; POESEN, J. – **Soil Erosion in Europe**. England. John Wiley & Sons, Ltd. 2.3.

BRYAN, R. B.; CAMPBELL, I. A., 1986 - Runoff and sediment discharge in a semi-arid drainage basin. *Z. Geomorphol*, 58.

CABRAL., 1982 - Contribuição para a determinação da taxa de decomposição da folhada de *Eucalyptus globulus* Labill, e sua relação com factores ambientais. INIA, Estação Florestal Nacional.

CAIRNS, R. D.; LASSERRE, P., 2004 - Reinforcing economic incentives for carbon credits for forests. *Forest Policy and Economics*, 6.

CALLEBAUT, F., 1987 – Soil sealing and crusting. College on soil physics, Int. Center Theor. Physics, Trieste.

CALLESEN, I.; LISKI, J.; RAULUND-RASMUSSEN, K.; OLSSON, M. T.; TAUSTRAND, L.; VESTERDAL, L.; WESTMAN, C. J., 2003 - Soil carbon stores in Nordic well-drained forest soils – relationships with climate and texture class. *Global Change Biology*, 9.

CHHABRA, A., PALRIA, S.; DADHWAL, V. K., 2003 - Soil organic carbon pool in Indian forests. *For. Ecol. and Manage*, 1739.

COELHO, C. O. A., 2006 – Portugal. BOARDMAN, J.; POESEN, J. – **Soil Erosion in Europe**. England. John Wiley & Sons, Ltd. 1.28

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, 2006 – Estratégia temática de protecção do solo. Comunicação da comissão ao concelho, ao parlamento Europeu, ao comité económico e social Europeu e ao comité das regiões. Bruxelas, 22 de Setembro.

COMISSÃO EUROPEIA, 2006 – PROTECÇÃO DOS SOLOS. Para uma estratégia de protecção do solo. Actividades da União Europeia, Sínteses da legislação. Data de Modificação: 17 de Agosto. [Consult. 27 de Outubro de 2006]. Disponível em: <http://www.ciedbragança.ipb.pt/>

COMISSÃO EUROPEIA, 2007 – PROTECÇÃO DO SOLO – Uma nova política para a UE. Folha de informação sobre o ambiente. Comissão Europeia, Janeiro.

CORTEZ, N. R., 1987 – Erosão hídrica do solo: a equação universal de perda de solo e outros modelos de previsão. I.S.A., Lisboa.

COSTA, J. B. da, 1999 – Caracterização e constituição do solo. 6ªed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

COTRUFO, M. F.; INESON, P.; ROWLAND, A. P., 1994 - Decomposition of tree leaf litters grown under elevated CO₂: Effect of litter quality. *Plant and Soil*, 163.

DE PLOEY, J., 1983 – Rainfall simulation, runoff and soil erosion. 1ª ed. West Germany: Catena Supplement 4.

DECKMYN, G.; MUYS, B.; QUIJANO, J. G.; CEULEMANS, R., 2004 - Carbon sequestration following afforestation of agricultural soils: comparing oak/beechn forest to short-rotation poplar coppice combining a process and a carbon accounting model. *Global Change Biology*, 10.

DEXTER, A. R., 1988 – Advances in characterization of soil structure. STR vol. 11.

DIXON, R. K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R. A.; SOLOMON, A. M.; TREXLER, M. C.; WISNIEWSKI, J., 1994 - Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263.

ESF, 2004 – The role of soils in the terrestrial carbon balance (RSTCB). European Science Foundation.

FIGUEIREDO, T., 1990 – Aplicação da equação universal de perda de solo na estimativa da erosão potencial: o caso do Parque Natural de Montesinho. Bragança: Escola Superior Agrária de Bragança.

FIGUEIREDO, T., 2002 – Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano. Comunicação ao “II Seminário sobre Recursos Naturais no Nordeste Transmontano”, ESE/IPB. Bragança, Abril.

FIGUEIREDO, T., 2005 – Unidade curricular de Geodiversidade (Apontamentos) – Mestrado de Gestão e Conservação da Natureza. Bragança: ESAB.

FONSECA, F., 1997 – Implicações do tipo de coberto florestal nos horizontes orgânicos e minerais do solo – Aplicação a quatro povoamentos na Serra da Padrela, N. de Portugal. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Tese de Mestrado.

FONSECA, F., 2005 – Técnicas de preparação do terreno em sistemas florestais – implicações no solo e no comportamento das plantas. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Tese de Doutoramento.

FONSECA, F.; MARTINS, A.; FIGUEIREDO, T. de; GUERRA, A.; NOGUEIRA, C., 2006 – Avaliação do Efeito de Operações de Preparação do Terreno no Armazenamento e Distribuição de Carbono em Jovens Povoamentos Florestais. **Medioambiente en Iberoamerica, Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI. Diputación De Badajoz**. Tomo II. España, Badajoz.

FOURNIER, F., 1975 – Conservation de suelos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

FRANCIS, C. F.; THORNES, J. B., 1990 – Runoff hydrographs from three Mediterranean vegetation cover types. THORNES, J. B. – Vegetation and erosion: processes and environments. 1ª ed. England: John Wiley & Sons.

FRANKS, C. D.; KIMBLE, J. M.; SAMSON-LIEBIG, S. E.; SOBECKI, T. M., 2001 – Organic carbon methods, microbial biomass, root biomass, and sampling design under development by NRCS. LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. - **Advances in Soil Science – Assessment Methods for Soil Carbon**. United States of America. Lewis Publishers. Chapter 8.

GHADIRI, H.; PAYNE, D., 1988 – The risk of leaving the soil surface unprotected against falling rain. STR vol.8

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M., 1999 – O início do processo erosivo. Capítulo I, In GUERRA, A. J. T. *et al* – Erosão e conservação dos solos: conceito, termos e aplicações. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

HARMON, M. E.; MARKS, B., 2002 - Effects of silvicultural practices on carbon stores in Douglas-fir-western hemlock forests in the Pacific Northwest, USA: results from a simulation model. Can. J. For. Res., 32.

HUDSON, N., 1981 – Soil Conservation. 2ª ed. Ithaca N. Y.: Cornell University Press.

HUNTINGTON, T. G., 1995 - Carbon sequestration in an aggrading forest ecosystem in the southeastern USA. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, **59**.

IPB; ICN.(INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA; INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA), 2007 – Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho – Caracterização. Bragança.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE), 2000 - Land use, land-use change, and forestry special report. Cambridge.

JACINTHE, P. A.; LAL, R.; KIMBLE, J. M., 2001 – Assessing water erosion impacts on soil carbon pools and fluxes. LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. - **Advances in Soil Science – Assessment Methods for Soil Carbon**. United States of America. Lewis Publishers. Chapter 30.

JACINTHE, P.-A.; LAL, R.; OWENS, L. B.; HOTHEM, D. L., 2004 – Transport of labile carbon in runoff as affected by land use and rainfall characteristics. Elsevier: Science direct.

JENERETTE, G. D.; LAL, R., 2006 - Modeled carbon sequestration variation in a linked erosion–deposition system. Sciencedirect: ecological modelling.

JULIEN, P. Y.; SIMONS, D. B., 1985 – Sediment transport capacity of overland flow. TASAE vol. 28, nº3.

KOSMAS, C., DANALATOS, N. G., CAMMERAAT, L. H., CHABART, M., DIAMANTOPOULOS, J., FARAND, R., GUTIERREZ, L., JACOB, A., MARQUES, H., MARTINEZ-FERNANDEZ, J., MIZARA, A., MOUSTAKAS, N., NICOLAU, J. M., OLIVEROS, C., PINNA, G., PUDDU, R., PUIGDEFABREGAS, J., ROXO, M.,

- SIMAO, A., STAMOU, G., TOMASI, N., USAI, D., & VACCA, A., 1997 - The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena*, 29.
- LACLAU, P., 2003 - Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest Patagonia. *For. Ecol. and Manage.*, 180.
- LAL, R., 2002 – Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. Elsevier: *Environmental Pollution*.
- LAL, R., 2003 – Soil erosion and the global carbon budget. Elsevier: *Environment International*.
- LAL, R., 2004 – Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Elsevier: *Science Direct*.
- LAL, R., 2005 – Forest soils and carbon sequestration. Elsevier: *Science Direct*.
- LAL, R., 2006 – Soil erosion and carbon dynamics. Elsevier: *Science Direct*.
- LANG, A.; BORK, H. R., 2006 – Past soil erosion in Europe. BOARDMAN, J.; POESEN, J. – **Soil Erosion in Europe**. England. John Wiley & Sons, Ltd. 2.1.
- LE BISSONNAIS, Y.; SINGER, M. J., 1993 - Seal formation, runoff, and interrill erosion from seventeen California soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57.
- LI, Y., XU, M., ZOU, X., SHI, P. & ZHANG, Y., 2005 - Comparing soil organic carbon dynamics in plantation and secondary forest in wet tropics in Puerto Rico. *Global Change Biology*, 11.
- MATOS, M. R.; SILVA, M. H. da., 1986 – Estudos de precipitação com aplicação no projecto de sistemas de drenagem pluvial: Curvas de Intensidade-Duração-Frequência da precipitação em Portugal. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- MERINO, A., 2008 - Extraction of biomass from forests soils - the main aspects to take into account to prevent soil degradation. SPinSmEDE - Soil Protection in Sloping Mediterranean Agri-environments. Bragança. (a)
- MERINO, A., 2008 - The role of forests in mitigating climate change. SPinSmEDE - Soil Protection in Sloping Mediterranean Agri-environments. Bragança. (b)
- MERZOUKI, A., LOSSAINT, P. & RAPP, M., 1989 - L'effet d'une coupe à blanc sur le compartiment biomasse microbienne d'un sol rouge méditerranéen. *Pedobiologia*, 33.
- MERZOUKI, A., LOSSAINT, P., BILLES, G. & RAPP, M., 1990 - L'impact du déboisement sur l'azote minéral susceptible d'être absorbé par un taillis de chêne vert (*Quercus ilex L.*) en reconstitution. *Ann. For. Sci.*, 21.
- MEYER, L. D., 1965 – Simulation of rainfall for erosion research. St. Joseph: ASAE.
- MEYER, L. D., 1979 – Methods for attaining desired rainfall characteristics. Proceedings of the rainfall simulator workshop, Tucson, Arizona. USDA-SEA, ARM-W-10.

MOORMAN, T. B., CAMBARDELLA, C. A., JAMES, D. E., KARLEN, D. L. & KRAMER, L. A., 2004 - Quantification of tillage and landscape effects on soil carbon in small Iowa watersheds. *Soil & Till, Res.*, 78.

MORGAN, R. P. C., 1986 – Soil erosion and conservation. Ed. By D.A. Davidson. Univ. of Strathclyde. Longman Scientific e Tech, London.

MORGAN, R. P. C., 1995 – Soil erosion and conservation. 2^aed. England: Longman Group Limited.

MORGAN, R. P. C., 2005 – Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach. 1^a ed. Great Britain: Chapman & Hall.

MORGAN, R. P. C.; RICKSON, R. J., 1995 – Soil erosion and conservation 3^a ed. England. Blackwell Publishing Ltd.

MORSLI, B.; MAZOUR, M.; ARABI, M.; MEDEDJEL, N; ROOSE, E., 2006 – Influence of land use, soils, and cultural practices on erosion, eroded carbon, and soil carbon stocks at the plot scale in the Mediterranean Mountains of Northern Algeria. ROOSE, E. J.; LAL, R.; FELLER, C.; BARTHÈS, B.; STEWART, B. A. – **Advances in soil science - Soil erosion and carbon dynamics**. United States of America. Taylor & Francis Group.

NORTCLIFF, S.; ROSS, S. M.; THORNES, J. B., 1990 – Soil moisture, runoff and sediment yield from differentially cleared tropical rainforest plots. THORNES, J. B. – **Vegetation and erosion: processes and environments**. 1^a ed. England: John Wiley & Sons.

OLARIETA, J. R.; RODRIGUEZ, R.; BESGA, G.; RODRIGUEZ, M.; VIRGEL, S.; DOMINGO, M., 1997 – Efecto de las labores mecanizadas de preparacion del terreno para plantaciones de pino radiata en algunas propiedades físico-químicas del suelo. **I Congreso Forestal Hispano Luso – II Congreso Forestal Español**, Libro de Actas, Pamplona.

OLIVEIRA, M. A. T., 1999 – Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. Capitulo II, In GUERRA, A. J. T. *et al* – **Erosão e conservação dos solos: conceito, termos e aplicações**. 1^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

OOST, K. V.; QUINE, T. A.; GOVERS, G.; HECKRATH, G., 2006 – Modeling soil erosion induced carbon fluxes between soil and atmosphere on agricultural land using SPEROS-C. ROOSE, E. J.; LAL, R.; FELLER, C.; BARTHÈS, B.; STEWART, B. A. – **Advances in soil science - Soil erosion and carbon dynamics**. United States of America. Taylor & Francis Group.

OWENBY, C. E.; AUEN, L. M.; COYNE, P. I., 1994. Biomass production in a nitrogen-fertilized, tallgrass prairie ecosystem exposed to ambient and elevated levels of CO₂. *Plant and Soil*, 165.

OWENS, L. B.; MALONE, R. W.; HOTHEM, D. L.; STARR, G. C.; LAL, R., 2002 – Sediment carbon concentration and transport from small watersheds under various conservation tillage practices. Elsevier: Soil & Tillage Research.

PARRALES, I. A.; CARRILO, M.; BELLINFANTE, N., 2008 - Influencia del grupo de suelo y el uso sobre la reserva de carbono orgánico en clima Mediterráneo. Livro de resumos do III Congresso Ibérico da Ciência do Solo, pág. 106, Évora, Portugal.

PAUL, K. I.; POLGLASE, P. J.; NYAKUENGAMA, J. G.; KHANNA, P. K., 2002 - Change in soil carbon following afforestation. For. Ecol. and Manage, 168.

PERCIVAL, H. J.; PARFITT, R. L.; SCOTT, N. A., 2000 - Factors controlling soil carbon levels in New Zealand grasslands: Is clay content important? Soil Sci. Soc. Am. J., 64.

PINTO, M. A. DA S., 1990 – Efeitos do fogo controlado nos processos hidrológicos. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e alto Douro. Relatório Final de Estágio.

PLANO ZONAL Agro-Ambiental do Parque Natural de Montesinho., 2002 – Plano de Desenvolvimento Rural – Portugal Continental. Data de Edição: Agosto. [Consult. 24 de Outubro de 2006]. Disponível em: http://www.min-agricultura.pt/oportal/extent/docs/FOLDER/PROT_TEMAS/F_AMBIENTE/MADRPC_NT_GTAA/PZ_Montesinho.pdf

POESEN, J.; INGELMO-SANCHEZ, F.; MUCHER, 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, 15.

POLYACOV, V.; LAL, R., 2004 - Modeling soil organic matter dynamics as affected by soil water erosion. Elsevier: Science Direct. (a)

POLYACOV, V.; LAL, R., 2004 – Soil erosion and carbon dynamics under simulated rainfall. Soil Science.(b)

POST, W. M.; KWON, K. C., 2000 - Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. Global Change Biology, 6.

PÓVOAS, I.; BARRAL, M. F., 1992 – Métodos de análise de solos. 1ª ed. Lisboa: Ministério de Planeamento e da Administração do Território, Secretária de Estado da Ciência e Tecnologia.

QUELHAS DOS SANTOS, J., 1991 – Fertilização–Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos. Mem Martins: Publicações Europa-América.

RANGER, J.; BONNEAU, M., 1984 – Effects prévisibles de l'intensification de la production et des récoltes sur la fertilité des sols de forêt. Le cycle biologique en forêt. Rev. For. Fr., XXXVI, 2: 93-111.

REGO, F. C., 1986 – Effects of prescrib fire on vegetation and soil properties in Pinus pinaster forests of northern Portugal. Section II. Ph. D. Dissertation, Univ. of Idaho, USA.

RICKSON, R.J.; MORGAN, R.P.C., 1988 - Approaches to modelling the effects of vegetation on soil erosion by water. In: Morgan, R.P.C., Rickson, R.J._Eds., Agriculture: Erosion Assessment and Modelling. EEC, Luxembourg.

- ROBERT, M., 2006 – Global change and carbon cycle: The position of soils and agriculture. ROOSE, E. J.; LAL, R.; FELLER, C.; BARTHÈS, B.; STEWART, B. A. – **Advances in soil science - Soil erosion and carbon dynamics**. United States of America. Taylor & Francis Group.
- ROCHEFORT, L.; BAZZAZ, F. A., 1992 - Growth response to elevated CO₂ in seedlings of four co-occurring birch species. *Can. J. For. Res.*, 22.
- RÖMKENS, M. J. M.; HELMING, K.; PRASAD, S. N., 2001 - Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. *Catena*, 46.
- ROOSE, E.; BARTHÈS, B., 2006 – Soil carbon erosion and its selectivity at the plot scale in tropical and Mediterranean Regions. ROOSE, E. J.; LAL, R.; FELLER, C.; BARTHÈS, B.; STEWART, B. A. – **Advances in soil science - Soil erosion and carbon dynamics**. United States of America. Taylor & Francis Group.
- ROSS, D.J.; TATE, K.R.; SCOTT, N.A.; WILDE, R.H.; RODDA, N.J.; TOWNSEND, J.A., 2002 - Afforestation of pastures with *Pinus radiata* influences soil carbon and nitrogen pools and mineralization and microbial properties. *Aust. J. Soil Res.* 40.
- ROUHIER, H.; BILLES, G.; EL KOHEN, A.; MOUSSEAU, M.; BOTTNER, P., 1994 - Effect of elevated CO₂ on carbon and nitrogen distribution within a tree (*Castanea sativa* Mill.) – soil system. *Plant and Soil*, 162.
- RUEDA, E.; GOMEZ-ULLA, A.; VIQUEIRA, F.D., 1990 – Descripción de un simulador de lluvia para estudios de erodibilidad del suelo y estabilidad de los agregados al agua. *Anales de Edafología*.
- SALA, M.; CALVO, A., 1990 – Response of four different Mediterranean vegetation types to runoff and erosion. THORNES, J. B. – *Vegetation and erosion: processes and environments*. 1^a ed. England: John Wiley & Sons.
- SCHLESINGER, W.H.; REYNOLDS, J.F.; CUNNINGHAM, G.L.; HUENNEKE, L.F.; JARRELL, W.M.; VIRGINIA, R.A.; WHITFORD, W.G., 1990 - Biological feedbacks in global desertification. *Science* 247.
- SHAFFER, M. J., 2001– Modeling carbon and nitrogen dynamics for soil management. 1^a ed. United States of America: Lewis Publishers.
- SILVER, W.L.; OSTERTAG, R.; LUGO, A.E., 2000 - The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands. *Rest. Ecol.* 8.
- SPAIN, A. V., 1990 - Influence of environmental conditions and some soil chemical properties on the carbon and nitrogen contents of some tropical Australian rainforest soils. *Aust. J. Soil Res.*, 28.
- STARR, G. C.; LAL, R.; KIMBLE, J. M., 2001 – Fractionating soil in stable aggregates using a rainfall simulator. LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. - **Advances in Soil Science – Assessment Methods for Soil Carbon**. United States of America. Lewis Publishers. Chapter 19.

SZAKÁCS, G. G. J., 2003 – Sequestro de carbono nos solos – Avaliação das potencialidades dos solos arenosos sob pastagens, Anhembi – Piracicaba/SP. Piracicaba: Universidade de S. Paulo. Tese de Mestrado.

THORNES, J. B., 1990 – The interaction of erosional and Vegetational dynamics in land degradation: spatial outcomes. THORNES, J. B. – **Vegetation and erosion: processes and environments**. 1ª ed. England: John Wiley & Sons.

TOMÁS, P. M. P. P., 1997 – Modelos de previsão da erosão hídrica em solos agrícolas. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico. Tese de Doutoramento.

TRIMBLE, S. W., 1990 – Geomorphic effects of vegetation cover and management: Some time and space considerations in prediction of erosion and sediment yield. THORNES, J. B. – **Vegetation and erosion: processes and environments**. 1ª ed. England: John Wiley & Sons.

UNFCCC, 2000. National communications from parties included in Annex I to the convention: greenhouse gas inventory data from 1990 to 1998. FCCC/SBI/2000/11.

VAN VEEN, J. A., LILJEROTH, E. LEKKERKERK, L. J. A. & VAN, G. S. C., 1991 - Carbon fluxes in plant-soil systems at elevated atmospheric CO₂ levels. *Ecol. Ap.*, 1.

VERDIER, B., 1975 - Étude de l'atmosphère du sol. Éléments de comparaison et signification écologique de l'atmosphère de un sol brun calcaire et d'un sol lessivé podzolique. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 23.

VILES, H. A., 1990 – The agency of organic beings': A selective review of recent work in biogeomorphology. THORNES, J. B. – **Vegetation and erosion: processes and environments**. 1ª ed. England: John Wiley & Sons.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A., 1934 – An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37.

WILCOX, B.; WOOD, M. K.; TROMBLE, J. M.; WARD, T., 1986 – A hand portable single nozzle simulator designed for use on steep slopes. *Journal of Range Management*.

WISCHEMEIER, W. H.; SMITH, D. D., 1958 – Rainfall energy and its relationship to soil loss. *TAGU*, 39.

WISCHEMEIER, W. H.; SMITH, D. D., 1978 – Predicting rainfall erosion losses. SCS, USDA Handbook n°537.

Anexos

Anexo I – Caracterização da Área de Estudo

A – Resultados dos valores da Precipitação Real do PNM

B – Mapas em SIG do Parque Natural de Montesinho

A – Resultados dos valores da Precipitação Real do PNM

1 – Dados das Estações Meteorológicas Locais

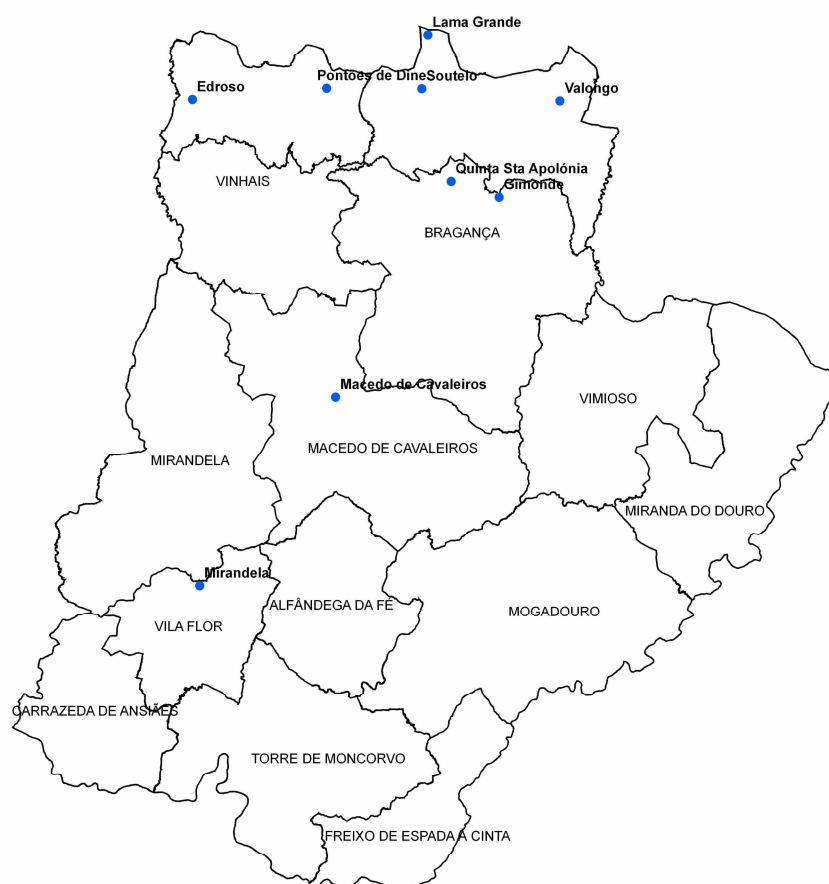


Figura 1A: Mapa das Estações Meteorológicas (mapa produzido pelo Ligeo, ESA/IPB, no âmbito do projecto Edunather, 2007).

Quadro 1A: Identificação das Estações Meteorológicas em grupos.

Estações Meteorológicas		
Parque Natural de Montesinho	Área de Bragança	Restantes
Edroso	Gimonde	Macedo
Pontões de Dine	Quinta de Santa	Mirandela
Soutelo	Apolónia	
Lama Grande		
Valongo		

Quadro 2A: Dados de precipitação real das Estações Meteorológicas locais.

Estações Meteorológicas	Precipitação (mm)		Duração (h)		Média Intensidade (mm/h)		Máxima Intensidade (mm/h)		Energia Cinética (MJ/ha)	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
Parque Natural de Montesinho	218,2	18,2	192	1	9,6	0,4	42,0	2,2	38,0	3,2
Área de Bragança	82,3	12,2			15,5	0,8	28,0	2,4	16,2	2,5
Restantes	99,4	21,6			16,0	0,9	48,0	3,4	18,2	3,9

2 – Dados: As Cheias em Portugal (BRANDÃO, 2004)

2.1 - Isolinhas da distribuição espacial da precipitação associada aos máximos, para as durações de 30min, 1h, 6h, 24h e 48h. Mapa1 (pág. 6-10)

Precipitação máxima 30min (mm)	22-27; 27-31; 31-36; 36-40
Precipitação máxima 1h (mm)	36-43; 43-51
Precipitação máxima 6h (mm)	37-63
Precipitação máxima 24h (mm)	61-86; 86-112; 112-138
Precipitação máxima 48h (mm)	80-104; 104-128; 128-153

2.2 - Isolinhas das precipitações associadas ao período de retorno de 2 anos, para as durações de 30min, 1h, 6h, 24h e 48h. Mapa2 (pág. 11-15)

P30min T=2anos (mm)	12,5-14; 14-15; 15-16
P1h T=2anos (mm)	15-17,5; 17,5-18,5; 18,5-20
P6h T=2anos (mm)	22-30; 30-35; 35-40
P24h T=2anos (mm)	27-45; 45-60; 60-75
P48h T=2anos (mm)	30-60; 60-80; 80-100

2.3 - Isolinhas das precipitações associadas ao período de retorno de 100 anos, para as durações de 30min, 1h, 6h, 24h e 48h. Mapa3 (pág. 16-20)

P30min T=100anos (mm)	27-30; 30-35; 35-45
P1h T=100anos (mm)	33-40; 40-45; 45-55; 55-75
P6h T=100anos (mm)	58-70; 70-85; 85-100
P24h T=100anos (mm)	70-100; 100-125; 125-175; 175-250
P48h T=100anos (mm)	80-120; 120-160; 160-200; 200-500

2.4 - Isolinhas das precipitações associadas ao período de retorno de 1000 anos, para as durações de 30min, 1h, 6h, 24h e 48h. Mapa4 (pág. 21-25)

P30min T=1000anos (mm)	40-50; 50-60; 60-70; 70-120
P1h T=1000anos (mm)	50-65; 65-75; 75-100
P6h T=1000anos (mm)	85-120; 120-150; 150-200
P24h T=1000anos (mm)	100-200; 200-300; 300-400
P48h T=1000anos (mm)	140-200; 200-300; 300-500

3 – Dados: LNEC (MATOS et SILVA, 1986) – a partir da página 27

3.1. Número de anos de observação correspondentes às diversas durações para o posto udográfico de Bragança (pág.27)

Duração (min)	5	10	15	20	30	60	120	180	360
Bragança	21	28	21		28	28	21		28

3.2. Valores das previsões de intensidade máxima média anual (mm/h), obtidos pela distribuição de Pearson tipo III para o posto udográfico de Bragança (pág.32/33)

T (anos)	Durações (min)								
	5	10	15	20	30	60	120	180	360
2	60,75	40,47	31,91		21,26	14,16	9,44		4,96
5	70,70	54,01	44,24		32,54	19,83	11,16		5,91
10	82,0	61,17	50,51		37,47	22,67	12,96		6,51
20	92,42	67,52	56,11		41,90	25,20	14,66		7,04
50	105,35	75,18	62,86		47,28	28,27	16,81		7,67
100	114,74	80,60	67,65		51,11	30,44	18,40		8,11

3.3. Valores de $1-P(\chi^2)$ em percentagem obtidos com a distribuição de Pearson tipo III aplicada à série do posto udográfico de Bragança (pág.36)

Duração (min)	5	10	15	20	30	60	120	180	360
Tamanho Amostra (anos)	21	28	21		28	28	21		28
$1-P(\chi^2)$	25,7	17,5	25,7		32,1	9,0	25,7		17,2
R-rejeição com um nível de confiança de 95%	Obs: Não há rejeições para um nível de confiança de 95%								

3.4. Estimativa dos parâmetros a e b das curvas $i=at^b$ para o posto udográfico de Bragança (pág.40)

	T (anos)	2	5	10	20	50	100
Bragança	a	156,01	199,94	228,16	253,14	283,10	304,23
	b	-0,586	-0,575	-0,573	-0,571	-0,568	-0,566

3.5. Estimativa dos erros relativos (ε), em percentagem, cometidos na utilização das curvas I-D-F de Lisboa em vez das curvas correspondentes dos restantes postos udográficos (pág.41)

$$\varepsilon_p(T,t) = \frac{I_{Lis}(t,T) - I_p(t,T)}{I_p(t,T)}$$

Onde:

$I_{Lis}(t,T)$ – intensidade máxima média para a duração t e período de retorno T do Posto de Lisboa

$I_p(t,T)$ - intensidade máxima média para a duração t e período de retorno T do posto p

Postos Udográficos	Duração (min)	10	20	30	60	120
	Período de retorno T (anos)					
Bragança	2	+32,67	+33,5	+33,96	+34,82	+35,59
	5	+33,59	+34,84	+35,53	+36,76	+40,35
	10	+34,63	+36,91	+38,22	+40,60	+42,98

B – Mapas em SIG do Parque Natural de Montesinho

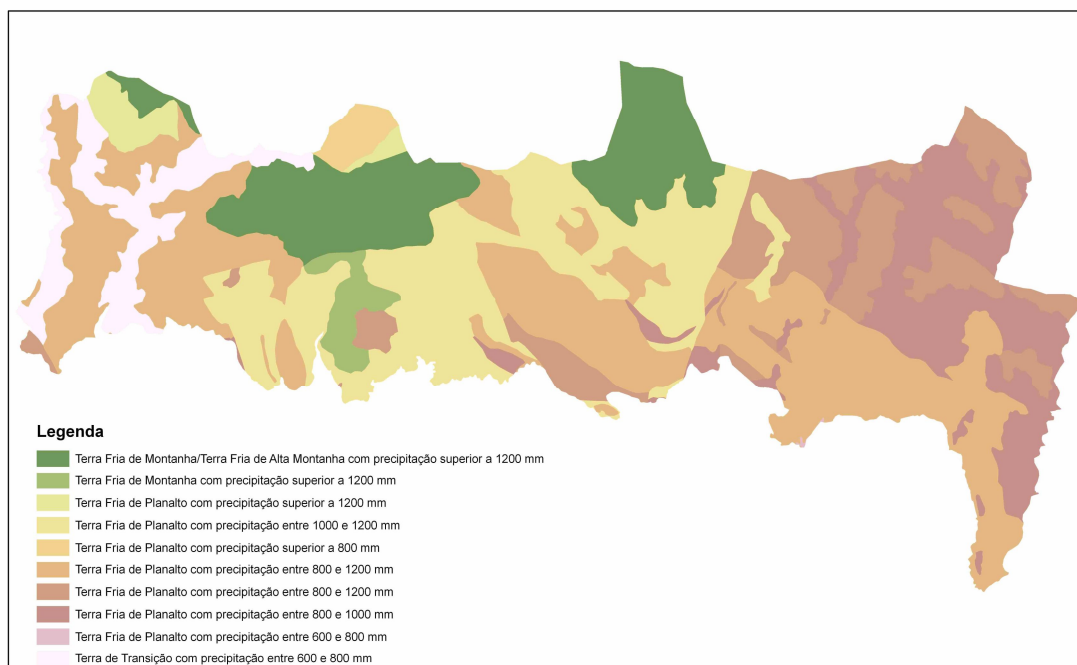


Figura 2A: Bioclimas do PNM (mapa produzido pelo Ligeo, ESA/IPB).

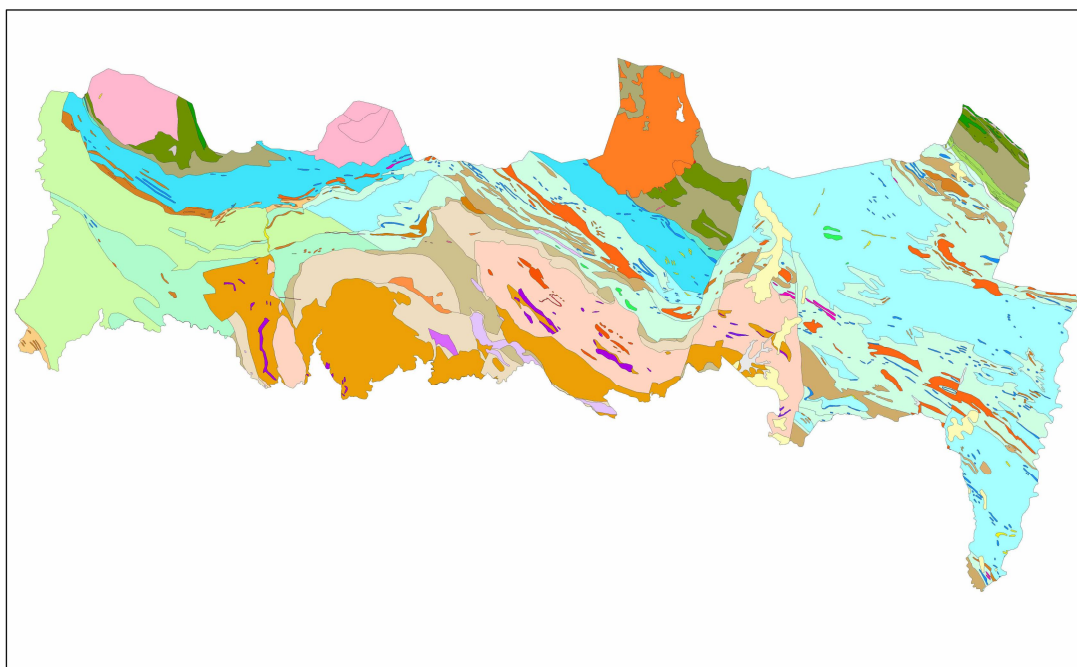


Figura 3A: Carta Geológica do PNM (mapa produzido pelo Ligeo, ESA/IPB).

Legenda

	Aluviões actuais
	Complexo Vulcano-Silíceo - Liditos
	Complexo Vulcano-Silíceo - Pórfiros e metavulcanitos ácidos
	Complexo Vulcano-Silíceo - Quartzitos
	Complexo Vulcano-Silíceo - Xistos cloríticos e hematíticos (borra de vinho)
	Complexo de dique em gabro
	Depósitos e cascalheiras de vertente
	Flaser gabro
	Formação Filito-Quartzítica - Quartzitos
	Formação Filito-Quartzítica - Quartzofilitos e xistos
	Formação Infraquartzítica; Membro Superior - Filitos cinzentos carbonosos psamíticos
	Formação Infraquartzítica; Membro Superior - Liditos
	Formação Infraquartzítica; Membro Superior - Quartzitos
	Formação Infraquartzítica; Membro Superior - Tufo intermédios básicos
	Formação Pelito-Grauváquica - Filitos cinzentos carbonosos psamíticos
	Formação Quartzítica - Nível lenticular de grés quartzítico, intercalações de quartzitos
	Formação Rio Sabor - Filitos carbonosos psamíticos
	Formação Rio Sabor - calcários negros
	Formação Supraquartzítica (Complexo Vulcano Sedimentar) - Calcários dolomíticos
	Formação Supraquartzítica (Complexo Vulcano Sedimentar) - Liditos
	Formação Supraquartzítica (Complexo Vulcano Sedimentar) - Quartzitos
	Formação Supraquartzítica (Complexo Vulcano Sedimentar) - Tufo porfíricos ácidos
	Formação Supraquartzítica (Complexo Vulcano Sedimentar) - Xistos argilosos tuffíticos e xistos e tufo hematíticos (borra de vinho)
	Formação Xistenta - xistos ardosíferos carbonosos
	Formação de "Pelito com Fragmentos" - Xistos escuros com clastos
	Formação de Aveleda - Depósitos conglomeráticos com matriz areno-argilosa
	Formação de Bragança - Depósitos areno-conglomerático de cor avermelhada
	Formação de Gimonde - Grauvaques com alternância de argilitos
	Formação de Maceiras - Quartzitos
	Formação de Maceiras - Xistos ardosíferos, carbonosos
	Formação de Xistos Superiores - Calcários
	Formação de Xistos Superiores - Vulcanitos ácidos
	Formação de Xistos Superiores - Xistos cloríticos, castanhos e rosados
	Formação de Xistos Superiores - liditos
	Formação de Xistos Superiores - quartzitos
	Formação do Quartzito Armoricano - Nível de sidente e limonite
	Formação do Quartzito Armoricano - Quartzitos e xistos argilosos
	Formação infraquartzítica; Membro Inferior - Calcários
	Formação infraquartzítica; Membro Inferior - Quartzitos
	Formação infraquartzítica; Membro Inferior - Tufo porfíricos
	Formação infraquartzítica; Membro Inferior - Xistos Grafíticos
	Formação infraquartzítica; Membro Inferior - liditos
	Granito de grão médio a grosseiro de duas micas
	Granito de grão médio de duas micas
	Granito de grão médio, essencialmente moscovítico
	Granito de grão médio, porfíroide de duas micas, essencialmente biotítico
	Granitos de Rio Frio - Granito essencialmente biotítico, orientado, ortogneisses e tonalito
	Granodiorito biotítico
	Granulitos máficos com granada
	Grauvaques com alternância de argilitos
	Intrusões máficas - ultramáficas
	Micaxistos e gnaisses com granadas
	Microdioritos, doleritos
	Nível lenticular de grés quartzítico
	Pegmatitos
	Quartzitos
	Quartzitos compactos com cruziana
	Quartzito
	Serpentinitos
	Unidade Centro-Transmontanas; Formação de Macedo de Cavaleiros - Quartzofilitos e filitos cinzentos; calcários, xistos verdes e vulcani
	Unidade de Carragosa - Anfibolitos castanhos com ou sem granada
	Unidade de Ribeira de Silos - Filitos cinzentos com scyphocrinóides, psamitos e grés carbonosos
	Unidade de Santa Cruz - Xistos e anfibolitos verdes
	Unidade de Soeira Nogueira - Xistos esteatítico e anfibolitos finos
	Aplitos
	Lenticulas de eclogitos
	Exterior ao limite do PNM
	Barragem

Legenda do Mapa 3A (Carta Geológica) (mapa produzido pelo Ligeo, ESA/IPB).

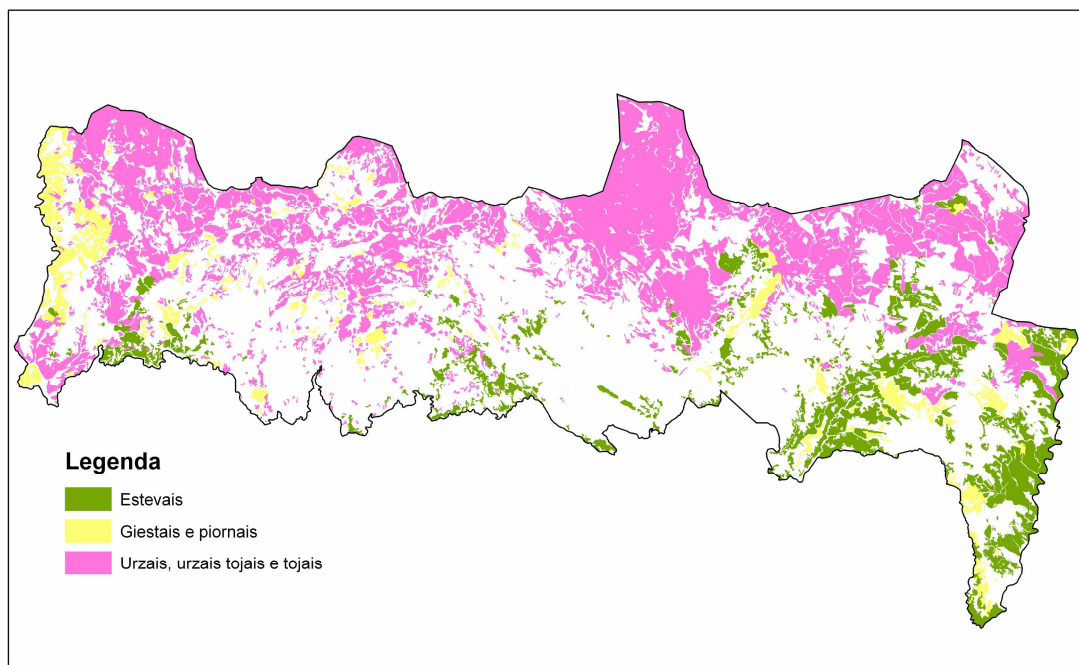


Figura 4A: Distribuição dos Matos (Estevais; Giestais e piornais; Urzais, urzais tojais e tojais) no PNM (mapa produzido pelo Ligeo, ESA/IPB, no âmbito do projecto Edunather, 2007).

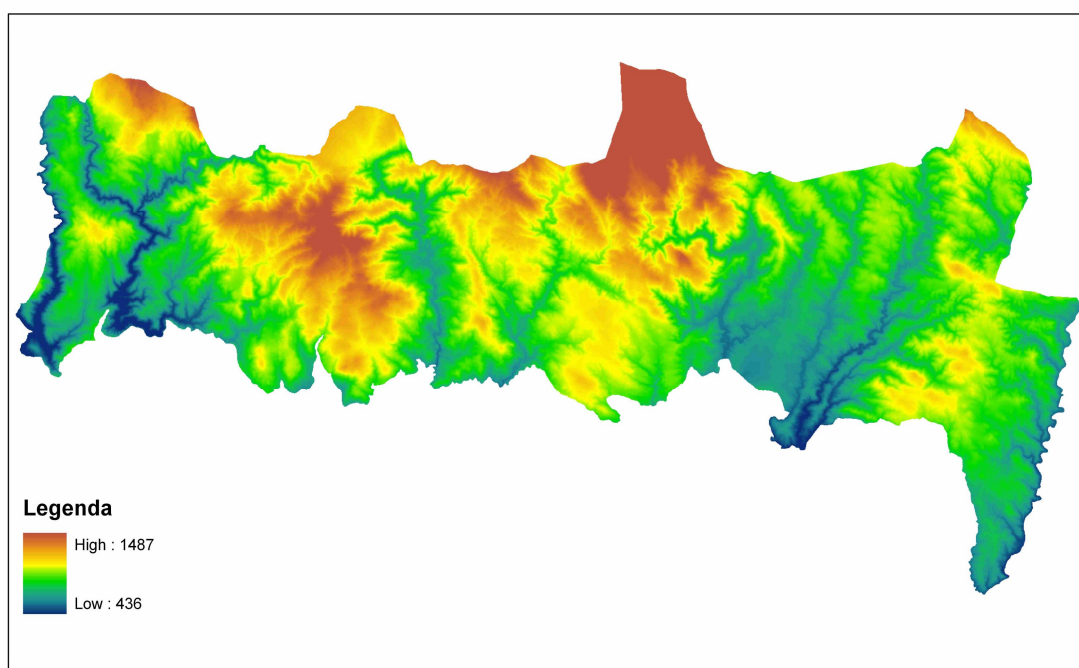


Figura 5A: Modelo digital de terreno - Declive, do PNM (mapa produzido pelo Ligeo, ESA/IPB).

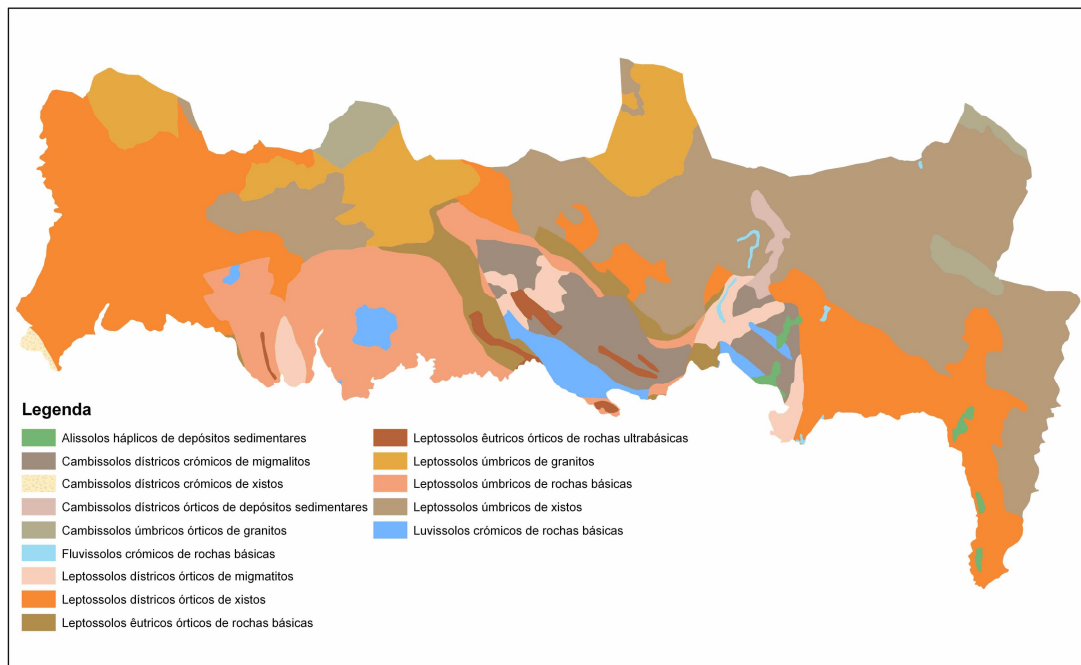


Figura 6A: Tipo de Solos presentes no PNM (mapa produzido pelo Ligeo, ESA/IPB).

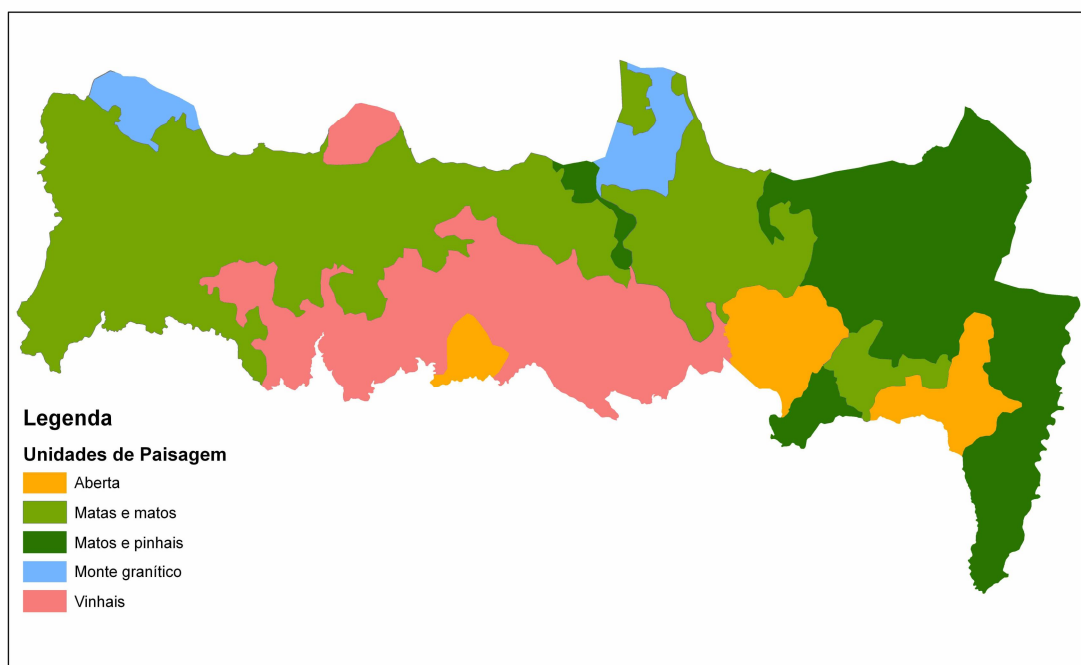


Figura 7A: Unidades de Paisagem do PNM (mapa produzido pelo Ligeo, ESA/IPB).

Anexo II – Protocolos e Tabelas de Campo e Laboratório

A – Calibração do Caudal e Intensidade do simulador de chuva

B – Calibração do Diâmetro das Gotas e Energia Cinética do simulador de chuva

C – Protocolo de campo e laboratório da simulação de chuva

D – Tabelas de Campo e Laboratório

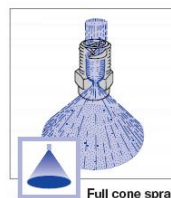
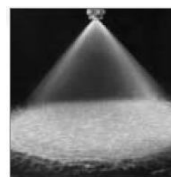
A – Calibração do Caudal e Intensidade do simulador de chuva

PROTOCOLO 1

Assunto: Determinação do caudal, volume e velocidade à saída do bico, e Intensidade no solo.

Material:

- 9 frascos;
- 2 baldes;
- 1 funil;
- Mangueiras;
- Panos;
- Balança analítica;
- Estufa;
- Marcadores;
- Régua;
- Bico pulverizador “Lechler” Ref.^a 460.788.30.CE;
- Manómetro;
- Suporte;
- Bomba Grunfos
- Gerador/Corrente eléctrica;
- Tubo metálico e oco;
- Nível de bolha;
- Nível de bolha horizontal e vertical;
- Quadrado de 1m²;
- Fita métrica;
- Metro;
- Esquadro;
- Proveta de 500ml;
- Craveira;
- Cronómetro.



1- Secar, numerar, pesar e medir diâmetro dos frascos,

Frascos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso (Pi)									
Diâmetro(cm)									

$$A_c = \Pi * D_c^2 / 4$$

Onde:

A_c – área do copo (cm²) = 35,47cm²

D_c – diâmetro copo (cm) = 6,72cm

2- Instalar simulador a 2m, 2,5m e 3m de altura;

3- Colocar no solo o quadrado de área de 1m² (1mx1m) a partir do centro do jacto do bico, para tal coloca-se um tubo no bico liga-se este e marca-se o local onde o jacto cai no solo;

4- Dispor os frascos na projecção do jacto, nessa área;

1	2	3
7	8	9
4	5	6

5- Iniciar a simulação com um funil no aspersor, devido à não uniformidade de intensidade e pressão do primeiro jacto, até estabilizar o jacto e reutilizar essa água;

6- Quando estabilizado, começar a medir o caudal no bico, para tal utiliza-se um balde, deixa-se este encher até a sua máxima capacidade, quando a primeira gota verter fora deste ;

Altura	Pressão Real (bico aberto)	Pressão induzida
2m	P=	P=0.35bar
	V1=	V1=
	V2=	V2=
	V3=	V3=
	V4=	V4=
2.5m	P=	P=0.30bar
	V1=	V1=
	V2=	V2=
	V3=	V3=
	V4=	V4=
3m	P=	P=0.25bar
	V1=	V1=
	V2=	V2=
	V3=	V3=
	V4=	V4=

Onde:

P – pressão (bar)

V – volume (minutos e segundos)

7- Em laboratório determinar o volume do balde, com uma proveta graduada de 500ml vai-se enchendo este até atingir o seu volume máximo (até cair a primeira gota) e verifica-se o volume deste; ($V_{balde}=14,655L$) (RUEDA et al.(publicação))

$$Q_0 = v * A_b \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_0 = Q_0 / A_b$$

$$Q_0 = V_0 / t$$

$$A_b = \Pi * D_b^2 / 4$$

Bicos Aspersor - Axial-flow full cone nozzles	B Ø (mm) (diâmetro do bico)	E Ø (mm) (Diâmetro mínimo)
460.788.30. CE	3,70 mm	2,30 mm
460.788.30. CE	$3,70 \times 10^{-3}$ m	$2,30 \times 10^{-3}$ m

Onde:

Q_0 – caudal à saída do bico (m^3/h)

V_0 – volume à saída do bico(m^3)

t – tempo à saída do bico (s)

v – velocidade (m/s)

v_0 – velocidade (m/s)

A_b – área do bico (m^2)

7- Tirar o funil, para projectar sob os copos, durante 10 minutos, depois voltar a colocar o funil;

8- Secar exteriormente os frascos com um pano e pesa-los e voltar a coloca-los no mesmo local e repetir este procedimento 4vezes;

Copos		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso frasco seco (Pi)										
Ensaio 1	Peso frasco+água (Pf)									
	Volume = Pf - Pi									
Ensaio 2	Peso frasco+água (Pf)									
	Volume = Pf - Pi									
Ensaio 3	Peso frasco+água (Pf)									
	Volume = Pf - Pi									
Ensaio 4	Peso frasco+água (Pf)									
	Volume = Pf - Pi									

9- Calcular a Intensidade,

$$I = V_f / (t * A_c) \Leftrightarrow I = 60 * V_f / A_c$$

Como o tempo é 10min e $(1h * 10min) / 60min = 10min / 60min = (1/6)h = *6h = t$

10 (cm→mm) conversão

$$6 * 10 = 60$$

Onde:

I – intensidade (mm/h)

V_f – volume dos copos (cm³)

A_c – área do copo (cm²)

t – tempo (h)

B – Calibração do Diâmetro das Gotas e Energia Cinética do simulador de chuva

PROTOCOLO 2

Assunto: Determinação do tamanho das gotas e sua distribuição (HUDSON, 1981), e respectiva massa e Energia cinética.

Material:

- Quadrado de 1m²;
- 2 baldes;
- 1 funil;
- Mangueiras;
- Panos;
- Balança analítica;
- Marcadores;
- Régua;
- Bico;
- Suporte;
- Bomba Grunfos;
- Gerador/Corrente eléctrica;
- Tubo metálico e oco;
- Nível de bolha;
- Nível de bolha horizontal e vertical;
- Fita métrica;
- Metro;
- Esquadro;
- Cronómetro;
- Farinha;
- Crivos de vários diâmetros (mm):

4.750
2.360
2.000
1.700
1.180
0.850
0.600



- 1- Instalar simulador a **2m, 2,5m e 3m** de altura;
- 2- Com as placas construir um quadrado de 1m² de área;
- 3- Dispor uma **camada espessa de farinha** no quadrado;
- 4- Coloca-se um tubo no bico liga-se a bomba e marca-se o local onde o jacto cai no solo;
- 5- Iniciar a simulação com um funil no aspersor, devido à não uniformidade de intensidade e pressão do primeiro jacto, até estabilizar o jacto e reutilizar essa água ou no fim da simulação de chuva antes de desligar a bomba se esta já estiver a decorrer tapou-se o bico com o funil;
- 6- Colocar o quadrado por baixo do simulador e fazer com que o bico coincida com o centro do quadrado (no local do quadrado de madeira);

- 7- Tirar o funil, para projectar sob o quadrado com a farinha, durante **1-3 segundos**, depois voltar a colocar o funil e retirar a caixa debaixo do bico;
- 8- Deixar a farinha **secar, durante 24h**, fazer esta operação **uma vez** para cada altura;
- 9- Em laboratório tarou-se os crivos;
- 10- Depois crivou-se a farinha para determinar o tamanho das bolas de farinha, utilizando **crivos de diferentes** diâmetros;

Crivos (mm)	Tara (Pc)	Pc+f (g)	Pf (g)
4.750			
2.360			
2.000			
1.700			
1.180			
0.850			
0.600			

- 11- Pesa-se os crivos com as bolas de farinha, e assim determina-se o peso das gotas existentes no crivo:

$$P_c - P_{c+f} = P_f$$

Legenda:

P_c – peso do crivo

P_{c+f} – peso do crivo + bolas de farinha

P_f – peso das bolas de farinha



- 12- Velocidade de Queda das Gotas da Chuva Simulada (RUEDA et al.(publicação)), (PINTO, 1990)

$$v = \sqrt{(g/\gamma) - ((g/\gamma) - v_0^2) e^{-2\gamma X}}$$

Onde:

v – velocidade de queda das gotas

v_0 – velocidade inicial

x – altura de queda das gotas

γ – coeficiente de fricção

g – força gravítica

Para determinar os valores de γ para os diferentes tamanhos de gota, utilizou-se o seguinte Quadro 3A.

Quadro 3A – Valores de γ para as gotas de diferentes diâmetros (mm).

Diâmetro da gota (mm)	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
Coefficiente de fricção (γ)	0,47	0,38	0,31	0,26	0,20	0,16	0,13	0,11

- 13- Para determinar o diâmetro mediano (D50) para cada pressão e efectua-se um gráfico, tendo no eixo dos X os diâmetros dos crivos, e no eixo dos Y a % acumulada do peso das gotas. Repete-se para as diferentes alturas e pressões. Com a realização do D50 obtém-se o valor da dimensão média das gotas, que é o diâmetro para o qual metade do volume da chuva apresenta diâmetros superiores a este e a outra metade inferiores (HUDSON, 1981);

- 14- Energia Cinética das gotas da chuva simulada, Conhecido o diâmetro mediano das gotas (D50) e a sua velocidade de queda, calculamos a energia cinética correspondente a cada altura pela fórmula: (PINTO (1990), OLIVEIRA (1999))
$$E_c = (1/2) * m * v^2$$

Onde:

E_c – energia cinética (J)

m – massa das gotas (kg)

v – velocidade de queda das gotas (ms^{-1})

- 15- Para determinar a energia cinética das intensidades obtidas com o simulador que corresponderia a chuva natural vai-se utilizar a fórmula empírica de WISCHEMEIER & SMITH (1958):

$$E_c = 11,87 + 8,73 \log_{10} I$$

Onde:

E_c – energia cinética (Jm^{-2}/mm)

I – Intensidade (mmh^{-1})

C – Protocolo de campo e laboratório da simulação de chuva

PROTOCOLO 3

Assunto: Ida para o campo. Determinação da erosão e do sequestro de carbono.

Material:

- 2 baldes;
- Bidões;
- Frascos;
- 1 funil;
- Mangueiras;
- Panos;
- Balança analítica;
- Estufa;
- Marcadores;
- Régua;
- Bico;
- Suporte;
- Bomba Grunfos
- Gerador;
- Tubo metálico e oco;
- Nível de bolha;
- Nível de bolha horizontal e vertical;
- Quadrado metálico de 1m², com bico de saída;
- Fita métrica;
- Metro;
- Esquadro;
- Tesoura de poda;
- Sacos plásticos;
- Plásticos;
- Cronómetro.

- 1- Secar, numerar e pesar os frascos;
- 2- Determinar, identificar e assinalar o local de estudo;
- 3- Determinar um arbusto de estudo e colocar o quadrado (1m²) em volta deste;
- 4- Tomar nota da altura, diâmetro do arbusto e do declive do terreno;
- 5- Montar o simulador a uma altura de __m, tendo o cuidado de o bico coincida com o centro do quadrado;
- 6- Caso esteja vento colocar plásticos em volta das pernas do simulador;
- 7- Iniciar a simulação com um funil no aspersor, devido à não uniformidade de intensidade e pressão do primeiro jacto, até estabilizar o jacto e reutilizar essa água;
- 8- Quando estabilizado, começar a medir o caudal no bico, para tal utiliza-se um balde, deixa-se este encher até a sua máxima capacidade, quando a primeira gota verter fora deste ;
- 9- Retira-se o funil e deixa-se a chuva cair em cima do arbusto por 30 minutos;
- 10- Vai-se colhendo a água e solo em frascos numerados, de 10 em 10 minutos;
- 11- Depois faz-se o corte do arbusto por secções (flores, folhas, ramos, raminhos e raízes) e colocam-se em sacos, devidamente identificados, numerador e datados;

Em Laboratório

- 12- Limpam-se muito bem os frascos e pesam-se;
- 13- Depois levam-se estes à estufa até a água se evaporar toda e voltam-se a pesar, assim fica-se a saber a quantidade de água e de solo contidos no frasco;
- 14- Separa-se a vegetação por componentes, levam-se à estufa a secar e depois pesam-se, moem-se e mandam-se para um laboratório para determinação da quantidade de carbono presente nas diferentes partes do arbusto

D – Tabelas de Campo e Laboratório

Tabela de Campo

Recolha de dados da simulação de chuva.

Local	Vegetação	Rep	Altura simulador (m)	P(bar)	HO (cm)	t vol (min)	t chuvada (min)	% coberto	Intensidade		Copo escorrimento(nº e peso)						
									Nº	P (g)	1		2		3		
											Nº	P (g)	Nº	P (g)	Nº	P (g)	
GPS1	Esteva	01															
GPS1	Esteva	1															
GPS1	Esteva	2															
GPS1	Esteva	3															
GPS1	Giesta	02			---			0									
GPS1	Giesta	4															
GPS1	Giesta	5															
GPS1	Giesta	6															
GPS1	Urze	03			---			0									
GPS1	Urze	7															
GPS1	Urze	8															
GPS1	Urze	9															
GPS1	Esteva	04			---			0									
GPS1	Esteva	10															
GPS1	Esteva	11															
GPS1	Esteva	12															
GPS1	Giesta	05			---			0									
GPS1	Giesta	13															
GPS1	Giesta	14															
GPS1	Giesta	15															
GPS1	Urze	06			---			0									
GPS1	Urze	16															
GPS1	Urze	17															
GPS1	Urze	18															
GPS1	Esteva	07			---			0									
GPS1	Esteva	19															
GPS1	Esteva	20															
GPS1	Esteva	21															
GPS1	Giesta	08			---			0									
GPS1	Giesta	22															

GPS1	Giesta	23																
GPS1	Giesta	24																
GPS1	Urze	09			---			0										
GPS1	Urze	25																
GPS1	Urze	26																
GPS1	Urze	27																

Tabela de Campo

Recolha dos valores da altura da vegetação, % declive e solo nas profundidades em estudo.

Veg	Esteva 01	Esteva 1	Esteva 2	Esteva 3	Giesta 02	Giesta 4	Giesta 5	Giesta 6	Urze 03	Urze 7	Urze 8	Urze 9
Altura vegetação (cm)	-----				-----				-----			
	-----				-----				-----			
	-----				-----				-----			
	-----				-----				-----			
	-----				-----				-----			
média	-----				-----				-----			
Declive %												
Média												
Carbono solo (caixa)												
0-5 cm												
5-10 cm												
10-20 cm												

Tabela de Campo-Laboratório

Recolha de valores das componentes da vegetação, solo e sedimento das frentes.

Local	Vegetação	R	Declive (%) média	Alt veg (m) média	Frutos (g)	Folhas (g)	Raminhos (g)	Ramos (g)	Raiz (g)	Caixa recolha solo		Caixa recolha solo seco estufa		Caixa sedimento da frente		Caixa sedimento da frente estufa	
										Nº	P (g)	Nº	P (g)	Nº	P (g)	Nº	P (g)
GPS1	Esteva	01			-----	-----	-----	-----	-----								
GPS1	Esteva	1															
GPS1	Esteva	2															
GPS1	Esteva	3															
GPS1	Giesta	02			-----	-----	-----	-----	-----								
GPS1	Giesta	4															
GPS1	Giesta	5															
GPS1	Giesta	6															
GPS1	Urze	03			-----	-----	-----	-----	-----								
GPS1	Urze	7															
GPS1	Urze	8															
GPS1	Urze	9															
GPS1	Esteva	04			-----	-----	-----	-----	-----								
GPS1	Esteva	10															
GPS1	Esteva	11															
GPS1	Esteva	12															
GPS1	Giesta	05			-----	-----	-----	-----	-----								
GPS1	Giesta	13															
GPS1	Giesta	14															
GPS1	Giesta	15															
GPS1	Urze	06			-----	-----	-----	-----	-----								
GPS1	Urze	16															
GPS1	Urze	17															
GPS1	Urze	18															
GPS1	Esteva	07			-----	-----	-----	-----	-----								
GPS1	Esteva	19															

GPS1	Esteva	20																
GPS1	Esteva	21																
GPS1	Giesta	08			-----	-----	-----	-----	-----									
GPS1	Giesta	22																
GPS1	Giesta	23																
GPS1	Giesta	24																
GPS1	Urze	09			-----	-----	-----	-----	-----									
GPS1	Urze	25																
GPS1	Urze	26																
GPS1	Urze	27																

Tabela de Laboratório

Recolha dos valores dos copos do escoamento da simulação de chuva.

Local	Vegetação	Rep	Copo escoamento(nº e peso) estufa					
			1		2		3	
			Nº	P (g)	Nº	P (g)	Nº	P (g)
GPS1	Esteva	01						
GPS1	Esteva	1						----- -
GPS1	Esteva	2						
GPS1	Esteva	3						
GPS1	Giesta	02						
GPS1	Giesta	1						
GPS1	Giesta	2						
GPS1	Giesta	3						
GPS1	Urze	03						
GPS1	Urze	1						
GPS1	Urze	2						
GPS1	Urze	3						
GPS1	Esteva	04						
GPS1	Esteva	4						
GPS1	Esteva	5						
GPS1	Esteva	6						
GPS1	Giesta	05						
GPS1	Giesta	4						
GPS1	Giesta	5						
GPS1	Giesta	6						
GPS1	Urze	06						
GPS1	Urze	4						
GPS1	Urze	5						
GPS1	Urze	6						
GPS1	Esteva	07						
GPS1	Esteva	7						
GPS1	Esteva	8						
GPS1	Esteva	9						
GPS1	Giesta	08						
GPS1	Giesta	7						
GPS1	Giesta	8						
GPS1	Giesta	9						
GPS1	Urze	09						
GPS1	Urze	7						
GPS1	Urze	8						
GPS1	Urze	9						

Anexo III – Simulação de Chuva

A – Resultados obtidos na calibração do Simulador de Chuva

B – Resultados obtidos na calibração do Simulador de Chuva

Quadro 4A: Características da precipitação simulada.

Pressão (bar)	Altura simulador (m)	Q0=Caudal saída bico (m3/h)	Velocidade saída bico (m/s)	Intensidade (mm/h)
0,2	3	0,18	4,73	62,35
0,15	3	0,16	4,17	76,22
0,25	2,5	0,20	5,28	49,93
0,15	2,5	0,16	4,04	80,69
0,4	2	0,26	6,62	37,46
0,3	2	0,22	5,70	55,04
0,15	2	0,16	4,01	78,17

Quadro 5A: Características das gotas da precipitação simulada.

Pressão (bar)	Alt sim (m)	Q0 (m3/h)	v0 (m/s)	I (mm/h)	D50 (mm)	γ	Vt (ms-1)	M gotas (g)	ec (J)	Nº gotas/m2/h	EC (Jm-2/h)	EC (Jm-2/mm)	EC (Jm-2/mm) Wischmeier	%Semelhança precipitação real
0,2	3	0,18	4,73	62,35	1,55	0,37	5,13	0,0020	2,56947E-05	31917901	820,12	13,15	27,6	48%
0,15	3	0,16	4,17	76,22	1,96	0,27	5,72	0,0039	6,42198E-05	19398953	1245,80	16,34	28,3	58%
0,25	2,5	0,20	5,28	49,93	1,45	0,40	5,00	0,0016	1,99049E-05	31387642	624,77	12,51	26,7	47%
0,15	2,5	0,16	4,04	80,69	1,98	0,26	5,62	0,0041	6,41367E-05	19853954	1273,37	15,78	28,3	56%
0,4	2	0,26	6,62	37,46	1,26	0,47	4,95	0,0010	1,27372E-05	36017849	458,77	12,25	25,6	48%
0,3	2	0,22	5,70	55,04	1,33	0,44	4,90	0,0012	1,48586E-05	44478611	660,89	12,01	27,1	44%
0,15	2	0,16	4,01	78,17	1,98	0,26	5,46	0,0041	6,08534E-05	19154618	1165,62	14,91	28,3	53%

Quadro 6A: Características do diâmetro das gotas.

			%acum (g)	%acum (g)	%acum (g)	%acum (g)	%acum (g)	%acum (g)	%acum (g)
Crivos utilizados (mm)	Diam Sup	Diam inf	3m, P=0.20	3m, P=0.15	2.5m, P=0.25	2.5m, P=0.15	2m, P=0.40	2m, P=0.30	2m, P=0.15
4,750		4,750	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2,360	4,750	2,360	89%	70%	93%	68%	95%	94%	70%
2,000	2,360	2,000	76%	52%	84%	51%	92%	88%	51%
1,700	2,000	1,700	60%	38%	69%	36%	83%	76%	37%
1,180	1,700	1,180	24%	15%	30%	16%	44%	39%	15%
0,850	1,180	0,850	14%	9%	18%	10%	30%	28%	11%
0,600	0,850	0,600	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0,425		Média	52%	40%	56%	40%	64%	61%	40%
		DP	0,391376828	0,362185355	0,399704906	0,354760604	0,389134999	0,384252953	0,35767332
		CV	75%	90%	71%	88%	61%	63%	88%

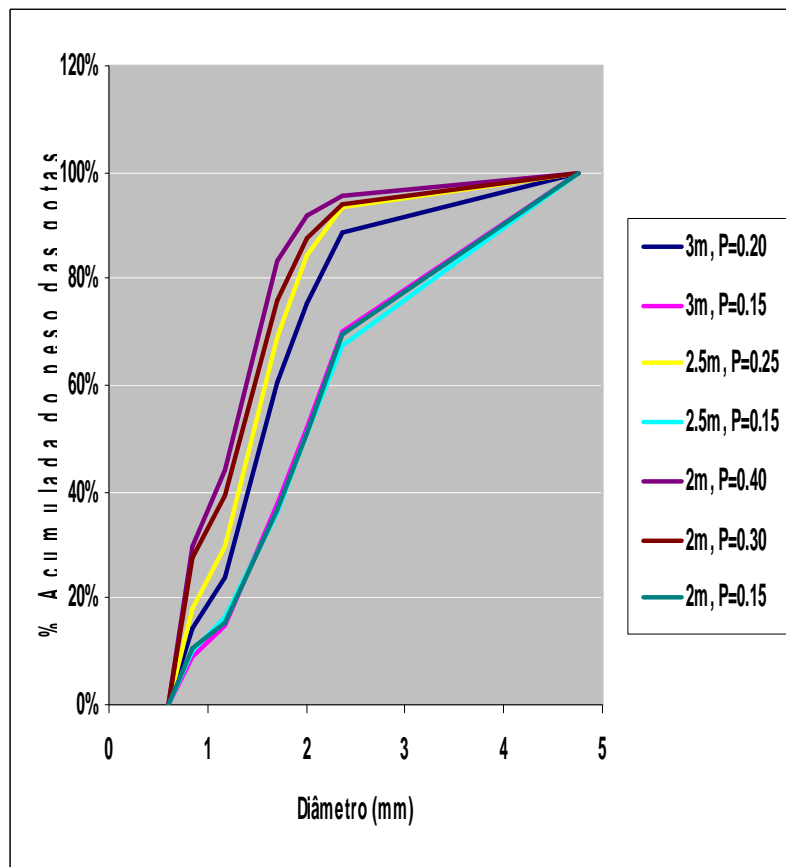


Figura 8A: Variação do diâmetro e quantidade das gotas da chuva com a altura e a pressão do simulador.

Anexo IV – Resultados da Simulação de chuva

A – Resultados do estudo da Simulação de Chuva

B – Índice Rugosidade das Parcelas em Estudo

C – Biomassa da Vegetação e Horizonte Orgânico

D – % Elementos Grosseiros e DAP nas Profundidades “0-5cm”, “5-10cm”, “10-20cm”

E – Carbono na Biomassa da Vegetação e Horizonte Orgânico

F – Carbono no solo nas Profundidades “0-5cm”, “5-10cm”, “10-20cm”

G – Análise de variância e comparação de médias da Erosão Hídrica

H – Análise de variância e comparação de médias do Carbono

I – Correlação dos valores médios obtidos no estudo da Erosão Hídrica

J – Correlação dos valores médios obtidos no estudo do Carbono

K – Correlação Múltipla

A – Resultados do estudo da simulação de chuva

Declive	Vegetação	Vegetação	Declive(%)	Caudal L/h	Altura simulador (m)	P (bar)	t vol(min)	t chuv(min)	Água 10'(g)	Água 20'(g)	Água 30'(g)	Água total (cm3)	Sedim 10'(g)	Sedim 20'(g)	Sedim 30'(g)	Sedim frent (g)	Sedim total (g)	Intensidade(mm/h)	Humidade solo (g)	% humidade solo	Solo seco (g)	% coberto	Altura vegetação(cm)	HO (cm)	HO (g)	Sedimento suspensão
Baixo	Nula	Esteva 01	4	216	2	0,4	0:04:04	0:30:00	120,95	342,93	547,75	1011,63	0,00	0,18	0,33	2,20	2,71	79,40	10,05	11,56	86,92	-----	-----	----	----	0,51
Baixo	Esteva	Esteva 1	4	241	2	0,4	0:03:39	0:30:00	201,34	-----	-----	201,34	0,11	-----	-----	5,99	6,11	88,81	29,03	10,40	279,07	70	68,6	1,5	717,0	0,11
Baixo	Esteva	Esteva 2	3	248	2	0,4	0:03:33	0:30:00	0,02	0,14	48,05	48,21	0,00	0,00	0,06	1,74	1,79	95,38	19,80	10,56	187,56	85	80,2	2,5	680,9	0,06
Baixo	Esteva	Esteva 3	2	248	2	0,4	0:03:33	0:30:00	69,81	49,25	16,94	136,00	0,00	0,00	0,00	3,45	3,45	90,84	7,32	9,58	76,41	60	63,0	1,0	387,2	0,00
Baixo	Nula	Giesta 02	2	138	2	0,4	0:06:22	0:30:00	107,24	105,78	178,34	391,36	0,03	0,06	0,18	0,40	0,67	25,71	16,43	15,56	105,58	-----	-----	----	----	0,27
Baixo	Giesta	Giesta 1	2	186	2	0,4	0:04:44	0:30:00	0,03	18,80	6,54	25,37	0,00	0,00	0,00	1,34	1,34	173,57	13,69	7,90	173,37	60	78,2	0,5	203,9	0,00
Baixo	Giesta	Giesta 2	6	192	2	0,4	0:04:35	0:30:00	0,00	3,37	3,85	7,22	0,00	0,00	0,00	0,76	0,76	81,94	14,86	6,73	220,78	75	63,0	1,0	296,7	0,00
Baixo	Giesta	Giesta 3	5	184	2	0,4	0:04:47	0:30:00	18,58	82,99	17,14	118,71	0,00	0,31	0,00	2,88	3,19	146,56	12,59	7,45	169,01	75	61,0	0,5	323,9	0,31
Baixo	Nula	Urze 03	7	269	2	0,4	0:03:16	0:30:00	103,01	102,11	239,13	444,25	0,00	0,00	0,00	5,45	5,45	45,25	29,21	27,31	106,96	-----	-----	----	----	0,00
Baixo	Urze	Urze 1	7	264	2	0,4	0:03:20	0:30:00	0,22	0,48	38,10	38,80	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	54,81	15,44	11,76	131,35	50	65,4	0,8	714,6	0,00
Baixo	Urze	Urze 2	7	254	2	0,4	0:03:28	0:30:00	39,20	225,92	278,47	543,59	0,00	0,00	0,00	0,83	0,83	49,17	45,33	32,08	141,30	70	74,4	0,1	461,1	0,00
Baixo	Urze	Urze 3	9	262	2	0,4	0:03:21	0:30:00	46,87	133,27	239,39	419,53	0,00	0,00	0,00	0,40	0,40	58,90	40,82	34,65	117,80	65	74,2	0,3	212,4	0,00
Alto	Nula	Esteva 045	21	240	2	0,4	0:03:40	0:30:00	90,65	95,12	114,93	300,70	0,17	0,17	0,17	0,24	0,75	56,60	29,01	35,34	82,09	-----	-----	----	----	0,51
Alto	Esteva	Esteva 4	24	257	2	0,4	0:03:25	0:30:00	39,32	58,18	70,19	167,69	0,18	0,15	0,18	0,21	0,72	93,75	48,99	39,01	125,59	40	80,8	1,5	300,9	0,51
Alto	Esteva	Esteva 5	21	251	2	0,4	0:03:30	0:30:00	15,57	58,87	255,98	330,42	0,18	0,16	0,11	0,96	1,41	136,50	45,84	37,95	120,80	45	78,8	2,0	565,8	0,45
Alto	Esteva	Esteva 6	20	245	2	0,4	0:03:35	0:30:00	135,47	203,54	380,85	719,86	0,05	0,07	0,21	0,23	0,56	93,67	45,49	25,79	176,38	80	64,4	1,0	404,8	0,33
Alto	Nula	Giesta 05	25	251	2	0,4	0:03:30	0:30:00	162,40	183,54	304,78	650,72	0,05	0,02	0,11	0,99	1,17	48,55	32,37	27,44	117,98	-----	-----	----	----	0,18
Alto	Giesta	Giesta 4	25	251	2	0,4	0:03:30	0:30:00	82,11	108,60	161,46	352,17	0,08	0,17	0,13	0,15	0,53	59,32	28,01	27,18	103,04	60	74,8	0,2	96,6	0,38
Alto	Giesta	Giesta 5	27	264	2	0,4	0:03:20	0:30:00	20,93	103,66	127,25	251,84	0,10	0,13	0,13	0,12	0,48	57,94	30,74	22,60	136,01	55	69,4	0,2	267,3	0,36
Alto	Giesta	Giesta 6	31	251	2	0,4	0:03:30	0:30:00	56,71	56,24	58,48	171,43	0,13	0,13	0,14	0,64	1,04	44,08	24,21	20,19	119,93	55	64,8	0,5	366,7	0,40
Alto	Nula	Urze 06	24	264	2	0,4	0:03:20	0:30:00	70,87	99,84	85,72	256,43	0,04	0,08	0,04	1,42	1,58	44,29	31,35	26,77	117,11	-----	-----	----	----	0,16
Alto	Urze	Urze 4	24	242	2	0,4	0:03:38	0:30:00	54,55	69,18	215,26	338,99	0,00	0,00	0,00	0,57	0,57	47,80	47,73	22,18	215,15	65	61,4	0,1	28,6	0,00
Alto	Urze	Urze 5	26	254	2	0,4	0:03:28	0:30:00	56,81	81,95	101,35	240,11	0,18	0,18	0,19	1,51	2,06	52,76	45,75	23,09	198,16	60	57,4	0,2	65,4	0,55
Alto	Urze	Urze 6	22	257	2	0,4	0:03:25	0:30:00	54,30	242,00	314,32	610,62	0,19	0,27	0,27	0,51	1,24	52,01	36,82	22,08	166,73	70	67,6	0,1	89,2	0,73
Médio	Nula	Esteva 07	15	195	2	0,4	0:04:30	0:30:00	39,45	161,58	256,10	457,13	0,03	0,07	0,12	0,49	0,71	44,21	21,58	22,69	95,12	-----	-----	----	----	0,22
Médio	Esteva	Esteva 7	15	251	2	0,4	0:03:30	0:30:00	85,76	101,75	141,82	329,33	0,17	0,17	0,19	0,50	1,03	117,09	6,17	4,15	148,68	30	84,2	2,0	567,9	0,53
Médio	Esteva	Esteva 8	12	251	2	0,4	0:03:30	0:30:00	155,27	157,39	204,08	516,74	0,25	0,19	0,21	0,32	0,97	92,29	6,86	6,02	113,97	60	88,4	3,0	732,5	0,65
Médio	Esteva	Esteva 9	14	251	2	0,4	0:03:30	0:30:00	165,36	199,86	210,55	575,77	0,35	0,28	0,26	0,86	1,74	160,21	5,57	4,96	112,27	45	97,8	2,5	763,9	0,89
Médio	Nula	Giesta 08	16	257	2	0,4	0:03:25	0:30:00	55,77	76,96	505,23	637,96	0,20	0,21	0,56	6,43	7,40	44,21	26,44	32,62	81,06	-----	-----	----	----	0,97
Médio	Giesta	Giesta 7	16	257	2	0,4	0:03:25	0:30:00	4,57	10,64	45,94	61,15	0,00	0,03	0,05	1,31	1,39	50,84	5,12	6,25	81,90	55	78,6	0,5	31,0	0,08
Médio	Giesta	Giesta 8	15	257	2	0,4	0:03:25	0:30:00	22,89	11,15	29,08	63,12	0,24	0,28	0,20	0,41	1,13	45,62	4,03	3,27	123,27	55	81,8	1,0	126,3	0,72
Médio	Giesta	Giesta 9	16	257	2	0,4	0:03:25	0:30:00	59,09	64,01	117,48	240,58	0,16	0,23	0,33	0,37	1,08	66,29	5,52	3,90	141,61	45	95,2	0,8	511,9	0,71
Médio	Nula	Urze 09	14	257	2	0,4	0:03:25	0:30:00	181,91	119,39	314,58	615,88	0,12	0,05	0,15	0,37	0,69	89,04	29,25	24,74	118,24	-----	-----	----	----	0,32
Médio	Urze	Urze 7	14	245	2	0,4	0:03:35	0:30:00	47,57	58,42	253,20	359,19	0,17	0,11	1,18	2,34	3,80	60,44	11,66	8,21	142,06	60	69,4	0,3	175,6	1,46
Médio	Urze	Urze 8	13	251	2	0,4	0:03:30	0:30:00	27,22	114,72	140,43	282,37	0,10	0,10	0,09	2,52	2,81	58,98	8,76	5,75	152,45	50	61,2	0,2	161,5	0,29
Médio	Urze	Urze 9	15	257	2	0,4	0:03:25	0:30:00	0,08	5,18	25,11	30,37	0,01	0,01	0,00	0,85	0,88	52,97	8,40	7,35	114,23	80	69,0	0,2	202,9	0,02

B – Índice Rugosidade das Parcelas em Estudo

Declive	Vegetação	Vegetação	Declive(%)	Dec.Desvpad	Dec.Coeffvaria
Baixo	Nula	Esteva 01	4	0,89	0,22
Baixo	Esteva	Esteva 1	4	0,89	0,22
Baixo	Esteva	Esteva 2	3	0,44	0,15
Baixo	Esteva	Esteva 3	2	0,52	0,26
Baixo	Nula	Giesta 02	2	1,86	0,78
Baixo	Giesta	Giesta 1	2	1,86	0,78
Baixo	Giesta	Giesta 2	6	3,64	0,66
Baixo	Giesta	Giesta 3	5	2,50	0,51
Baixo	Nula	Urze 03	7	3,84	0,56
Baixo	Urze	Urze 1	7	3,84	0,56
Baixo	Urze	Urze 2	7	3,38	0,47
Baixo	Urze	Urze 3	9	4,58	0,54
Alto	Nula	Esteva 045	21	0,79	0,04
Alto	Esteva	Esteva 4	24	3,19	0,13
Alto	Esteva	Esteva 5	21	0,79	0,04
Alto	Esteva	Esteva 6	20	3,28	0,16
Alto	Nula	Giesta 05	25	5,72	0,23
Alto	Giesta	Giesta 4	25	5,72	0,23
Alto	Giesta	Giesta 5	27	1,40	0,05
Alto	Giesta	Giesta 6	31	4,72	0,15
Alto	Nula	Urze 06	24	4,19	0,17
Alto	Urze	Urze 4	24	4,19	0,17
Alto	Urze	Urze 5	26	5,58	0,22
Alto	Urze	Urze 6	22	5,14	0,23
Médio	Nula	Esteva 07	15	4,34	0,29
Médio	Esteva	Esteva 7	15	4,34	0,29
Médio	Esteva	Esteva 8	12	3,39	0,28
Médio	Esteva	Esteva 9	14	4,39	0,32
Médio	Nula	Giesta 08	16	3,05	0,19
Médio	Giesta	Giesta 7	16	3,05	0,19
Médio	Giesta	Giesta 8	15	1,15	0,08
Médio	Giesta	Giesta 9	16	2,50	0,15
Médio	Nula	Urze 09	14	2,51	0,18
Médio	Urze	Urze 7	14	2,51	0,18
Médio	Urze	Urze 8	13	1,68	0,13
Médio	Urze	Urze 9	15	4,21	0,28

C – Biomassa da vegetação e horizonte orgânico

Vegetação	Frutos (g/m ²)	Folhas (g/m ²)	Raminhos (g/m ²)	Ramos (g/m ²)	Caule (g/m ²)	Biomassa aérea(g m ⁻²)	Raiz (g/1/4m ²)	Raiz (g/m ²)	HO (g/m ²)
Esteva 1	110,9	355,8	52,3	303,7	347,4	1170,1	243,8	975,2	717,0
Esteva 2	33,0	434,3	83,1	227,7	466,7	1244,8	223,9	895,6	680,9
Esteva 3	8,7	230,8	34,5	141,6	257,4	673,0	131,3	525,2	387,2
Giesta 1	7,9	----	146,7	252,6	193,7	600,9	86,6	346,4	203,9
Giesta 2	16,3	----	140,5	293,9	400,6	851,3	85,7	342,8	296,7
Giesta 3	----	----	403,2	464,2	330,5	1197,9	122,3	489,2	323,9
Urze 1	----	----	447,6	234,9	279,7	962,2	252,3	1009,2	714,6
Urze 2	----	----	781,7	340,3	526,2	1648,2	411,1	1644,4	46,1
Urze 3	----	----	869,5	315,6	460,9	1646,0	820,8	3283,2	212,4
Esteva 4	11,5	242,9	41,1	119,0	314,9	729,4	89,0	356	300,9
Esteva 5	25,2	274,1	55,6	200,8	379,2	934,9	129,0	516	565,8
Esteva 6	15,5	282,9	72,1	190,1	436,2	996,8	84,8	339,2	404,8
Giesta 4	----	----	368,7	229,0	308,5	906,2	114,0	456	96,6
Giesta 5	1,3	----	370,1	188,2	266,5	826,1	142,2	568,8	267,3
Giesta 6	----	----	288,2	169,7	226,7	684,6	66,5	266	366,7
Urze 4	----	----	586,8	292,6	349,2	1228,6	1325,3	5301,2	28,6
Urze 5	----	----	447,6	183,3	204,5	835,4	498,1	1992,4	65,4
Urze 6	----	----	569,1	221,7	325,3	1116,1	487,8	1951,2	89,2
Esteva 7	32,2	197,9	58,6	97,5	274,8	661,0	176,9	707,6	567,9
Esteva 8	30,8	274,9	68,0	231,2	518,3	1123,2	121,0	484	732,5
Esteva 9	34,3	270,4	73,7	192,7	428,3	999,4	145,2	580,8	763,9
Giesta 7	1,2	----	480,0	164,8	197,1	843,1	51,8	207,2	31,0
Giesta 8	----	----	464,4	133,4	181,8	779,6	71,7	286,8	126,3
Giesta 9	----	----	444,6	192,6	252,2	889,4	109,7	438,8	511,9
Urze 7	----	----	404,0	237,9	509,8	1151,7	1291,3	5165,2	175,6
Urze 8	----	----	312,6	206,0	302,9	821,5	1284,4	5137,6	161,5
Urze 9	----	----	686,6	328,6	572,4	1587,6	582,2	2328,8	202,9

D – % Elementos Grosseiros e DAP nas Profundidades “0-5cm”, “5-10cm”, “10-20cm”

Vegetação	intervalo	Ptotal amost. (g)	Pel.gros. (g)	Pel.finos (g)	El gros (%)	TF (%)	DAP (gcm ⁻³)
Esteva 1	0-5	228,17	99,97	128,20	43,8	56,2	1,29
	5-10	263,83	124,21	139,62	47,1	52,9	1,26
	10-20	405,45	250,51	154,94	61,8	38,2	1,37
Esteva 2	0-5	190,87	61,12	129,75	32,0	68,0	1,26
	5-10	225,24	85,99	139,25	38,2	61,8	1,27
	10-20	385,45	171,41	214,04	44,5	55,5	1,45
Esteva 3	0-5	280,43	128,58	151,85	45,9	54,1	1,27
	5-10	274,48	141,55	132,93	51,6	48,4	1,29
	10-20	466,62	271,49	195,13	58,2	41,8	1,57
Giesta 1	0-5	448,80	222,52	226,28	49,6	50,4	1,38
	5-10	438,58	232,87	205,71	53,1	46,9	1,24
	10-20	456,86	174,44	282,42	38,2	61,8	1,34
Giesta 2	0-5	337,87	155,29	182,58	46,0	54,0	0,99
	5-10	394,69	189,79	204,90	48,1	51,9	1,38
	10-20	504,49	277,11	227,38	54,9	45,1	1,36
Giesta 3	0-5	361,20	151,62	209,58	42,0	58,0	1,37
	5-10	391,69	177,56	214,13	45,3	54,7	1,17
	10-20	624,85	292,66	332,19	46,8	53,2	1,37
Urze 1	0-5	301,75	124,47	177,28	41,2	58,8	1,26
	5-10	434,36	236,31	198,05	54,4	45,6	1,28
	10-20	493,74	269,25	224,49	54,5	45,5	1,44
Urze 2	0-5	385,58	212,75	172,83	55,2	44,8	1,28
	5-10	555,58	324,95	230,63	58,5	41,5	1,05
	10-20	517,79	249,55	268,24	48,2	51,8	1,02
Urze 3	0-5	448,29	241,35	206,94	53,8	46,2	1,06
	5-10	448,39	218,00	230,39	48,6	51,4	1,22
	10-20	580,69	331,53	249,16	57,1	42,9	1,28
Esteva 4	0-5	450,84	204,84	246,00	45,4	54,6	1,02
	5-10	573,15	315,81	257,34	55,1	44,9	1,08
	10-20	577,43	299,05	278,38	51,8	48,2	1,37
Esteva 5	0-5	321,90	122,03	199,87	37,9	62,1	1,08
	5-10	318,76	135,62	183,14	42,5	57,5	1,17
	10-20	622,80	316,15	306,65	50,8	49,2	1,30
Esteva 6	0-5	379,29	165,57	213,72	43,7	56,3	1,19
	5-10	553,41	327,75	225,66	59,2	40,8	1,38
	10-20	576,12	297,39	278,73	51,6	48,4	1,32
Giesta 4	0-5	349,42	146,27	203,15	41,9	58,1	1,20
	5-10	529,38	352,95	176,43	66,7	33,3	1,25
	10-20	614,69	351,13	263,56	57,1	42,9	1,27
Giesta 5	0-5	426,75	177,13	249,62	41,5	58,5	1,12
	5-10	345,68	165,88	179,80	48,0	52,0	1,32
	10-20	604,95	286,92	318,03	47,4	52,6	1,52
Giesta 6	0-5	448,96	240,36	208,60	53,5	46,5	1,11
	5-10	462,63	258,30	204,33	55,8	44,2	1,06
	10-20	664,31	365,80	298,51	55,1	44,9	1,30
Urze 4	0-5	476,53	219,86	256,67	46,1	53,9	0,92
	5-10	564,76	248,93	315,83	44,1	55,9	1,07
	10-20	686,11	447,57	238,54	65,2	34,8	1,25
Urze 5	0-5	380,74	148,53	232,21	39,0	61,0	1,13
	5-10	384,75	212,76	171,99	55,3	44,7	1,33
	10-20	658,76	380,32	278,44	57,7	42,3	1,28
Urze 6	0-5	395,06	227,45	167,61	57,6	42,4	1,15
	5-10	336,71	182,87	153,84	54,3	45,7	1,02
	10-20	566,15	307,79	258,36	54,4	45,6	1,08
Esteva 7	0-5	417,10	201,76	215,34	48,4	51,6	1,24
	5-10	383,69	209,49	174,20	54,6	45,4	1,36
	10-20	381,13	187,30	193,83	49,1	50,9	1,45

Esteva 8	0-5	539,27	293,30	245,97	54,4	45,6	1,21
	5-10	282,33	126,95	155,38	45,0	55,0	1,23
	10-20	652,98	333,80	319,18	51,1	48,9	1,22
Esteva 9	0-5	398,64	134,79	263,85	33,8	66,2	1,04
	5-10	477,11	227,95	249,16	47,8	52,2	1,20
	10-20	524,65	271,47	253,18	51,7	48,3	1,24
Giesta 7	0-5	438,87	194,62	244,25	44,3	55,7	1,06
	5-10	481,19	292,57	188,62	60,8	39,2	1,34
	10-20	472,16	276,11	196,05	58,5	41,5	1,24
Giesta 8	0-5	487,73	270,87	216,86	55,5	44,5	1,18
	5-10	506,05	289,56	216,49	57,2	42,8	1,19
	10-20	559,98	285,74	274,24	51,0	49,0	1,28
Giesta 9	0-5	544,64	283,03	261,61	52,0	48,0	0,97
	5-10	435,82	226,39	209,43	51,9	48,1	1,19
	10-20	659,79	308,77	351,02	46,8	53,2	1,18
Urze 7	0-5	328,45	167,63	160,82	51,0	49,0	1,14
	5-10	427,12	249,32	177,80	58,4	41,6	1,41
	10-20	456,63	231,25	225,38	50,6	49,4	1,12
Urze 8	0-5	312,35	146,46	165,89	46,9	53,1	0,93
	5-10	269,72	120,08	149,64	44,5	55,5	1,20
	10-20	385,79	196,01	189,78	50,8	49,2	1,27
Urze 9	0-5	370,04	186,09	183,95	50,3	49,7	0,94
	5-10	354,98	214,99	139,99	60,6	39,4	1,18
	10-20	388,72	186,92	201,80	48,1	51,9	1,16

E – Carbono na Biomassa da Vegetação e Horizonte Orgânico

Vegetação	Incineração Carbono							Biomassa Aérea (g/m ²)
	Frutos (g/m ²)	Folhas (g/m ²)	Raminhos (g/m ²)	Ramos (g/m ²)	Caule (g/m ²)	Raiz (g/m ²)	HO (g/m ²)	
Esteva 1	62,3	194,2	28,8	169,7	195,3	515,4	333,7	650,2
Esteva 2	18,4	237,0	45,5	126,5	262,3	472,0	315,1	689,7
Esteva 3	4,8	125,8	18,8	78,6	143,7	281,2	191,8	371,7
Esteva 4	6,5	132,9	22,7	66,5	178,9	190,0	164,9	407,4
Esteva 5	14,3	150,9	30,8	112,6	213,6	280,5	292,0	522,2
Esteva 6	8,7	155,6	40,1	106,4	246,6	172,8	215,1	557,3
Esteva 7	18,1	109,1	32,7	54,8	156,5	381,6	259,5	371,1
Esteva 8	17,2	150,3	37,6	128,6	292,6	266,4	385,6	626,4
Esteva 9	19,2	149,0	40,9	107,3	241,8	320,6	386,3	558,3
Giesta 1	4,5		82,7	143,0	110,6	352,0	95,9	340,8
Giesta 2	9,2		79,6	166,7	229,1	242,0	148,5	484,7
Giesta 3			229,7	265,2	189,9	270,7	151,6	684,8
Giesta 4			208,9	129,4	176,8	244,6	45,2	515,2
Giesta 5	0,7		208,9	106,4	153,0	308,1	100,1	469,1
Giesta 6			164,4	96,1	130,2	139,5	184,6	390,7
Giesta 7	0,7		273,8	93,2	113,3	113,1	13,4	481,0
Giesta 8			265,4	76,0	104,6	147,4	68,3	445,9
Giesta 9			254,0	109,4	145,2	235,9	232,7	508,6
Urze 1			251,7	132,7	159,9	558,9	188,9	544,3
Urze 2			440,7	192,6	300,7	909,8	19,0	934,0
Urze 3			490,0	179,8	264,5	1768,0	87,5	934,2
Urze 4			329,0	164,9	199,9	2880,9	12,2	693,8
Urze 5			250,7	102,9	117,0	1111,2	21,5	470,6
Urze 6			319,8	124,9	186,1	1092,8	32,0	630,9
Urze 7			225,9	135,2	291,7	2907,2	81,0	652,7
Urze 8			175,1	116,7	173,4	2886,6	69,5	465,1
Urze 9			385,9	186,3	327,5	1298,8	70,9	899,7

F – Carbono no solo nas Profundidades “0-5cm”, “5-10cm”, “10-20cm”

Vegetação	intervalo	Inceneração Mas C (kg m ⁻²)	Walkley-Black Mas C (kg m ⁻²)
Esteva 1	0-5	2,5	1,8
	5-10	2,5	1,6
	10-20	3,6	2,1
Esteva 2	0-5	3,3	1,9
	5-10	2,5	1,3
	10-20	3,9	1,9
Esteva 3	0-5	2,9	2,1
	5-10	2,1	1,3
	10-20	3,9	2,4
Giesta 1	0-5	2,6	1,6
	5-10	2,1	1,1
	10-20	4,2	1,7
Giesta 2	0-5	2,8	1,6
	5-10	2,4	1,5
	10-20	3,5	1,5
Giesta 3	0-5	2,6	1,6
	5-10	1,9	1,1
	10-20	4,2	2,1
Urze 1	0-5	3,6	2,2
	5-10	3,0	1,3
	10-20	4,1	2,2
Urze 2	0-5	2,7	1,6
	5-10	2,1	1,1
	10-20	3,9	2,1
Urze 3	0-5	3,2	1,8
	5-10	2,8	1,9
	10-20	4,0	2,1
Esteva 4	0-5	2,9	1,7
	5-10	2,0	1,1
	10-20	4,0	2,2
Esteva 5	0-5	3,5	1,9
	5-10	2,7	1,5
	10-20	2,9	1,3
Esteva 6	0-5	3,1	1,7
	5-10	2,4	1,4
	10-20	4,1	2,3
Giesta 4	0-5	4,5	2,4
	5-10	2,3	1,4
	10-20	5,1	2,6
Giesta 5	0-5	3,8	2,2
	5-10	3,4	1,9
	10-20	5,1	2,5
Giesta 6	0-5	2,6	1,4
	5-10	2,3	1,3
	10-20	4,1	1,9
Urze 4	0-5	3,1	1,8
	5-10	2,7	1,6
	10-20	4,1	2,1
Urze 5	0-5	4,0	2,2
	5-10	2,9	1,6
	10-20	4,6	2,4
Urze 6	0-5	2,9	1,9
	5-10	2,4	1,4
	10-20	3,5	1,8
Esteva 7	0-5	2,9	1,8
	5-10	2,5	1,5
	10-20	4,8	2,4

Esteva 8	0-5	2,0	1,7
	5-10	3,5	2,0
	10-20	4,7	1,8
Esteva 9	0-5	3,8	2,0
	5-10	2,7	1,4
	10-20	3,9	1,7
Giesta 7	0-5	3,2	2,0
	5-10	2,7	1,4
	10-20	4,6	2,0
Giesta 8	0-5	1,7	1,4
	5-10	2,2	0,9
	10-20	4,4	2,0
Giesta 9	0-5	2,1	1,1
	5-10	2,4	1,1
	10-20	4,1	1,8
Urze 7	0-5	3,4	1,7
	5-10	3,0	1,7
	10-20	4,7	2,1
Urze 8	0-5	2,9	1,6
	5-10	3,3	1,8
	10-20	5,5	2,9
Urze 9	0-5	2,6	1,3
	5-10	2,2	1,3
	10-20	5,3	3,1

G – Análise de variância e comparação de médias da erosão hídrica

Foi utilizada a ANOVA II (a dois critérios de separação), para verificar a significância dos vários efeitos testados na realização da simulação de chuva para o estudo da erosão hídrica, com os factores espécie, declive e a interacção espécie*declive. (Quadro 7A)

As variáveis medidas ou avaliadas são o escoamento, a erosão, o caudal, a intensidade, a %coberto vegetal, a altura da vegetação, a biomassa aérea, o horizonte orgânico (cm), o horizonte orgânico (g), o índice de rugosidade, a %declive, a %elementos grosseiros e a %humidade do solo. Os factores que condicionam estas variáveis, são neste caso a espécie, o declive ou a sua interacção, pois a hipótese é de que eles influenciam ou afectam o valor das variáveis avaliadas. Portanto pela observação do Quadro 7A:

- O declive afecta significativamente o caudal e o HO (cm);
- Há diferenças altamente significativas na Altura da Vegetação devidas ao factor declive;
- Há diferenças muito altamente significativas na %Humidade do solo e no índice de rugosidade devidas ao efeito declive;
- Há diferenças altamente significativas no escoamento e na Altura da Vegetação devidas ao efeito espécie;
- Há diferenças muito altamente significativas na intensidade, na %Humidade do solo, no HO (cm) e no HO (g) devidas ao efeito espécie;
- Há diferenças altamente significativas na intensidade e ao índice de rugosidade devidas à interacção dos factores espécie-declive;
- Há diferenças muito altamente significativas na %Humidade do solo devidas à interacção dos factores espécie-declive;

Foi utilizado o Teste Tukey, para separação de médias, no caso dos efeitos significativos sobre os resultados obtidos na realização da simulação de chuva para o estudo da erosão hídrica, identificados na ANOVA a dois factores: espécie (nula, esteva, giesta e urze) e declive (baixo, médio e alto). (Quadro 8A)

Por outro lado, a aplicação deste teste e da ANOVA que o precede, permitiu verificar, à posteriori, a validade de alguns pressupostos do trabalho, como os relacionados com o funcionamento do simulador durante os ensaios e com as condições locais de coberto vegetal e da superfície do solo nas parcelas, avaliadas através de parâmetros considerados relevantes para este estudo.

Quadro 7A: Síntese de resultados da ANOVA.

Factor	Significância dos Efeitos												
	Resultado da Simulação		Simulador		Vegetação da Parcela			Solo da Parcela					
	Escoamento	Erosão	Caudal	Intensidade	% Coberto Vegetal	Altura Vegetação	Biomassa Aérea	HO (cm)	HO (g)	Índice Rugosidade	% Declive	% Elementos Grosseiros	% Humidade do solo
Espécie	0,003**	0,432	0,109	0,000***	0,571	0,009**	0,019*	0,000***	0,000***	0,146	0,004**	0,508	0,000***
Declive	0,536	0,165	0,013*	0,185	0,064	0,005**	0,311	0,038*	0,167	0,000***	0,000***	0,622	0,000***
Interação	0,198	0,310	0,052	0,003**	0,363	0,067	0,911	0,229	0,541	0,004**	0,019*	0,891	0,000***

p>0,05 – ns (não significativo); p<0,05 - * (significativo); p<0,01 - ** (altamente significativo); p<0,001 - *** (muito altamente significativo)

Quadro 8A: Síntese de resultados do Teste Tukey.

Factor	Valores Médios												
	Resultado da Simulação		Simulador		Vegetação da Parcela			Solo da Parcela					
	Escoamento	Erosão	Caudal	Intensidade	% Coberto Vegetal	Altura Vegetação	Biomassa Aérea	HO (cm)	HO (g)	Índice Rugosidade	% Declive	% Elementos Grosseiros	% Humidade do solo
Espécie													
Nula	529,56 ^b	2,35 ^a	231,89 ^a	53,03 ^a						0,30 ^a			25 ^b
Esteva	336,15 ^{ab}	1,98 ^a	249,22 ^a	107,62 ^b	57 ^a	78,5 ^b	948,1 ^{ab}	1,9 ^b	569,0 ^b	0,21 ^a	13 ^a	26 ^a	16 ^a
Giesta	143,51 ^a	1,22 ^a	233,22 ^a	80,68 ^{ab}	59 ^a	74,1 ^{ab}	842,1 ^a	0,6 ^a	247,1 ^a	0,31 ^a	16 ^b	29 ^a	12 ^a
Urze	318,17 ^{ab}	1,41 ^a	254,00 ^a	54,20 ^a	63 ^a	66,7 ^a	1221,9 ^b	0,3 ^a	188,5 ^a	0,31 ^a	15 ^b	29 ^a	19 ^{ab}
Declive													
Baixo	282,17 ^a	2,23 ^a	225,17 ^a	82,53 ^a	68 ^a	69,8 ^a	1110,5 ^a	0,9 ^{ab}	398,1 ^a	0,48 ^b	5 ^a	29 ^a	15 ^a
Médio	347,47 ^a	1,97 ^a	248,83 ^b	73,52 ^a	53 ^a	80,6 ^b	984,1 ^a	1,2 ^b	363,7 ^a	0,21 ^a	14 ^b	28 ^a	11 ^a
Alto	365,92 ^a	1,01 ^a	252,25 ^b	65,61 ^a	59 ^a	68,8 ^a	917,6 ^a	0,6 ^a	242,8 ^a	0,15 ^a	24 ^c	26 ^a	27 ^b

H – Análise de variância e comparação de médias do carbono

Foi utilizada a ANOVA II (a dois critérios de separação), para verificar a significância dos vários efeitos testados na realização da simulação de chuva para o estudo do carbono, com os factores espécie, declive e a interacção espécie*declive. (Quadro 9A)

As variáveis medidas ou avaliadas são os frutos, folhas, raminhos, ramos, caule, raízes, horizonte orgânico, solo para as profundidades “0-5cm”, “5-10cm”, “10-20cm”, biomassa aérea, biomassa vegetal, solo total (0-20cm) e carbono do sistema. Os factores que condicionam estas variáveis, são neste caso a espécie, o declive ou a sua interacção, pois a hipótese é de que eles influenciam ou afectam o valor das variáveis avaliadas. Portanto pela observação do Quadro 9A:

- Há diferenças muito altamente significativo nos raminhos devido ao factor espécie e diferenças significativo devido ao factor interacção;
- O declive afecta significativamente a componente ramos;
- A espécie afecta significativamente o componente caule;
- A espécie afecta significativamente a componente biomassa aérea;
- Há diferenças muito altamente significativo nas raízes devido ao factor espécie;
- Há diferenças muito altamente significativo no horizonte orgânico devido ao factor espécie;
- Há diferenças altamente significativas na profundidade “10-20” devido ao factor declive;
- Há diferenças muito altamente significativo na componente biomassa vegetal devido ao factor espécie;
- Há diferenças muito altamente significativo na componente carbono sistema (total) devido ao factor espécie;

Foi utilizado o Teste Tukey, para separação de médias, no caso dos efeitos significativos sobre os resultados obtidos na realização da simulação de chuva para o estudo do carbono no sistema, identificados na ANOVA a dois factores: espécie (esteva, giesta e urze) e declive (baixo, médio e alto). (Quadro 10A)

Por outro lado, a aplicação deste teste e da ANOVA que o precede, permitiu verificar, à posteriori, a validade de alguns pressupostos do trabalho, como os relacionados com o a interacção erosão-carbono e com as componentes do coberto vegetal, da superfície do solo nas parcelas (horizonte orgânico) e solo, avaliadas através de parâmetros considerados relevantes para este estudo.

Utilizou-se a Matriz de Correlação de Pearson para verificar o grau e significância da correlação linear entre as variáveis avaliadas no terreno.

A partir do correspondente quadro que se encontra em Anexo IV-J apresenta-se o Quadro 11A onde a correlação entre os vários factores foi significativa.

Quadro 11A – Correlações significativas.

Correlação	R	sig
Raízes * Parte Aérea	0,393	0,043
HO * Raízes	-0,437	0,023
Vegetação Total * HO	-0,425	0,027
P 5-10 * Raízes	0,412	0,033
P 5-10 * Vegetação Total	0,383	0,049
Carbono Total * Raízes	0,783	0,000
Carbono Total* Vegetação Total	0,765	0,000
Carbono Total * P 0-5	0,521	0,005
Carbono Total * P 5-10	0,701	0,000
Carbono Total * P 10-20	0,627	0,000
Carbono Total * Solo Total	0,861	0,000

Quadro 9A – Síntese de resultados da ANOVA.

Factor	Significância dos Efeitos														
	Componentes da Vegetação							HO	Solo a várias Profundidades			Paérea, raiz, HO	Carbono Total		
	Frutos	Folhas	Raminhos	Ramos	Caule	Parte Aérea	Raízes	HO	Profundidade 0-5	Profundidade 5-10	Profundidade 10-20	Paérea, raiz, HO	Vegetação Total	Solo Total	Carbono Total
Espécie	0,157	----	0,000***	0,070	0,023*	0,019*	0,000***	0,000***	0,628	0,340	0,101	0,001***	0,000***	0,211	0,001***
Declive	0,581	0,277	0,907	0,014*	0,490	0,317	0,344	0,184	0,094	0,248	0,007**	0,710	0,452	0,103	0,093
Interação	0,874	----	0,039*	0,408	0,291	0,903	0,152	0,546	0,579	0,572	0,070	0,744	0,238	0,105	0,072

p>0,05 – ns (não significativo); p<0,05 - * (significativo); p<0,01 - ** (altamente significativo); p<0,001 - *** (muito altamente significativo)

Quadro 10A – Síntese de resultados do Teste Tukey.

Factor	Valores Médios														
	Componentes da Vegetação							HO	Solo a várias Profundidades			Paérea, raiz, HO	Carbono Total		
	Frutos	Folhas	Raminhos	Ramos	Caule	Parte Aérea	Raízes	HO	Profundidade 0-5	Profundidade 5-10	Profundidade 10-20	Paérea, raiz, HO	Vegetação Total	Solo Total	Carbono Total
Espécie															
Esteva	18,8	156,1	33,1 ^a	105,7 ^a	214,6 ^{ab}	528,3 ^{ab}	320,1 ^a	282,7 ^b	3,0 ^a	2,5 ^a	4,0 ^a	377,0 ^a	848,3 ^a	9,5 ^a	10,6 ^a
Giesta	3,8	----	196,4 ^b	131,7 ^a	150,3 ^a	480,1 ^a	228,1 ^a	115,6 ^a	2,9 ^a	2,4 ^a	4,4 ^a	274,6 ^a	708,2 ^a	9,6 ^a	10,5 ^a
Urze	----	----	318,8 ^c	148,4 ^a	224,5 ^b	691,7 ^b	1712,7 ^b	64,7 ^a	3,2 ^a	2,7 ^a	4,4 ^a	823,0 ^b	2404,4 ^b	10,3 ^a	12,8 ^b
Declive															
Baixo	19,8 ^a	185,7 ^a	185,3 ^a	161,6 ^b	206,2 ^a	626,0 ^a	596,7 ^a	170,2 ^a	2,9 ^a	2,4 ^a	3,9 ^a	464,3 ^a	1222,7 ^a	9,2 ^a	10,6 ^a
Médio	13,8 ^a	136,1 ^a	187,9 ^a	111,9 ^a	205,2 ^a	556,5 ^a	950,8 ^a	174,1 ^a	2,7 ^a	2,7 ^a	4,7 ^b	560,5 ^a	1507,4 ^a	10,1 ^a	11,8 ^a
Alto	7,6 ^a	146,5 ^a	175,0 ^a	112,2 ^a	178,0 ^a	517,5 ^a	713,4 ^a	118,6 ^a	3,4 ^a	2,6 ^a	4,2 ^{ab}	449,8 ^a	1230,8 ^a	10,1 ^a	11,5 ^a

I – Correlação dos valores médios obtidos no estudo da Erosão Hídrica

		D.DESVPAD	D.COEFCVAR	CAUDAL	AGUA.T	SEDIM.T	INTENSID	HUMI.SOLO	COBERTO	ALT.VEG	HO.CM	HO.G	%DEC	CWISCH	P.EL.GRO	BIOMASSA
D.DESVPA	Pearson Correlation	1	,160	,205	,168	-,254	-,259	,209	-,047	-,085	-,284	-,280	,477(**)	,023	,063	,161
	Sig. (2-tailed)	.	,352	,231	,327	,134	,127	,222	,816	,673	,152	,158	,003	,908	,717	,422
	N	36	36	36	36	36	36	36	27	27	27	27	36	27	36	27
D.COEFCVAR	Pearson Correlation	,160	1	-,597(**)	-,135	-,035	,156	-,185	,226	-,098	-,124	,002	-,639(**)	-,227	,318	,166
	Sig. (2-tailed)	,352	.	,000	,433	,842	,364	,279	,257	,625	,538	,992	,000	,255	,059	,408
	N	36	36	36	36	36	36	36	27	27	27	27	36	27	36	27
CAUDAL	Pearson Correlation	,205	-,597(**)	1	,054	,067	-,200	,235	-,326	,222	,037	,046	,465(**)	,344	-,212	,141
	Sig. (2-tailed)	,231	,000	.	,756	,698	,243	,167	,097	,265	,853	,819	,004	,079	,214	,483
	N	36	36	36	36	36	36	36	27	27	27	27	36	27	36	27
AGUA.T	Pearson Correlation	,168	-,135	,054	1	,126	-,089	,343(*)	-,014	,163	,096	,031	,099	,029	,123	,292
	Sig. (2-tailed)	,327	,433	,756	.	,465	,608	,041	,946	,416	,634	,877	,565	,885	,474	,140
	N	36	36	36	36	36	36	36	27	27	27	27	36	27	36	27
SEDIM.T	Pearson Correlation	-,254	-,035	,067	,126	1	,024	-,059	,136	-,204	,086	,183	-,297	-,156	-,107	-,008
	Sig. (2-tailed)	,134	,842	,698	,465	.	,890	,733	,498	,307	,670	,362	,079	,436	,536	,968
	N	36	36	36	36	36	36	36	27	27	27	27	36	27	36	27
INTENSID	Pearson Correlation	-,259	,156	-,200	-,089	,024	1	-,257	-,141	,354	,542(**)	,485(*)	-,298	,171	-,154	-,231
	Sig. (2-tailed)	,127	,364	,243	,608	,890	.	,130	,484	,070	,003	,010	,077	,393	,369	,246
	N	36	36	36	36	36	36	36	27	27	27	27	36	27	36	27
HUMI.SOL	Pearson Correlation	,209	-,185	,235	,343(*)	-,059	-,257	1	,007	-,179	-,202	-,259	,453(**)	-,027	-,167	,224
	Sig. (2-tailed)	,222	,279	,167	,041	,733	,130	.	,974	,371	,312	,192	,006	,892	,331	,262
	N	36	36	36	36	36	36	36	27	27	27	27	36	27	36	27
COBERTO	Pearson Correlation	-,047	,226	-,326	-,014	,136	-,141	,007	1	-,454(*)	-,217	-,184	-,313	-,992(**)	,065	,575(**)
	Sig. (2-tailed)	,816	,257	,097	,946	,498	,484	,974	.	,018	,277	,359	,112	,000	,748	,002
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
ALT.VEG	Pearson Correlation	-,085	-,098	,222	,163	-,204	,354	-,179	-,454(*)	1	,612(**)	,432(*)	-,063	,561(**)	,039	-,061
	Sig. (2-tailed)	,673	,625	,265	,416	,307	,070	,371	,018	.	,001	,024	,754	,002	,846	,764

	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
HO.CM	Pearson Correlation	-.284	-.124	,037	,096	,086	,542(**)	-.202	-.217	,612(**)	1	,823(**)	-.239	,287	-.220	-.142
	Sig. (2-tailed)	,152	,538	,853	,634	,670	,003	,312	,277	,001	.	,000	,231	,147	,270	,481
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
HO.G	Pearson Correlation	-.280	,002	,046	,031	,183	,485(*)	-.259	-.184	,432(*)	,823(**)	1	-.317	,229	-.255	-.086
	Sig. (2-tailed)	,158	,992	,819	,877	,362	,010	,192	,359	,024	,000	.	,107	,250	,200	,671
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
PERC.DEC	Pearson Correlation	,477(**)	-.639(**)	,465(**)	,099	-.297	-.298	,453(**)	-.313	-.063	-.239	-.317	1	,280	-.240	-.236
	Sig. (2-tailed)	,003	,000	,004	,565	,079	,077	,006	,112	,754	,231	,107	.	,157	,158	,236
	N	36	36	36	36	36	36	36	27	27	27	27	36	27	36	27
CWISCH	Pearson Correlation	,023	-.227	,344	,029	-.156	,171	-.027	-.992(**)	,561(**)	,287	,229	,280	1	-.051	-.542(**)
	Sig. (2-tailed)	,908	,255	,079	,885	,436	,393	,892	,000	,002	,147	,250	,157	.	,802	,004
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
P.EL.GRO	Pearson Correlation	,063	,318	-.212	,123	-.107	-.154	-.167	,065	,039	-.220	-.255	-.240	-.051	1	,138
	Sig. (2-tailed)	,717	,059	,214	,474	,536	,369	,331	,748	,846	,270	,200	,158	,802	.	,494
	N	36	36	36	36	36	36	36	27	27	27	27	36	27	36	27
BIOMASSA	Pearson Correlation	,161	,166	,141	,292	-.008	-.231	,224	,575(**)	-.061	-.142	-.086	-.236	-.542(**)	,138	1
	Sig. (2-tailed)	,422	,408	,483	,140	,968	,246	,262	,002	,764	,481	,671	,236	,004	,494	.
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27

Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

J – Correlação dos valores médios obtidos no estudo do Carbono

		Biomassa AEREA	RAIZES	HO	Biomassa.T	Profundidade.0.5	Profundidade.5.10	Pprofundidade.10.20	SOLO.T	CARBON.T	RAMINHOS	RAMOS	CAULE	FRUTOS	FOLHAS
PAEREA	Pearson Correlation	1	,393(*)	-,135	,534(**)	-,050	,026	-,050	-,043	,262	,627(**)	,708(**)	,781(**)	,566(*)	,862(**)
	Sig. (2-tailed)	.	,043	,503	,004	,804	,897	,803	,831	,187	,000	,000	,000	,044	,003
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
RAIZES	Pearson Correlation	,393(*)	1	-,437(*)	,987(**)	,108	,412(*)	,318	,374	,783(**)	,448(*)	,252	,311	,707(**)	,602
	Sig. (2-tailed)	,043	.	,023	,000	,592	,033	,106	,055	,000	,019	,205	,115	,007	,086
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
HO	Pearson Correlation	-,135	-,437(*)	1	-,425(*)	-,141	,088	-,354	-,225	-,325	-,720(**)	-,166	,210	,627(*)	,395
	Sig. (2-tailed)	,503	,023	.	,027	,483	,664	,070	,259	,098	,000	,409	,292	,022	,293
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
VEG.T	Pearson Correlation	,534(**)	,987(**)	-,425(*)	1	,091	,383(*)	,284	,336	,765(**)	,520(**)	,354	,421(*)	,777(**)	,861(**)
	Sig. (2-tailed)	,004	,000	,027	.	,653	,049	,151	,086	,000	,005	,070	,029	,002	,003
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
P.0.5	Pearson Correlation	-,050	,108	-,141	,091	1	,270	,127	,699(**)	,521(**)	-,013	-,108	-,005	-,311	,052
	Sig. (2-tailed)	,804	,592	,483	,653	.	,172	,528	,000	,005	,950	,593	,979	,301	,894
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
P.5.10	Pearson Correlation	,026	,412(*)	,088	,383(*)	,270	1	,356	,698(**)	,701(**)	,040	-,152	,123	,015	,099
	Sig. (2-tailed)	,897	,033	,664	,049	,172	.	,068	,000	,000	,843	,450	,542	,961	,801
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
P.10.20	Pearson Correlation	-,050	,318	-,354	,284	,127	,356	1	,715(**)	,627(**)	,229	-,093	-,041	-,336	-,329
	Sig. (2-tailed)	,803	,106	,070	,151	,528	,068	.	,000	,000	,250	,645	,840	,261	,388
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
SOLO.T	Pearson Correlation	-,043	,374	-,225	,336	,699(**)	,698(**)	,715(**)	1	,861(**)	,126	-,161	,022	-,338	-,171
	Sig. (2-tailed)	,831	,055	,259	,086	,000	,000	,000	.	,000	,530	,421	,915	,258	,660
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
CARBON.T	Pearson Correlation	,262	,783(**)	-,325	,765(**)	,521(**)	,701(**)	,627(**)	,861(**)	1	,330	,077	,266	-,126	,126
	Sig. (2-tailed)	,187	,000	,098	,000	,005	,000	,000	,000	.	,093	,703	,179	,681	,747
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
RAMINHOS	Pearson Correlation	,627(**)	,448(*)	-,720(**)	,520(**)	-,013	,040	,229	,126	,330	1	,439(*)	,147	-,418	,540
	Sig. (2-tailed)	,000	,019	,000	,005	,950	,843	,250	,530	,093	.	,022	,463	,155	,133
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
RAMOS	Pearson Correlation	,708(**)	,252	-,166	,354	-,108	-,152	-,093	-,161	,077	,439(*)	1	,476(*)	,463	,744(*)

	Sig. (2-tailed)	,000	,205	,409	,070	,593	,450	,645	,421	,703	,022	.	,012	,111	,021
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
CAULE	Pearson Correlation	,781(**)	,311	,210	,421(*)	-,005	,123	-,041	,022	,266	,147	,476(*)	1	,299	,530
	Sig. (2-tailed)	,000	,115	,292	,029	,979	,542	,840	,915	,179	,463	,012	.	,320	,142
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	13	9
FRUTOS	Pearson Correlation	,566(*)	,707(**)	,627(*)	,777(**)	-,311	,015	-,336	-,338	-,126	-,418	,463	,299	1	,455
	Sig. (2-tailed)	,044	,007	,022	,002	,301	,961	,261	,258	,681	,155	,111	,320	.	,218
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	9
FOLHAS	Pearson Correlation	,862(**)	,602	,395	,861(**)	,052	,099	-,329	-,171	,126	,540	,744(*)	,530	,455	1
	Sig. (2-tailed)	,003	,086	,293	,003	,894	,801	,388	,660	,747	,133	,021	,142	,218	.
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

K – Correlação Múltipla (Biomassa, com a % Coberto Vegetal e Altura da Vegetação)

Regressão

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,618(a)	,382	,330	236,9516

a Predictors: (Constant), COBERTO, ALT.VEG

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	831803,720	2	415901,860	7,407	,003(a)
	Residual	1347505,663	24	56146,069		
	Total	2179309,383	26			

a Predictors: (Constant), COBERTO, ALT.VEG

b Dependent Variable: BIOMASSA

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-411,343	515,773		-,798	,433
	ALT.VEG	6,904	4,929	,252	1,401	,174
	COBERTO	15,181	3,963	,690	3,830	,001

a Dependent Variable: BIOMASSA