



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE COIMBRA**

DEPARTAMENTO DE RECURSOS FLORESTAIS

*Estudo da variabilidade da espessura da cortiça
numa propriedade do concelho de Ponte de Sôr
percorrida por incêndio*

Versão Definitiva

Agostinho M. Alves Tomás

Coimbra
Fevereiro 2014



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE COIMBRA**

DEPARTAMENTO DE RECURSOS FLORESTAIS

*Estudo da variabilidade da espessura da cortiça
numa propriedade do concelho de Ponte de Sôr
percorrida por incêndio*

Relatório de Estágio Profissionalizante
Para obtenção do grau de
Mestre em Recursos Florestais

Orientador:

Professor Doutor Joaquim Sande Silva

Departamento de Recursos Florestais da Escola Superior Agrária de Coimbra

Agostinho M. Alves Tomás

Coimbra
Fevereiro 2014

Índice

ÍNDICE	I
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELAS	V
AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
SIGLAS E ABREVIATURAS	IX
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O sobreiro	1
1.2. A cortiça	2
1.3. Os incêndios	2
1.4. O sobreiro e o fogo	3
1.5. O propósito	4
2. METODOLOGIA	5
2.1. Área de estudo	5
2.1.1. Enquadramento fisiográfico	6
2.1.2. Enquadramento climatológico	7
2.1.2.1. Temperatura do ar	8
2.1.2.2. Humidade relativa do ar	8
2.1.2.3. Precipitação	9
2.1.3. Solos	9
2.1.4. Incêndio de 2003	9
2.2. Amostragem	11
2.2.1. Definição das parcelas	11
2.2.2. Variáveis recolhidas	14
2.2.2.1. Variáveis por árvore	14
2.2.2.2. Variáveis por parcela	17

2.3.	Análise dos dados	19
2.3.1	Análise de Variância	21
2.3.2.	Modelos Lineares Generalizados Mistos	23
3.	RESULTADOS	25
3.1.	Estatística descritiva	25
3.1.1.	Amostragem global	25
3.1.2.	Amostragem para um ciclo de descortiçamento de 9 anos	29
3.1.3.	Amostragem comparativa em função da afectação pelo fogo	32
3.2.	Análise de Variância	41
3.2.1.	Efeito do fogo, da exposição e do declive sobre a espessura do anel de crescimento da cortiça	41
3.2.1.1.	Fogo	42
3.2.1.2.	Exposição	43
3.2.1.3.	Declive	44
3.2.2.	Efeito das variáveis sobre a espessura acumulada dos dois primeiros anéis de crescimento da cortiça	47
3.2.2.1.	Declive	48
3.2.2.2.	Fogo	50
3.3.	GLMM - Modelos Lineares Generalizados Mistos	51
3.3.1.	Espessura da cortiça	51
3.3.2.	Espessura acumulada dos anéis 1 e 2	52
3.3.3.	Espessura acumulada dos anéis 1, 2 e 3	52
3.3.4.	Espessura do anel	52
4.	DISCUSSÃO	53
4.1.	Espessura da cortiça num ciclo de exploração	53
4.2.	Factores que influenciaram significativamente a espessura da cortiça	54
4.2.1.	Relação entre o tamanho da árvore e a espessura da cortiça	55
4.2.2.	Influência de factores topográficos na espessura da cortiça	56
4.2.3.	Espessura da cortiça criada posteriormente à extracção após o efeito do fogo	58
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

Lista de Figuras

Figura 1. Localização da propriedade onde se recolheram as amostras para o estudo.....	5
Figura 2. Hipsometria na propriedade Torre das Vargens.....	7
Figura 3. Valores mensais da temperatura média, médias das máximas e valores máximos na estação meteorológica de Alvega (1961-1990) Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera.....	8
Figura 4. Valores médios mensais da humidade relativa do ar às 9 e 18 horas na estação meteorológicas de Alvega (1961-1990) Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera.	8
Figura 5. Precipitação mensal e máximas diárias na estação meteorológica de Alvega (1961-1990) Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera.	9
Figura 6. Localização dos pontos por sector ardido e não ardido.	13
Figura 7. Utensílio de recolha de amostras.....	14
Figura 8. Medição da espessura da cortiça com um paquímetro digital.....	15
Figura 9. Imagem da digitalização com 254 ppp, das amostras recolhidas nas 4 árvores da parcela 3 do sector ardido S1-3, árvores descortiçadas em 2005 - Código: S1_3 (05) AR P3 254.....	16
Figura 10. Exemplos das duas medições efectuadas dos crescimentos anuais em amostras de cortiça com diferente número de anos de criação.....	16
Figura 11. Distribuição de frequências de árvores alvo de fertilização em 2005 e 2006, por tipo de solo e em função da existência de surraipa no solo (n=360).....	26
Figura 12. Distribuição de frequências de perímetro à altura do peito dos 360 sobreiros amostrados, ilustrada com uma curva de normalidade (n=360).....	26
Figura 13. Diagrama de extremos e quartis da espessura dos anéis de crescimento anual observados (o – outliers; * - extremos; n=1440).....	28
Figura 14. Diagrama de extremos e quartis da espessura dos anéis de crescimento anual observados nas amostras de cortiça com 9 anos de criação (o – outliers; * - extremos; n=320).....	31
Figura 15. Diagrama de extremos e quartis da espessura acumulada dos vários anéis inteiros medidos (mm), de amostras recolhidas em zonas não ardidas e ardidas (o – outliers; n=320).....	34
Figura 16. Diagrama de extremos e quartis da espessura acumulada dos anéis inteiros 1 e 2, de amostras recolhidas em zonas não ardidas e ardidas, por ano de descortiçamento (o – outliers; n=320).....	35
Figura 17. Diagrama de extremos e quartis da espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 3, de amostras recolhidas em zonas não ardidas e ardidas, por ano de descortiçamento (o – outliers; n=240).....	35
Figura 18. Diagrama de extremos e quartis da espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 4, de amostras recolhidas em zonas não ardidas e ardidas, por ano de descortiçamento (o – outliers; n=160).....	36
Figura 19. Diagrama de extremos e quartis da espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 5, de amostras recolhidas em zonas não ardidas e ardidas, por ano de descortiçamento (o – outliers; n=80).....	36
Figura 20. Diagrama de extremos e quartis da espessura do 1.º anel de crescimento, consoante o ano em que este se desenvolveu (o – outliers; n=320).....	38
Figura 21. Diagrama de extremos e quartis da espessura do 2.º anel de crescimento, consoante o ano em que este se desenvolveu (o – outliers; n=320).....	38
Figura 22. Diagrama de extremos e quartis da espessura do 3.º anel de crescimento, consoante o ano em que este se desenvolveu (o – outliers; n=240).....	39
Figura 23. Diagrama de extremos e quartis da espessura do 4.º anel de crescimento, consoante o ano em que este se desenvolveu (o – outliers; n=160).....	40

Figura 24. Efeito do fogo na espessura do anel anual de cortiça, referente ao 1.º anel das árvores descortaçadas em 2008. Valores significativamente diferentes ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).	43
Figura 25. Efeito do fogo na espessura do anel anual de cortiça, referente ao 2.º anel das árvores descortaçadas em 2008. Valores significativamente diferentes ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).	43
Figura 26. Efeito da exposição na espessura do anel anual de cortiça, referente ao 1.º anel das árvores descortaçadas em 2005. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).	44
Figura 27. Efeito do declive na espessura do 1.º anel anual da cortiça referente a árvores descortaçadas em 2005. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).	45
Figura 28. Efeito do declive na espessura do 4.º anel anual da cortiça referente a árvores descortaçadas em 2005. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).	45
Figura 29. Efeito do declive na espessura do 2.º anel anual da cortiça referente a árvores descortaçadas em 2006. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).	46
Figura 30. Efeito do declive na espessura do 3.º anel anual da cortiça referente a árvores descortaçadas em 2007. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).	47
Figura 31. Efeito do declive na espessura acumulada dos dois primeiros anéis inteiros de cortiça, referente às árvores descortaçadas em 2005. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).	49
Figura 32. Efeito do declive na espessura acumulada dos dois primeiros anéis inteiros de cortiça (mm), referente às árvores descortaçadas em 2006. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).	50
Figura 33. Efeito do fogo na espessura acumulada dos dois primeiros anéis inteiros de cortiça (cm), referente às árvores descortaçadas em 2008. Valores significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).	50

Lista de Tabelas

Tabela 1. Compartimentação da propriedade em termos florestais. Fonte: Plano de Gestão Florestal Herdade da Torre das Vargens (AFLOSOR, 2009).....	6
Tabela 2. Percentagem de área ardida em 2003 e dados referentes ao descortiçamento nos vários talhões da propriedade Herdade da Torre das Vargens.....	10
Tabela 3. Intervenções ocorridas após o incêndio de 2003 nos vários talhões.	11
Tabela 4. Anéis de crescimento e distribuição dos pontos por sectores ardidos e não ardidos. 13	
Tabela 5. Número de amostras recolhidas para cada ano de crescimento e cada número de ordem do anel (anéis anuais de crescimento inteiros). Cada cor diz respeito à série de anos de crescimento, ou seja, a um ano de descortiçamento diferente.	17
Tabela 6. Classes definidas para o declive e a exposição das parcelas.....	18
Tabela 7. Número de parcelas por tipo de solo e sua classificação consoante as suas características no desenvolvimento radicular das árvores.....	19
Tabela 8. Variáveis utilizadas na análise estatística.....	20
Tabela 9. Tabela de frequências de árvores em função do declive e da exposição.	25
Tabela 10. Algumas variáveis descritivas das árvores caracterizadas.....	27
Tabela 11. Estatística descritiva relativa à espessura dos anéis de crescimento de 1. ^a a 8. ^a ordem.	28
Tabela 12. Estatística descritiva relativa à espessura acumulada de anéis de crescimento inteiros.....	29
Tabela 13. Tabela de frequências de árvores amostradas com descortiçamento em 2002 em função do declive, da exposição, dos tipos de solo e da presença de surraipa.	30
Tabela 14. Estatística descritiva relativa às árvores amostradas com descortiçamento em 2002, em função do PAP, da espessura da cortiça com 9 anos de criação e da espessura acumulada dos anéis de crescimento inteiros de 1. ^a a 8. ^a ordem.....	30
Tabela 15. Tabela de frequências de árvores amostradas em zonas ardidas e não ardidas em função do declive, da exposição, da fertilização, dos tipos de solo e da presença de surraipa. 32	
Tabela 16. Estatística descritiva relativa às árvores amostradas em zonas ardidas e não ardidas, em função do PAP.	33
Tabela 17. Estatística descritiva relativa às árvores amostradas em zonas ardidas e não ardidas, em função da espessura dos anéis de crescimento de 1. ^a a 5. ^a ordem.....	37
Tabela 18. Resultados da análise de variância da espessura do anel anual da cortiça para os factores fogo, exposição e declive. São apresentados os resultados com $p < 0,05$. Potência do teste usando $\alpha = 0,05$ (*-potência do teste $> 0,8$).....	41
Tabela 19. Resultados do teste de comparações múltiplas das variáveis exposição e declive relativamente à espessura do anel anual de cortiça. São apresentadas as diferenças entre as médias dos resultados com $p < 0,05$ e potência do teste $> 0,8$	42
Tabela 20. Resultados da análise de variância da espessura acumulada dos dois primeiros anéis da cortiça para os factores fogo, exposição e declive. São apresentados os resultados com $p < 0,05$. Potência do teste usando $\alpha = 0,05$ (*-potência do teste $> 0,8$).	48
Tabela 21. Resultados do teste de comparações múltiplas das variáveis exposição e declive relativamente à espessura da cortiça acumulada nos dois primeiros anéis inteiros. São apresentadas as diferenças entre as médias dos resultados com $p < 0,05$ (*-potência do teste $> 0,8$).....	48
Tabela 22. Descrição dos modelos lineares hierárquicos generalizados (valores do -2 log pseudo likelihood do modelo inicial e final; ⁽⁺⁾ – efeito positivo para os valores da variável.....	51

Agradecimentos

O presente trabalho resulta do esforço e cooperação de pessoas e entidades às quais quero expressar o meu agradecimento e apreço:

Ao Professor Doutor Joaquim Sande Silva pela sua pronta disponibilidade em ser o Orientador da presente Dissertação, pelo incentivo, amizade e paciência.

Ao Professor Doutor Nuno Ribeiro, docente da Universidade de Évora, pela sua disponibilidade, interesse e sugestões ao longo do trabalho.

À Fundação das Casas de Fronteira e Alorna, nas pessoas de D. José Maria Mascarenhas e D. António Mascarenhas, como ao Sr. Serafim, pela disponibilidade sempre demonstrada para que a execução dos trabalhos de campo fossem efectuados.

À Professora Filomena Gomes, docente da Escola Superior Agrária de Coimbra, pelo precioso contributo na caracterização dos tipos de solos.

Aos amigos Romeu Gonçalves e Paulo Caroço na confecção do utensílio para a recolha das amostras de cortiça.

Aos amigos Alexandre Tomás, colega de longa data, e David Fialho d' Almeida, meu sobrinho, pela grande ajuda nos trabalhos de campo. Ao amigo Nuno Reis pela preciosa ajuda no tratamento da informação geográfica.

À Cati Dinis, da Universidade de Évora, pela disponibilidade e ensinamentos no funcionamento do programa Corkprofile.

Ao Pedro Neto, pelo trabalho de preparação das amostras e da sua digitalização.

Aos colegas pelo apoio sempre demonstrado, em particular, ao Henrique Flávio pela partilha dos seus conhecimentos acerca do sobreiro e da cortiça, ao Guilherme Santos pela disponibilidade de bibliografia e ao João Artur pelo apoio e dedicação na revisão do relatório.

À minha família pelas minhas ausências durante o período da realização do trabalho, pelo apoio que sempre me deram nos meus estudos, em especial à Maria pela compreensão das minhas leituras de livros com muitas histórias e à Elizabete pela sua compreensão e apoio.

Resumo

Neste trabalho procurou-se analisar a relação entre a espessura da cortiça e algumas variáveis explicativas consideradas relevantes. Teve-se como base de amostragem árvores descortaçadas em diferentes anos, numa área percorrida por um incêndio florestal em 2003. O estudo foi efectuado na propriedade “Herdade da Torre das Vargens”, na freguesia e concelho de Ponte de Sôr, no Alto Alentejo. A espessura da cortiça foi analisada perante a influência de vários factores, tais como a dimensão da árvore, as medidas de gestão, os aspectos topográficos e pedológicos do terreno e a ocorrência de incêndio anteriormente ao último descortiçamento.

Durante o Verão de 2011 foram recolhidas amostras de cortiça e dados do perímetro à altura do peito (PAP) por árvore, através de uma amostragem aleatória estratificada. Posteriormente foram preparadas e digitalizadas as amostras, tendo-se medido a espessura dos anéis utilizando o programa *Corkprofile* desenvolvido pela Universidade de Évora. As outras variáveis consideradas foram obtidas através de informação geográfica digital, utilizando o programa *Quantum GIS*.

Foi descrita a espessura da cortiça num ciclo de exploração de 9 anos, com 8 anéis inteiros de crescimento anual. Analisados os anéis inteiros verificou-se a diminuição da espessura do anel, à medida que o número de ordem do anel avança, o que vai ao encontro do descrito por vários autores. Da observação de amostras provenientes de vários descortiçamentos efectuados em anos consecutivos, de 2005 a 2008, foi também analisada a relação entre a espessura da cortiça e: o PAP; o declive; a exposição do terreno; a ocorrência de fertilização; o tipo de solo e presença de surraipa; e a ocorrência de incêndio anteriormente ao último descortiçamento.

A análise teve essencialmente duas abordagens. Inicialmente foi feita uma análise de variância com algumas variáveis e posteriormente foi efectuada uma modelação utilizando modelos lineares generalizados mistos (GLMM), considerando todas as variáveis. Na análise utilizando GLMM os modelos tiveram um arranjo hierárquico de três níveis: ao nível da árvore, ao nível de parcela e ao nível do ano de descortiçamento. Para encontrar os modelos mais parcimoniosos evoluiu-se para modelos de complexidade decrescente (estratégia *backward*), considerando-se o modelo em que todas as variáveis eram significativas.

Os resultados obtidos indicam alguma influência na espessura da cortiça por parte das variáveis: PAP; declive; exposição; e ocorrência de fogo. Os resultados vão de um modo geral ao encontro do que foi observado em diversos trabalhos, excepto a influência positiva da ocorrência de incêndio anteriormente ao último descortiçamento, aspecto que carece de mais estudo e uma maior abrangência na recolha de dados. Em termos do efeito do fogo parece lícito concluir que os sobreiros sobreviventes conseguem repor de forma notável a cortiça, mesmo quando se encontram numa situação aparentemente desfavorável devido aos danos causados pelo fogo.

Palavras chave: *espessura da cortiça, perímetro altura do peito, declive, exposição, fogo, Quercus suber.*

Abstract

In this study we sought to analyze the relationship between the thickness of the cork and some explanatory variables considered relevant. We used a sample of trees with cork stripping in different years, in an area affected by a forest fire in 2003. The study was performed at the property "Herdade da Torre das Vargens" in Ponte de Sor, in the province of Alto Alentejo. The thickness of the cork was analyzed in order to understand the influence of various factors, such as the size of the tree, management, the topographical and the soil features of the terrain and the fire occurrence before the last stripping.

During the summer of 2011 cork samples were collected and data of the perimeter at breast height (PBH) per tree, through a stratified random sampling. Subsequently, the samples were prepared and digitized, and the thickness of the cork rings was measured using software Corkprofile, developed by the University of Évora. The other variables considered were obtained from digital geographic information, using Quantum GIS software.

The thickness of cork resulting from a harvesting cycle of 9 years was described, including 8 complete annual growth rings. The thickness of the growth rings decreased for more recent rings along the harvesting cycle, which is consistent with the information reported by several authors. Using samples from several harvests made in consecutive years, from 2005 to 2008, we also analyzed the relationship between the thickness of cork and : PBH; the slope; the aspect the land; the occurrence of fertilization; soil type and presence of *surraipa*; and fire occurrence prior to the last stripping.

The analysis had essentially two approaches. Initially an analysis of variance with some variables, and then modeling was carried out using generalized linear mixed-effects models (GLMM), considering all the variables. In the analysis using GLMM, models had a hierarchical arrangement of three levels: at the level of the tree, at the level of plot and level of year of bark stripping. To find the most parsimonious models evolved into models of decreasing complexity (backward strategy), considering the final model in which all variables were significant.

The results indicate some influence of variables: PBH; slope; aspect; and the occurrence of fire on the thickness of the cork. The results are generally in line with what has been observed in several works, except the positive influence of fire occurrence prior to the last stripping, aspect that needs further study and a greater data collection coverage. In terms of the effect of fire, it is reasonable to conclude that surviving cork oaks can restore the cork notably, even when they have a situation apparently unfavorable due to the damage caused by fire.

Keywords: cork thickness, perimeter at breast height, slope, aspect, fire, *Quercus suber*.

Siglas e abreviaturas

PAP – Perímetro à Altura do Peito

ANOVA – Analysis Of Variance (Análise de variância)

GLMM – Generalized Linear Mixed Models (Modelos lineares generalizados mistos)

APCOR – Associação Portuguesa de Cortiça

NUTS – Nomenclatura de Unidades Territoriais

FAO – Food and Agriculture Organization (Organização para a agricultura e alimentação)

SROA – Serviços de Reconhecimento e Ordenamento Agrário

SIG / GIS – Sistema de Informação Geográfica

CNROA – Centro Nacional de Reconhecimento e Ordenamento Agrário

IEADR – Instituto de Estruturas Agrárias e Desenvolvimento Rural

SPSS – Statistical Package for a Social Sciences

N / E / S / W – Norte / Este / Sul / Oeste

°C – Grau Celsius

m - Metro

cm - Centímetro

mm - Milímetro

ha - Hectare

df – Grau de liberdade

F – Estatística do Teste

Sig. (*p-value*) – probabilidade de significância

1. Introdução

Alguns dos valores mais importantes da floresta portuguesa são sem dúvida os resultantes dos povoamentos de sobreiro, *Quercus suber* L., seja através dos sistemas artificiais *montados* de sobreiro, seja dos sobreirais. Essa importância resulta da qualidade e particularidade dos seus produtos, com particular ênfase para a casca da árvore, a cortiça, mas também pelos diversos serviços ecológicos e ambientais, pela sua grandeza em termos culturais, de lazer e turismo. Destas florestas resulta também uma importante fonte de rendimentos e um sector que alberga milhares de empregos.

1.1. O sobreiro

O sobreiro ocorre principalmente na parte ocidental da Bacia do Mediterrâneo, onde ocupa cerca de 2,5 milhões de hectares (Pausas et al., 2009), sendo Portugal o país com maior área, com 34% da área mundial, seguido de Espanha e Marrocos. Também relativamente à produção de cortiça, Portugal é o principal produtor, com 49,6% da produção mundial (APCOR, 2011).

Em Portugal, o sobreiro distribui-se sobretudo no sul do país, existindo em povoamentos monoespecíficos e em consociação com outras espécies. Esta árvore desenvolve-se bem em zonas com precipitação média anual entre os 600-1000mm, embora sobreviva em zonas acima dos 2000mm, considerando-se usualmente os 500mm o seu limite mínimo (Natividade, 1950; Pereira, 2007). Em termos de temperatura média anual, o óptimo para o desenvolvimento do sobreiro encontra-se entre os 13-16°C. Relativamente à altitude, vegeta principalmente abaixo dos 600m, ocorrendo raramente em altitudes superiores, sendo muito tolerante em termos de solos excepto em solos calcários ou muito húmidos (Natividade, 1950). Um outro factor limitante da ocorrência de sobreiro parece ser o número de dias de geada e a sua intensidade (Tenorio et al., 2001).

O sobreiro e a azinheira são protegidos por lei em Portugal, tendo as acções que afectam essas árvores e os seus povoamentos alguma regulamentação. Em termos ecológicos os povoamentos de sobreiro são protegidos no quadro da Rede Natura 2000, criada pela União Europeia através da Directiva n.º 92/43/CEE, enquadrando-se no Habitat 6310 – *Montados* de *Quercus* spp. de folha perene e no Habitat 9330 – florestas de *Quercus suber*. Os montados de sobreiro e os sobreirais albergam ainda espécies faunísticas de grande relevância em termos de conservação como a águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*), a cegonha-negra (*Ciconia nigra*), o rato de Cabrera (*Microtus cabrerae*) e o Lince-ibérico (*Lynx pardinus*).

O sistema de aproveitamento agro-silvo-pastoril a que chamamos *montado*, *dehesa* em Espanha, é formado por árvores dispersas de sobreiro (*Quercus suber*) e/ou de azinheira (*Quercus rotundifolia*), onde existe uma multifuncionalidade do espaço em termos produtivos, cruzando uma utilização florestal com aproveitamentos agrícolas e

pastoris, resultando daí produtos tão variados como a lenha, os cereais, a carne do gado, os cogumelos, a caça e a cortiça. Este sistema artificial é sustentável apenas se for economicamente viável e a sua estabilidade ecológica for mantida (Ribeiro et al., 2003).

1.2. A cortiça

A cortiça, que reveste exteriormente o tronco e os ramos do sobreiro, é um recurso natural e renovável, pois tem a particularidade de ser produzida continuamente durante toda a vida da árvore, tendo a sua utilização pelo Homem começado há muitos séculos atrás. As suas aplicações vão desde bóias de pesca ou cortiços para abelhas, passando pelas rolhas para garrafas de vinho, até a componentes para máquinas da mais alta tecnologia, como veículos espaciais.

A cortiça tem excelentes propriedades isolantes, tornando-a numa matéria-prima de grande aproveitamento em múltiplas utilizações industriais. As suas propriedades resultam da presença, numa proporção elevada, de suberina nas suas paredes celulares, podendo a cortiça crescer acima de 30 cm de espessura (Natividade, 1950).

Ter uma casca espessa resulta num mecanismo de protecção do câmbio ao calor gerado pelos incêndios (Brando et al., 2012; Jackson et al., 1999) e foi um processo evolutivo ligado ao fogo (He et al., 2012). Também a suberina possui propriedades isolantes que resultam de milhões de anos de evolução, sendo igualmente uma vantagem para a sobrevivência em caso de fogo (Carrión et al., 2000).

A cortiça em Portugal é geralmente explorada em ciclos de 9 anos, em alguns casos em ciclos de 10-12 anos. Essa exploração implica vários efeitos indesejáveis para a árvore. Provavelmente o mais importante destes efeitos é a redução da protecção contra agentes externos, particularmente incêndios florestais, aumentando a vulnerabilidade da árvore (Catry et al., 2012). Outras consequências inerentes ao descortiçamento existem também, nomeadamente a perda de água, a redução de funções nutricionais e um consumo muito elevado de reservas armazenadas, o que pode potenciar a susceptibilidade ao *stress* e aumentar a vulnerabilidade da árvore a pragas e doenças, afectando o seu crescimento e a sua vitalidade (Costa et al., 2004; Natividade, 1950; Pereira, 2007; Silva e Catry, 2006).

1.3. Os incêndios

Os incêndios florestais em Portugal têm actualmente uma grande importância, não só pelo número de ocorrências, que a partir de meados da década de 90 do século passado, segundo os dados disponíveis, tiveram um aumento significativo, como também pelos valores extremamente elevados de área ardida, destacando-se os anos de 2003 e de 2005, com 425.726ha e 338.262ha ardidos, respectivamente (Silva et al., 2008). Em termos de distribuição espacial, os incêndios florestais estão sobretudo

concentrados na metade norte do país. Importa referir que Portugal e de um modo geral a Região Mediterrânea não têm grande frequência de fogos naturais (Pyne, 2006). De acordo com dados da então Direcção-Geral dos Recursos Florestais, de todos os incêndios com causa investigada entre 1993 e 2003 apenas 3% tiveram origem em causas naturais, em princípio devido a trovoadas (Silva e Rego, 2007).

Supõe-se que a ocorrência natural de fogo terá moldado os ecossistemas florestais sob vários pontos de vista, inclusivamente no que diz respeito às características de algumas espécies vegetais, nomeadamente o desenvolvimento de um ritidoma espesso ou a manutenção de bancos de sementes no solo ou na copa, cuja germinação ou deiscência é estimulada pelo fogo (Whelan, 1995).

1.4. O sobreiro e o fogo

Nos anos de 2003 e 2005 registou-se uma situação particular na relação entre a área de sobreiro ardida e o total ardido em Portugal, tendo principalmente em 2003 aumentado a proporção de áreas ardidas de sobreiro em comparação com outros tipos de florestas (Silva e Catry, 2006). Esta situação pode explicar-se pelas condições meteorológicas extremas que se registaram nessa época de incêndios, com temperaturas muito elevadas e valores de humidade no ar muito baixos, sendo que nestas circunstâncias o fogo mostra-se muito menos selectivo, propagando-se facilmente entre diferentes tipos de paisagem (Moritz, 2003).

O sobreiro é provavelmente uma das espécies arbóreas melhor adaptadas ao fogo, tendo uma capacidade de rápida recuperação face a esse factor, sendo a única árvore europeia que consegue regenerar a parte aérea após a copa ardida (Pausas, 1997).

Quando a copa destas árvores é destruída, o desenvolvimento dos gomos dormentes existentes no tronco e na copa é estimulado, através da activação de mecanismos hormonais (Kramer et al., 1991), o que faz com que os sobreiros, pouco depois do incêndio comecem geralmente a regenerar as copas ardidas.

Com a exploração da cortiça a árvore perde a sua protecção. Pausas (1997) refere que a espessura da casca apresenta uma correlação positiva com a recuperação dos sobreiros ao fogo.

Avaliada a sobrevivência do sobreiro um ano e meio após a ocorrência de incêndio, estudo efectuado na Serra do Caldeirão, no sul de Portugal, verificou-se que árvores com cortiça virgem mostraram significativamente maiores taxas de sobrevivência em relação a sobreiros descortiçados (Moreira et al., 2007), sugerindo-se que uma possível explicação para este facto sejam as propriedades de isolamento da cortiça, que são particularmente eficazes em sobreiros não explorados, visto que a cortiça virgem é normalmente mais espessa e a cortiça criada após o descortiçamento tem aproximadamente o dobro do número de poros por unidade de área do que a cortiça virgem. Este último aspecto permite a penetração mais fácil do calor, particularmente porque esses poros são frequentemente obstruídos por paredes lenhificadas (Silva, 1996).

A extracção da cortiça cria também uma janela de vários anos, durante a qual a árvore é particularmente propensa ao fogo, tornando presumivelmente as árvores exploradas mais susceptíveis a esse factor ao longo da sua vida (Moreira et al., 2007).

Também Catry et al. (2012) concluíram do seu estudo acerca da vulnerabilidade do sobreiro ao fogo, que a espessura da cortiça é um dos principais determinantes das respostas pós-fogo, e isso é especialmente relevante em árvores que são submetidas ao descortiçamento. Árvores com espessura de cortiça superior a 3-4 cm estão bem protegidas contra os efeitos do calor, sendo muito pouco provável a sua morte, regenerando presumivelmente a sua copa (Catry et al., 2012).

Nestes termos parece evidente que a extracção da cortiça é uma operação que altera o estado vegetativo da árvore não só durante a intervenção, como também tem implicações nos anos subsequentes.

1.5. O propósito

Como atrás se verificou, existem alguns estudos que analisam a reacção do sobreiro ao fogo, em termos da sua sobrevivência e de respostas vegetativas, como a regeneração da copa e do tronco, ou a rebentação da toija após o abate da árvore ardida. No entanto não se tem conhecimento da existência de trabalhos que tenham estudado especialmente a espessura da cortiça após incêndio.

Pela vasta área que o sobreiro ocupa, pelos valores ecológicos e culturais que os seus povoamentos representam, considerando a importância económica da cortiça e dos outros produtos derivados destes sistemas, os quais têm um papel fundamental na persistência do sistema *montado* e para a sua sustentabilidade, considera-se de extrema importância o desenvolvimento do estudo tanto da árvore como do sistema agro-silvo-pastoril.

Tendo-se verificado nas últimas décadas um incremento das ocorrências de incêndios e das áreas ardidas, aumentando assim a frequência com que as árvores são afectadas por este factor abiótico, entendeu-se efectuar o presente trabalho no sentido de contribuir para o conhecimento da reacção do sobreiro aos efeitos do fogo, observando-se de que forma a espessura da cortiça é afectada posteriormente por este impacte, numa zona onde a espécie ainda domina em termos florestais.

O presente estudo tem como objectivo analisar a variabilidade da espessura da cortiça em sobreiros explorados a pau-batido com cortiça amadia, com descortiçamento em diferentes anos, incluindo nessa análise o efeito de factores relacionados com a morfologia do terreno, as características dos solos, as acções de gestão dos povoamentos e o fogo, assim como factores relacionados com as características da própria árvore.

2. Metodologia

O presente trabalho teve como suporte amostras de cortiça recolhidas numa propriedade do Alto Alentejo. Essas amostras foram tratadas, tendo-se obtido valores relativos à espessura de cortiça. Foram ainda recolhidas no campo e através de sistema de informação geográfica diversas variáveis relacionadas com a árvore e com a parcela. Todos os dados foram analisados no sentido de observar possíveis diferenças na espessura de cortiça.

2.1. Área de estudo

A área de estudo localiza-se na região NUTS III do Alto Alentejo, no distrito de Portalegre e concelho de Ponte de Sôr, mais propriamente na propriedade Herdade da Torre das Vargens.

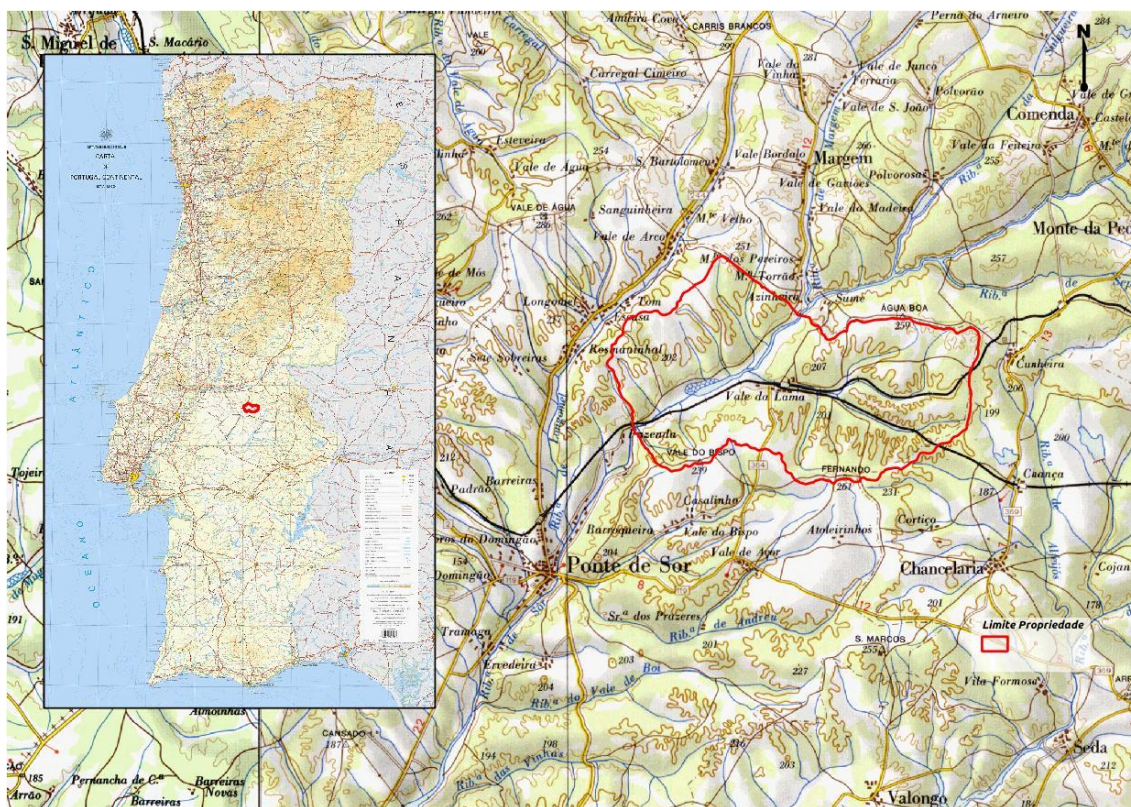


Figura 1. Localização da propriedade onde se recolheram as amostras para o estudo.

A propriedade tem aproximadamente 7000ha, sendo maioritariamente ocupada por floresta, principalmente povoamentos puros e mistos de sobreiro (*Quercus suber* L.), na ordem dos 5350ha. Com áreas significativamente mais pequenas existem

povoamentos de pinheiro-manso (*Pinus pinea* L.), de pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Aiton) e de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labillardière), existindo ainda cerca de 800ha correspondentes a áreas agrícolas.

Tabela 1. Compartimentação da propriedade em termos florestais. Fonte: Plano de Gestão Florestal Herdade da Torre das Vargens (AFLOSOR, 2009).

Série / Talhão	Espécie dominante	Área
S1-1		547,9
S1-2		380,9
S1-3		585,5
S1-4		838,1
S1 S1-5	Sobreiro	638,6
S1-6		527,2
S1-7		495,1
S1-8		765,9
S1-9		576,4
Total S1		5355,6
S2	Pinheiro-manso	99
S3	Eucalipto	46
S4	Pinheiro-bravo	61
S5	Ripícolas	70
Total dos espaços florestais		5631,6

2.1.1. Enquadramento fisiográfico

A propriedade encontra-se entre os 125 e 260 metros de altitude, tendo declives de um modo geral suaves, abaixo dos 25%, existindo contudo algumas zonas entre os 15% e os 25%. Relativamente à exposição a propriedade é predominantemente exposta a nordeste.

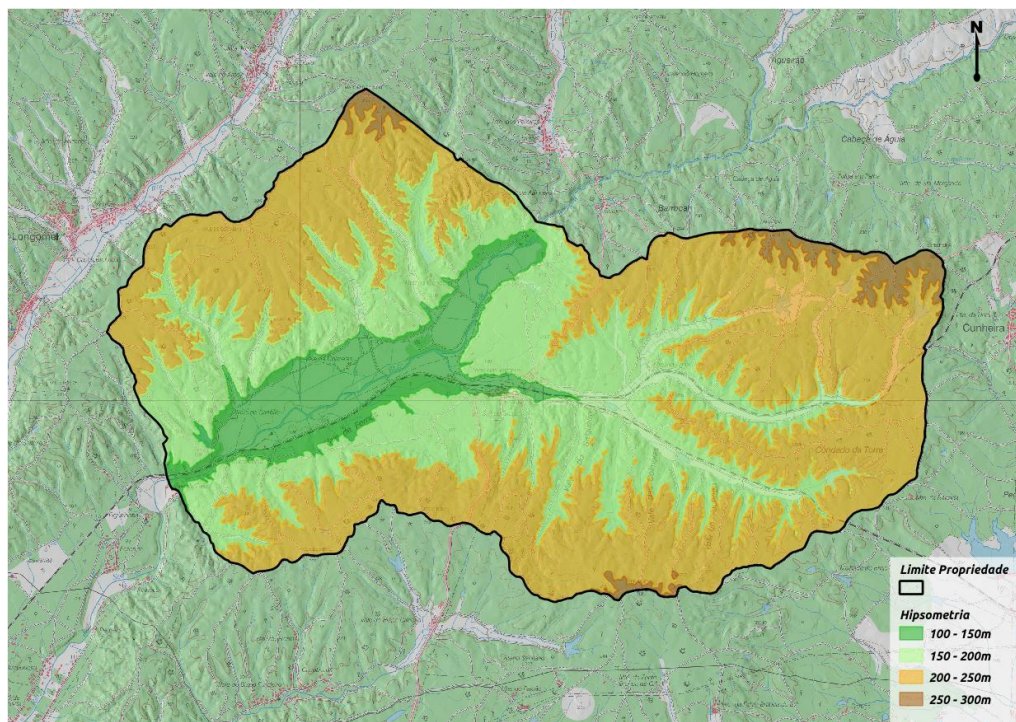


Figura 2. Hipsometria na propriedade Torre das Vargens.

Em termos de hidrografia, a propriedade é atravessada por uma linha de água permanente, a Ribeira do Sôr, inserida na bacia hidrográfica do Tejo, existindo ainda outras linhas de água de carácter sazonal afluentes dessa ribeira.

2.1.2. Enquadramento climatológico

Para a caracterização climática da região foram considerados os dados recolhidos na estação meteorológica de Alvega (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IP), nomeadamente pelas normais climatológicas observadas para um período de 30 anos, compreendido entre 1961 e 1990.

A estação meteorológica de Alvega situa-se a aproximadamente 20km a noroeste da área de estudo, à latitude 39°28'N e longitude 8°03'W, e a uma altitude de 51 metros.

Observando os dados, pode-se considerar que, genericamente, o clima da região é do tipo temperado (temperatura média anual de 15,5°C), moderado (amplitude da variação média anual da temperatura do ar é de 14,4°C), húmido (valor médio no ano da humidade relativa do ar às 9 horas de 79%) e moderadamente chuvoso (quantidade de precipitação média no ano de 678mm.), segundo os dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IP.

2.1.2.1. Temperatura do ar

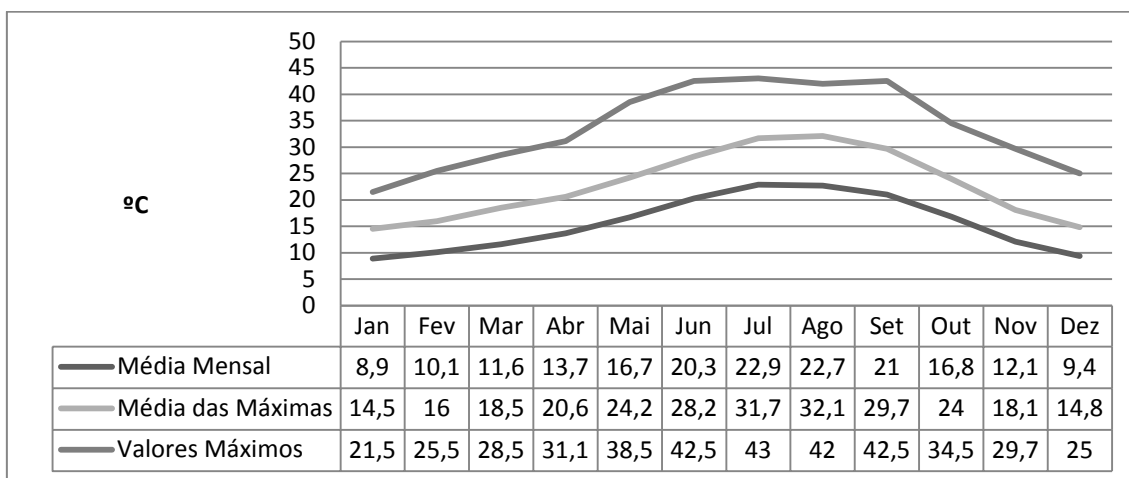


Figura 3. Valores mensais da temperatura média, médias das máximas e valores máximos na estação meteorológica de Alvega (1961-1990) Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Pode-se verificar pela análise da Figura 3 que os meses de Julho e de Agosto são os que apresentam os valores mais altos de temperatura média do ar, sendo no mês de Agosto que a média da temperatura máxima do ar é mais elevada, embora os valores máximos de temperatura atingidos sejam substancialmente elevados do mês de Junho ao mês de Setembro. Observa-se ainda que os meses com temperaturas médias mais baixas são Dezembro e Janeiro, sendo neste último que a temperatura média mensal atinge o valor mais baixo.

2.1.2.2. Humidade relativa do ar

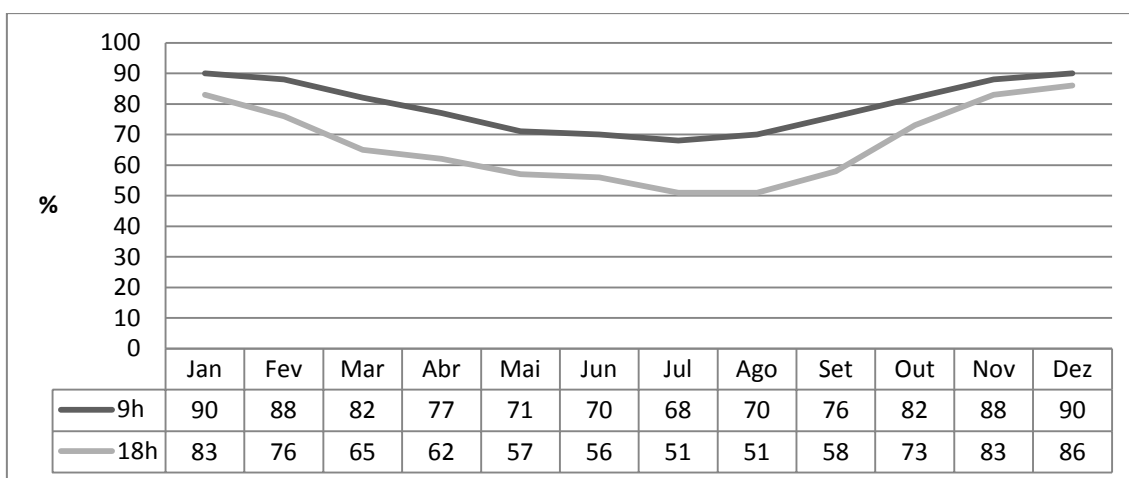


Figura 4. Valores médios mensais da humidade relativa do ar às 9 e 18 horas na estação meteorológica de Alvega (1961-1990) Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Analisando a Figura 4 constata-se que a humidade relativa do ar às 9 horas tem valores mais baixos entre os meses de Maio a Agosto, mas às 18 horas os meses mais secos são os de Julho e Agosto.

2.1.2.3. Precipitação

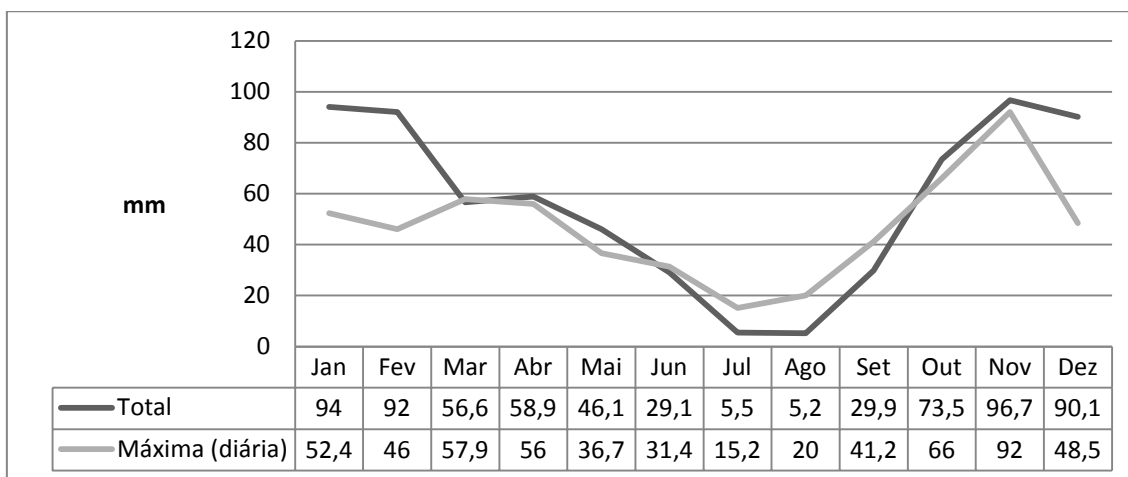


Figura 5. Precipitação mensal e máximas diárias na estação meteorológica de Alvega (1961-1990)
Fonte: Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Da observação e análise da Figura 5 constata-se que a precipitação mensal tem valores mais elevados, acima dos 90mm, nos meses de Janeiro, Fevereiro, Novembro e Dezembro. Durante a época estival, verifica-se que os meses de Julho e de Agosto são os mais secos, com valores residuais de precipitação mensal na ordem do 5mm mensais.

2.1.3. Solos

Considerando a carta de solos do Atlas do Ambiente Digital - IA, disponível no sítio da Internet da Agência Portuguesa do Ambiente, que tem por base a Carta de Solos (Reprodução da Carta apresentada à FAO. SROA – 1971), verifica-se que existem três principais tipos de solos na propriedade onde decorreu o estudo, tendo em conta as unidades pedológicas dominantes: podzóis, cambissolos e luvisolos.

2.1.4. Incêndio de 2003

Na propriedade ocorrem com alguma regularidade pequenos incêndios, muito devido à passagem de comboios nas linhas férreas que a atravessa, no entanto, no Verão de 2003 foi quando a propriedade sofreu o maior impacte deste factor abiótico nos últimos tempos, tendo sido fustigada por um grande incêndio que devastou quase metade da

Estudo da variabilidade da espessura da cortiça numa propriedade do concelho de Ponte de Sôr percorrida por incêndio

sua área, mais de 3000ha, sobretudo área de povoamentos de sobreiro. O incêndio atingiu vários talhões da exploração, os quais tinham uma gestão, em termos florestais, que se pode considerar similar, apenas com diferentes anos de descortiçamento.

Tabela 2. Percentagem de área ardida em 2003 e dados referentes ao descortiçamento nos vários talhões da propriedade Herdade da Torre das Vargens.

Talhões	Área (ha)	Área não ardida (%)	Descortiçamento antes 2003	Idade da cortiça (2003)	Descortiçamento após o fogo
S1-3	585,5	-	1994 / 1996	9 e 7	2004 2005 2007
S1-4	838,1	-	1997	6	2006
S1-5	638,6	20,3	1997 / 2001	2	2013
		-	1997	6	2005
			1997	6	2007
S1-6	527,2	-	1999 / 2000	3 e 4	2008
			1999 / 2000	3 e 4	
S1-9	576,4	52,1	1999	4	2007
			2002	1	2011

Posteriormente ao incêndio a cortiça queimada foi tirada ao longo dos anos, conforme a idade da cortiça ia atingindo os 8 ou 9 anos de idade, com a intenção de acertar os anos das tiragens nos talhões e de passar, em alguns casos, o sistema de tiragem de meças para pau-batido.

A área de montado de sobreiro afectada pelo incêndio de 2003 foi alvo de algumas medidas de gestão após o incêndio, conforme consta na Tabela 3.

Tabela 3. Intervenções ocorridas após o incêndio de 2003 nos vários talhões.

Intervenções	Talhões								
	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-5	S1-6	S1-7	S1-8	S1-9
Área ardida			X	X	X	X			X
Área não ardida	X	X					X	X	X
Adensamentos				2004 2005	2004 2005				
Adubação			2005 2006	2005 2006	2005 2006	2005 2006			2005 2006
Corte de matos (Intervalos 2/3 anos)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Podas de formação e correção da rebentação dos sobreiros (Intervalos 2/3 anos)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Prados de sequeiro				Parte	Parte				Parte
Pastoreio de gado ovino			Parte	Parte	Parte			Parte	Parte
Pastoreio de gado bovino					Parte	Parte			Parte
Pastoreio de gado suíno								Parte	Parte

Nos anos subsequentes ao incêndio, na área ardida, foram abatidos mais de 40.000 sobreiros que pereceram devido aos danos causados pelo incêndio e devido aos ataques de pragas que a ele sucederam, principalmente por Plátipo (*Platypus cilindrus* F.).

2.2. Amostragem

2.2.1. Definição das parcelas

Como anteriormente se referiu, na propriedade existem várias folhas ou sectores onde estão presentes diferentes anos de descortiçamento. Devido a esse facto, foi possível obter quatro anos de descortiçamento simultâneo em áreas afectadas pelo fogo em 2003 e áreas sem a ocorrência de incêndio nos últimos anos.

Amostraram-se assim árvores descortizadas nos anos de 2005, 2006, 2007 e 2008, simultaneamente em área ardida e não ardida pelo incêndio de 2003, definindo-se oito sectores de amostragem comparativa para este factor.

Foram também obtidas amostras de árvores descortiçadas em 2002, com um ciclo de nove anos de crescimento, as quais serviram essencialmente para observar o crescimento da cortiça ao longo de um ciclo completo.

Foi utilizado o sistema de informação geográfica (SIG), Quantum GIS Wroclaw versão 1.7.2 (Team, 2011), através do qual foram marcados aleatoriamente 10 pontos de amostragem para cada sector. Para a obtenção da localização dos pontos de referência para a recolha de amostras nas árvores com o ano de descortiçamento pretendido, foi primeiramente instalada uma grelha sistemática de pontos a 250m, por sector. Posteriormente, visto que se obteve mais do que os 10 pontos pretendidos e também porque os sectores têm diferentes áreas, foi efectuada uma selecção aleatória de 10 pontos através da utilização da função "ALEATÓRIOENTRE", no programa Microsoft Office Excel 2007, utilizando-se para o efeito o intervalo de valores de identificação dos pontos criados anteriormente no programa de SIG (ID). Foram então considerados os primeiros 10 valores obtidos dessa selecção aleatória.

Como referido na caracterização da propriedade, existem vários anos de descortiçamento em cada sector, não sendo portanto os sectores constituídos apenas por árvores exploradas em termos de cortiça num só ano, existindo ainda algumas árvores em certos sectores com exploração da cortiça pelo método de meças. Como era pretendido obter amostras de árvores de um determinado ano de descortiçamento e exploradas em pau-batido, e como a distribuição das árvores nem sempre é homogénea no povoamento, houve necessidade em alguns casos de ajustar um pouco a localização do ponto. Foram então amostrados os 4 sobreiros mais próximos do ponto, com as características de exploração pretendidas.

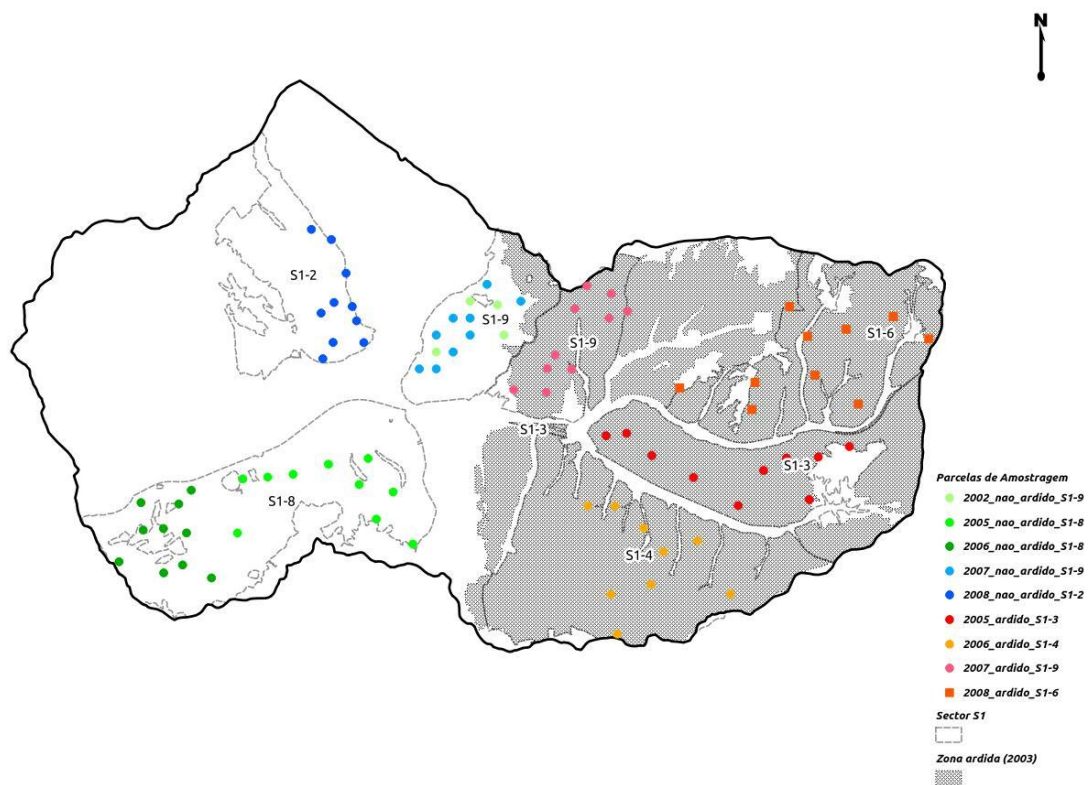


Figura 6. Localização dos pontos por sector ardido e não ardido.

Na Figura 6 está representada a localização dos pontos da zona não ardida a verde/azul e da área ardida em tons vermelho/amarelo, provenientes de vários descortiçamentos. As parcelas com o ciclo de 9 anos de criação de cortiça, de 2002, encontram-se no talhão S1-9, estão a verde mais claro, algumas sobrepostas com parcelas do sector de 2007 não ardido.

A distribuição dos pontos pelos sectores foi feita como se apresenta na Tabela 4, onde se verifica também os anos de criação da cortiça amostrada e conseqüentemente o número de anéis inteiros presentes nas amostras.

Tabela 4. Anéis de crescimento e distribuição dos pontos por sectores ardidos e não ardidos.

Ano de descortiçamento	Criação da cortiça (anos)	Anéis inteiros	Sector ardido (pontos)	Sector não ardido (pontos)	Total de pontos por ano descortiçamento
2002	9	8		S1-9 (10)	10
2005	6	5	S1-3 (10)	S1-8 (10)	20
2006	5	4	S1-4 (10)	S1-8 (10)	20
2007	4	3	S1-9 (10)	S1-9 (10)	20
2008	3	2	S1-6 (10)	S1-2 (10)	20
<i>Total de Parcelas de amostragem</i>					90

A cada ponto criado considerou-se uma parcela de amostragem.

2.2.2. Variáveis recolhidas

2.2.2.1. Variáveis por árvore

Em cada parcela definida foram retirados dados nos 4 sobreiros mais próximos do ponto de localização do centro da parcela, descortiçados em pau batido com cortiça do ano pretendido.

Foi recolhida uma amostra de cortiça por árvore e foi medido também o perímetro à altura do peito (PAP) de todas as árvores amostradas.

Para a recolha da amostra de cortiça, foi usado um utensílio de fabrico simples, utilizando uma “broca” de corte de cortiça na indústria corticeira, adaptada em metal com um efeito em “T”, que serve como base de força para penetrar na cortiça. Este instrumento foi experimentado antecipadamente noutras propriedades, em sobreiros decrépitos, ao quais previamente foi dada autorização para o seu abate pelos serviços competentes, tendo o utensílio demonstrado boa eficácia na recolha, bem como uma sensibilidade perceptível da chegada da “broca” ao entrecasco, minimizando-se os danos causados às árvores amostradas, aspecto também demonstrado no terreno ao proprietário.



Figura 7. Utensílio de recolha de amostras.

As amostras foram recolhidas à altura do peito, ou seja, a 1,3 metros do solo, sempre numa zona do tronco exposta a Sudeste, no sentido de uniformizar a amostragem. A amostra colhida tem a forma cilíndrica, com aproximadamente 3 centímetros de diâmetro.

Foram recolhidas 360 amostras de cortiça, das quais 40 de cortiça com 9 anos de criação e 320 com anos de criação inferiores, com o objectivo comparativo dos sectores ardidos e não ardidos, tendo sido recolhidas 40 amostras por sector comparativo. As amostras foram identificadas por árvore, por parcela e por sector.

Optou-se por trabalhar sempre com a cortiça crua, visto que o presente trabalho não tem como principal objectivo o estudo das características de utilização industrial da cortiça.

Após a recolha das amostras procedeu-se à medição da espessura da cortiça com raspa, a crosta externa da cortiça, efectuando-se duas medições nas faces perpendiculares às fendas de crescimento orientadas longitudinalmente na costa, parte exterior da cortiça. Calculou-se posteriormente a média dessas medições. Foi utilizado um paquímetro digital com precisão de 0,03mm.



Figura 8. Medição da espessura da cortiça com um paquímetro digital.

Para se efectuar convenientemente as medições dos anéis anuais de crescimento da cortiça e tendo em consideração também o pequeno tamanho da amostra, tornou-se necessário dar um tratamento à amostra. O procedimento teve como objectivo realçar as diferenças entre o período de crescimento de Primavera ou de início de estação, região mais larga e de cor mais clara e o período de crescimento de Outono ou de fim da estação, mais delgado e de cor mais escura, visto que neste último período as células que se formam são mais pequenas e mais grossas (Natividade, 1950).

Com esse propósito, utilizando um objecto cortante tipo “x-acto”, cortou-se um pouco da amostra na face transversal, de forma a obter uma superfície plana com aproximadamente dois centímetros numa zona da amostra onde aparentemente os anéis de crescimento eram perceptíveis. Para se obter uma superfície o mais lisa e perceptível, poliu-se a superfície plana das amostras com uma lixa P220 para madeira, seguindo-se a limpeza das amostras com ar comprimido eliminando assim os resíduos de pó resultantes da lixagem.

Para realçar os anéis anuais de crescimento da cortiça utilizou-se verniz incolor, que foi colocado na superfície plana das amostras, o que resultou num maior contraste.

Todas as amostras foram posteriormente digitalizadas e identificadas. A digitalização foi efectuada numa resolução de 254ppp e guardada a imagem em formato bmp. Foram ainda digitalizadas com uma resolução de 600ppp, com mais definição, para a eventualidade de ultrapassar possíveis dúvidas que surgissem durante as medições.

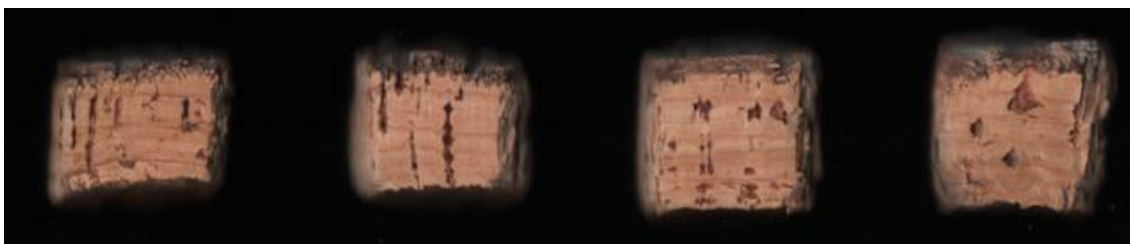


Figura 9. Imagem da digitalização com 254 ppp, das amostras recolhidas nas 4 árvores da parcela 3 do sector ardido S1-3, árvores descortiçadas em 2005 - Código: S1_3 (05) AR P3 254.

Para a medição dos anéis anuais de crescimento da cortiça foi utilizado o programa Corkprofile v1.3, desenvolvido pela Universidade de Évora. Este programa faz medições em imagens com resolução 254ppp em formato bmp, exportando posteriormente os valores das medições para o programa Microsoft Excel. Foram realizadas duas medições por amostra, tendo-se posteriormente calculado a média da espessura do anel referente a cada crescimento anual.

Não se consideraram os crescimentos da cortiça dos dois meios anos presentes nas amostras recolhidas, ou seja, a criação da cortiça presente na amostra referente ao restante crescimento do ano de descortiçamento e o início de crescimento da cortiça do ano da recolha da amostra, ano de 2011, visto ser uma incógnita o que essa espessura representa em termos de crescimento anual, devido a vários factores como a data do descortiçamento relativamente à época de crescimento da cortiça. Foram assim obtidas amostras com dois a cinco anéis de crescimento anual inteiros, nas amostras retiradas dos sectores a comparar (áreas ardidas e não ardidas) e oito anéis de crescimento anual inteiros nas amostras colhidas de árvores descortiçadas no ano de 2002.

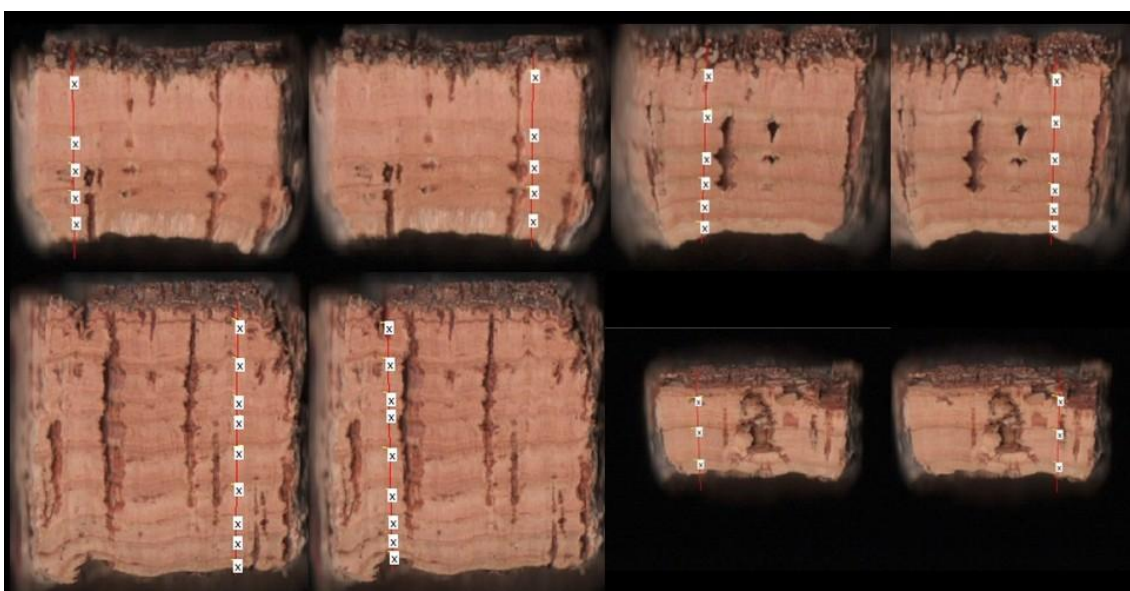


Figura 10. Exemplos das duas medições efectuadas dos crescimentos anuais em amostras de cortiça com diferente número de anos de criação.

Para cada árvore foram então recolhidos dados a 3 tipos de variáveis: o PAP, a espessura média da amostra de cortiça recolhida e as espessuras dos crescimentos anuais da cortiça.

Tabela 5. Número de amostras recolhidas para cada ano de crescimento e cada número de ordem do anel (anéis anuais de crescimento inteiros). Cada cor diz respeito à série de anos de crescimento, ou seja, a um ano de descortiçamento diferente.

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total anéis
Anéis inteiros									
1.º Anel	40			80	80	80	80		360
2.º Anel		40			80	80	80	80	360
3.º Anel			40			80	80	80	280
4.º Anel				40			80	80	200
5.º Anel					40			80	120
6.º Anel						40			40
7.º Anel							40		40
8.º Anel								40	40

Como se verifica na Tabela 5, foram recolhidas 40 amostras com 9 anos de criação, 8 anos inteiros (2003 – 2010), bem como 80 amostras de sectores com menos anos de crescimento: com 5 anéis inteiros (2006 – 2010); 4 anéis inteiros (2007 – 2010); 3 anéis inteiros (2008 – 2010), e; 2 anéis inteiros (2009 – 2010). Foram assim considerados um total de 1440 anéis inteiros, correspondendo 40 a cada ano de 2003 a 2005, 120 anéis inteiros ao ano de 2006, 200 anéis referentes ao ano de 2007, 280 anéis formados no ano de 2008 e 360 anéis criados em cada ano de 2009 e 2010. Em termos de objectividade dos dados foram recolhidos 320 espessuras de anéis do ciclo de 8 anos inteiros, descortiçamento de 2002-2011, e 1120 espessuras de anéis referentes à amostragem comparativa, com anéis inteiros de 2006 a 2010.

2.2.2.2. Variáveis por parcela

No sentido de perceber outras influências no crescimento da cortiça, foram obtidas algumas variáveis ao nível da parcela, relacionadas com as características biofísicas do local e intervenções humanas posteriores ao incêndio de 2003 que se consideraram relevantes, nomeadamente o declive, a exposição, a fertilização, o tipo de solo e a presença de surraipa. Foi também considerada a ocorrência de incêndio em 2003.

Utilizando novamente o programa Quantum GIS Wroclaw V. 1.7.2 (Team 2011), foi criado um modelo digital do terreno a partir das curvas de nível e dos pontos cotados, presentes nas cartas militares 1:25 000, série M888, elaboradas pelo Instituto Geográfico do Exército, do qual se geraram mapas de declives e de exposições, com *pixel* de 10 metros, sendo o declive medido em percentagem e a exposição em graus.

Posteriormente foram criadas zonas de continuidade, “*buffers*”, de 25 metros nos pontos centrais das parcelas de todos os sectores, tendo-se delimitado uma área com esse raio, onde se considerou que se encontram as árvores amostradas.

Cruzando os temas vectoriais (*buffers* das parcelas) com os *rasters* dos mapas gerados, foram observados os valores mais representativos por parcela para essas duas variáveis, que de seguida se converteram em classes. Foram criadas 4 classes de declives, e considerados 4 exposições, Norte, Este, Sul e Oeste.

Tabela 6. Classes definidas para o declive e a exposição das parcelas.

Classes de Declive		Classes de Exposição	
1	0 % - 5%	N	315° - 45°
2	5,1% - 10%	E	45° - 135°
3	10,1% - 15%	S	135° - 225°
4	> 15%	O	225° - 315°

Foi registada a presença de tratamentos efectuados nos anos de 2005 e 2006 através de uma adubação em toda a área ardida e em todo o sector S1-9 (onde foram recolhidas amostras em sobreiros afectados pelo fogo e noutros não atingidos pelo incêndio), tendo-se aplicado “Physalg 15” (composição: fósforo 15%, oxido de cálcio 43%, oxido de magnésio e “Maerl”) e calcário.

Esta variável foi considerada como presente em todas as parcelas dos sectores ardidos e nas parcelas da zona não ardida do sector S1-9.

Também o tipo de solo e a existência de surraipa foram incluídos nas variáveis aplicadas às parcelas. Foram utilizadas as Cartas dos Solos 28C e 32A da Série SROA/CNROA/IEADR, em formato digital, tendo-se efectuado a classificação de acordo com Cardoso *et al.* (1973). O tipo de solo mais representativo no “*buffer*” de 25 metros foi o considerado para cada ponto. Posteriormente classificou-se os tipos de solo consoante as suas características limitadoras ao desenvolvimento radicular das árvores, conforme o quadro seguinte.

Tabela 7. Número de parcelas por tipo de solo e sua classificação consoante as suas características no desenvolvimento radicular das árvores.

N.º de parcelas	Tipo de solo	Tipo de perfil	Classe de solo considerada
1	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Para-Solos Hidromórficos, de gnaisses ou rochas afins associados a rochas detríticas arenáceas	AB _t CR	Solos com características gerais susceptíveis de limitar do desenvolvimento radicular
3	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos, de Materiais Não Calcários, Normais, de gnaisses ou rochas afins Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos, de Materiais Não Calcários, Normais, de arenitos arcósicos ou arcoses	AB _t CR	
53	Solos Podzolizados - Podzóis, (Não Hidromórficos), Com Surraipa, com A2 incipiente, de ou sobre arenitos Solos Podzolizados - Podzóis, (Não Hidromórficos), Com Surraipa, com A2 incipiente, de materiais arenáceos pouco consolidados	AB _h C	
29	Solos Podzolizados - Podzóis (Não Hidromórficos), Sem Surraipa, Para-Solos Litólicos, de materiais arenáceos pouco consolidados	AB _h C	Solos de características gerais sem restrições aparentes ao desenvolvimento radicular
	Solos Litólicos, Não Húmicos, Pouco Insaturados, Normais, de gnaisses ou rochas afins	A (B) CR	
	Solos Litólicos, Não Húmicos Pouco Insaturados, Normais, de materiais arenáceos pouco consolidados (de textura arenosa a franco-arenosa)	A (B) C	
4	Litólicos, Não Húmicos, Pouco Insaturados Normais, de arenitos grosseiros	A (B) C	
	Solos Incipientes - Aluviossolos Antigos, Não Calcários, de textura ligeira Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviossolos), Não Calcários, Húmicos, de textura ligeira		

2.3. Análise dos dados

Foi criada uma base de dados com a informação relativa a cada sector, subsequentemente a cada parcela, posteriormente a cada árvore e finalmente ao anel de crescimento medido. A Tabela 8 lista as variáveis analisadas.

Foram também consideradas como variáveis as acumulações das espessuras dos anéis possíveis, pois resultam em variáveis que retratam o crescimento da cortiça ao longo de alguns anos, sendo essas variáveis menos sensíveis à variabilidade da espessura inter-anual resultante sobretudo de factores externos à planta, como a meteorologia.

Tabela 8. Variáveis utilizadas na análise estatística.

	Descrição
Variáveis independentes	
Fogo	Área afectada pelo incêndio de 2003. Variável dicotómica: Ardido / Não ardido
PAP	Perímetro à Altura do Peito (cm)
Declive	Declive mais representativo no “buffer” de 25 metros aplicado a cada ponto (4 classes: 0-5%; 5,1-10%; 10,1-15%; >15%)
Exposição	Exposição mais representativa no “buffer” de 25 metros aplicado a cada ponto (4 classes: norte; este; sul; oeste)
Fertilização	Fertilização aplicada durante os anos de 2005 e 2006. Variável dicotómica: Sim / Não
Tipo de Solo	Tipo de solo mais representativo no “buffer” de 25 metros aplicado a cada ponto. Posteriormente transformada em variável dicotómica: Solos com características gerais susceptíveis de limitar o desenvolvimento radicular / Solos com características gerais sem restrições aparentes ao desenvolvimento radicular
Surraipa	Presença de surraipa no tipo de solo mais representativo no “buffer” de 25 metros aplicado a cada ponto. Variável dicotómica: Sim / Não
Variáveis dependentes	
Espessura média da cortiça	Média das 2 medições da espessura da cortiça (mm)
Crescimento anual do anel	Média das 2 medições da espessura do anel anual de crescimento da cortiça (mm)
Acumulação dos anéis 1 e 2	Acumulação da espessura dos 2 primeiros anéis de crescimento anual inteiros (mm)
Acumulação dos anéis 1 a 3	Acumulação da espessura dos 3 primeiros anéis de crescimento anual inteiros (mm)
Acumulação dos anéis 1 a 4	Acumulação da espessura dos 4 primeiros anéis de crescimento anual inteiros (mm)
Acumulação dos anéis 1 a 5	Acumulação da espessura dos 5 primeiros anéis de crescimento anual inteiros (mm)
Acumulação dos 8 anéis	Acumulação da espessura dos 8 primeiros anéis de crescimento anual inteiros (mm)

Os dados foram posteriormente compilados e tratados através do *software* SPSS® (versão 20.0; SPSS Inc., Chicago IL).

Foi efectuada previamente uma análise estatística descritiva considerando as várias variáveis de espessura de cortiça, considerando em primeiro lugar a amostragem global efectuada, depois apenas considerando as amostras relativas ao ciclo de

descortiçamento de 9 anos e finalmente só os dados da amostragem comparativa entre sectores ardidos e não ardidos.

No sentido analisar o comportamento de várias variáveis relacionadas com a criação da cortiça, perante os vários factores, foram efectuadas duas análises distintas, uma análise de variância e uma análise hierárquica através de modelos lineares generalizados mistos.

Sendo este um trabalho de carácter académico, considerou-se a análise através das duas abordagens distintas, essencialmente por três razões, (i) o exercício estatístico de duas formas que se consideram adequadas para a análise das variáveis presentes, (ii) a observação comparativa da forma como as variáveis se comportam nas duas abordagens e (iii) a exigência considerada necessária para a confirmação dos resultados.

2.3.1 Análise de Variância

Inicialmente foi efectuada uma análise clássica, de variância, considerando como variáveis dependentes a espessura do anel individualmente e a espessura acumulada dos dois primeiros anéis inteiros das amostras comparativas, tendo-se para esse efeito um volume de dados amostrados que se entendeu representativo (N=1120 e N=320, respectivamente). Foi considerado para esta análise o efeito de apenas alguns factores: declive; exposição; e efeito do fogo anteriormente ao último descortiçamento, no sentido de simplificar a análise, evitando as múltiplas interações entre os factores que podem confundir os efeitos dos factores de estudo (Marôco, 2011). O declive e a exposição são variáveis recolhidas ao nível do ponto de localização das árvores e o fogo ao nível do sector descortiado.

Para avaliar se os factores considerados afectavam significativamente a espessura do anel anual da cortiça utilizou-se uma ANOVA *factorial* (três factores independentes), tratando-se de um caso particular de uma metodologia de análise de regressão multivariada (Marôco, 2011). O modelo de análise de variância testado considerou os efeitos principais, tendo-se incluído a intercepção no modelo. Considerou-se também o teste *post-hoc* HSD de Tukey para a realização de comparações múltiplas para os factores declive e exposição, indicado por Marôco (2011), como dos mais potentes e robustos aos desvios à normalidade e homogeneidade das variâncias para amostras grandes. Foi ainda calculada a potência do teste.

Utilizou-se para a análise da espessura do anel individualmente os dados referentes aos sectores em que todas as variáveis tinham valores comparáveis (N=1120), tendo-se agrupado os dados por ano de descortiçamento "*Harvest*" e subsequentemente por número de ordem do anel de crescimento inteiro "*Ring_order*".

Para verificar a distribuição da variável dependente, a espessura do anel anual da cortiça (*Growth_ring_width*), utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, considerando todas as variáveis inseridas na ANOVA, tendo-se verificado que das 140 combinações do teste (n=80), em apenas 7 (5%), a variável não segue uma distribuição normal.

Ainda que a variável dependente não apresente distribuição normal para todas as combinações, considerou-se que a ANOVA é robusta à violação da normalidade quando os valores de assimetria (*Skewness*) e de achatamento (*Kurtosis*) não são muito elevados (Marôco, 2011), considerando-se para isso os valores indicados por Kline (1998), $sk < 3$ e $ks < 7$, o que nesta análise se verifica.

Para testar a homocedasticidade das variáveis foi efectuado o teste de Levene para todas as possibilidades factoriais, o que nesta análise se verifica.

Na análise de variância consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujos *p-value* fosse inferior ou igual 0,05.

No sentido de melhor considerar os resultados foi também analisada a potência do teste, que foi dada por $1-\beta$, onde β é a probabilidade de cometer um erro tipo II (não rejeitar H_0 quando H_0 é falsa). Embora muitos dos trabalhos de investigação consultados apresentem geralmente potências de teste que variam entre os 0,20 e 0,50 na detecção de efeitos de dimensão pequena a moderada (Mone et al., 1996; Sedlmeier e Gigerenzer, 1989), o que Marôco (2011) considera manifestamente insuficiente para detectar efeitos estatisticamente significativos, foi seguida a consideração desse autor que para valores $< 0,8$ os resultados negativos devem ser interpretados com precaução.

Para estimar os efeitos do fogo, do declive e da exposição na espessura da cortiça durante um período de tempo um pouco maior, dois anos, sendo a variável dependente menos sensível às oscilações anuais em termos climáticos e a outros factores ambientais que possam ser causadores de instabilidade no crescimento anual da cortiça, efectuou-se a novamente uma análise de variância através da ANOVA, considerando agora como variável dependente a espessura acumulada da cortiça durante os dois primeiros anos completos após o descortiçamento, tendo um número de valores válidos da amostragem efectuada com alguma representatividade (N=320), seguindo para a análise, de um modo geral, o indicado por Marôco (2011).

Neste teste considerou-se os mesmos factores fixos e os pressupostos presentes anteriormente. O pressuposto da distribuição normal da variável “*accu_ring1_2*” foi avaliado também pelo teste Kolmogorov-Smirnov nos diferentes grupos definidos, observando-se que das 40 combinações do teste (n=80), em apenas 2 (4%) a variável não segue uma distribuição normal. Ainda assim, considerou-se novamente que a ANOVA é robusta à violação da normalidade quando os valores de assimetria e de achatamento se encontram abaixo dos valores indicados por Kline (1998), $sk < 3$ e $ks < 7$, o que neste caso também se verifica.

A homogeneidade de variância foi também validada com o teste de Levene considerando todas as possibilidades factoriais.

Na análise de variância também se consideraram estatisticamente significativos os efeitos cujos *p-value* fosse inferior ou igual 0,05. Tendo-se analisado da mesma forma a potência do teste.

2.3.2. Modelos Lineares Generalizados Mistos

De entre os inúmeros factores que parecem influenciar a espessura da cortiça podemos mencionar a variabilidade genética (Ferreira et al., 2000), a qualidade do local de proveniência (Montero, 1987; Montoya, 1988), factores do povoamento e da própria árvore (Cañellas et al., 2000), bem como factores inerentes ao descortiçamento (Montero e Vallejo, 1992; Natividade, 1950). Devido ao facto de muitos destes factores não serem facilmente controlados durante a modelação da espessura de cortiça, os modelos estocásticos parecem proporcionar a forma mais adequada, especialmente durante as primeiras fases de modelação (Kyriakidis e Journal, 1999).

Como os dados foram obtidos numa estrutura de vários níveis, foi efectuada uma abordagem de modelação hierárquica, que permite analisar as variáveis considerando essa estrutura e que admite a violação da assunção de continuidade e de normalidade das variáveis dependentes, bem como permite avaliar relações não lineares entre a variável dependente e os preditores através das funções *Link* (Marôco, 2011).

Os dados da espessura de cortiça são normalmente obtidos por folha de descortiçamento, de árvores inerentes a parcelas. Esta estrutura hierárquica favorece o uso de uma abordagem linear mista de vários níveis. A abordagem de modelo misto foi proposto por Vázquez (2002) para modelar o peso da cortiça por árvore.

No sentido de avaliar a significância dos vários factores analisados na estatística descritiva, agora como preditores da espessura da cortiça, foram utilizados Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM), com uma distribuição Gamma, considerando um *design* aninhado (*nested*) com o seguinte arranjo hierárquico: o nível da árvore (nível 1), da parcela (nível 2) e do ano de descortiçamento do qual resulta a espessura da cortiça amostrada (nível 3). Para execução do modelo foi utilizado novamente o *software* SPSS® (versão 20.0; SPSS Inc., Chicago IL), seguindo de um modo geral o indicado por Marôco (2011).

Foram utilizadas, nos vários modelos, como variáveis dependentes: a espessura total da amostra de cortiça; a espessura acumulada dos 2 primeiros anéis anuais inteiros; a espessura acumulada dos 3 primeiros anéis anuais inteiros; e a espessura de cada anel anual inteiro individualmente. Não se inserindo outras variáveis dependentes visto que o número de amostras para essas variáveis se tornava reduzido.

A regeneração da cortiça após o descortiçamento foi examinada relativamente a diferentes variáveis explicativas que foram amostradas ao nível da árvore (PAP), ao nível do ponto (Exposição, Declive, Fertilização, Tipo de Solo, e existência de Surraipa) e ao nível do ano de descortiçamento (Fogo – sector afectado, ou não, pelo incêndio de 2003). Como efeitos aleatórios consideram-se o ano de descortiçamento “*Harvest*” e a interacção entre o ano de descortiçamento e ponto de localização das árvores “*Harvest x Plot*”.

Para encontrar modelos mais parcimoniosos, utilizando uma distribuição *Gamma* para a modelação com função de ligação *Log*, começou-se com o GLMM incluindo todos os preditores. Posteriormente evoluiu-se para modelos de complexidade decrescente

(estratégia *backward*), para finalmente seleccionar as variáveis independentes mais importantes (Marôco, 2011). A selecção das variáveis a retirar do modelo foi efectuada a cada passo, tendo como indicador a significância de cada uma, ou seja, o valor mais elevado de valor *Sig.*, chegando-se assim ao modelo final em que todas as variáveis consideradas no modelo são significativas (*Sig.*<0,05).

Para verificar a melhoria do ajustamento do modelo considerou-se o valor de *-2 Log Pseudo Likelihood* dado pelo modelo.

3. Resultados

3.1. Estatística descritiva

Para caracterizar a amostra, nas suas várias componentes, foi efectuada uma análise descritiva das diferentes variáveis observadas. Apresenta-se em primeiro lugar uma descrição da distribuição dos valores das variáveis considerando a amostragem global, onde se inserem os dados das amostras referentes ao descortiçamento com o ciclo de 9 anos, como também o das amostras comparativas (360 árvores), sendo depois feita a descrição das amostras do ciclo de descortiçamento (40 árvores) e finalmente apenas considerando as amostras dos sectores comparativos (320 sobreiros).

3.1.1. Amostragem global

Pela análise da Tabela 9, considerando todas as árvores amostradas, verifica-se que estas se localizavam maioritariamente em terreno com declive inferior a 10% (71,1%, 256 sobreiros), tendo-se constatado que a exposição do terreno predominante era Este (35,6%, 128 sobreiros), sendo menos comum em encostas expostas a Norte (12,2%, 44 sobreiros).

Tabela 9. Tabela de frequências de árvores em função do declive e da exposição.

Variável	Classe	Frequência	Percentagem	Percentagem acumulada
Declive	0% - 5%	156	43,3	43,3
	5,1% - 10%	100	27,8	71,1
	10,1% - 15%	52	14,4	85,6
	>15%	52	14,4	100,0
	Total		360	100,0
Exposição	N	44	12,2	12,2
	E	128	35,6	47,8
	S	80	22,2	70,0
	W	108	30,0	100,0
	Total		360	100,0

Foram alvo de fertilização nos anos de 2005 e 2006, 240 sobreiros, ou seja 66,7% dos sobreiros amostrados, como se verifica na Figura 11. Relativamente ao tipo de solos obteve-se com mais frequência a presença dos sobreiros em solos com características limitativas ao desenvolvimento radicular das plantas (63,3%, 228 sobreiros), bem como uma presença maioritária de surraipa no tipo de solos existente na área das árvores amostradas (58,9%, 212 sobreiros).

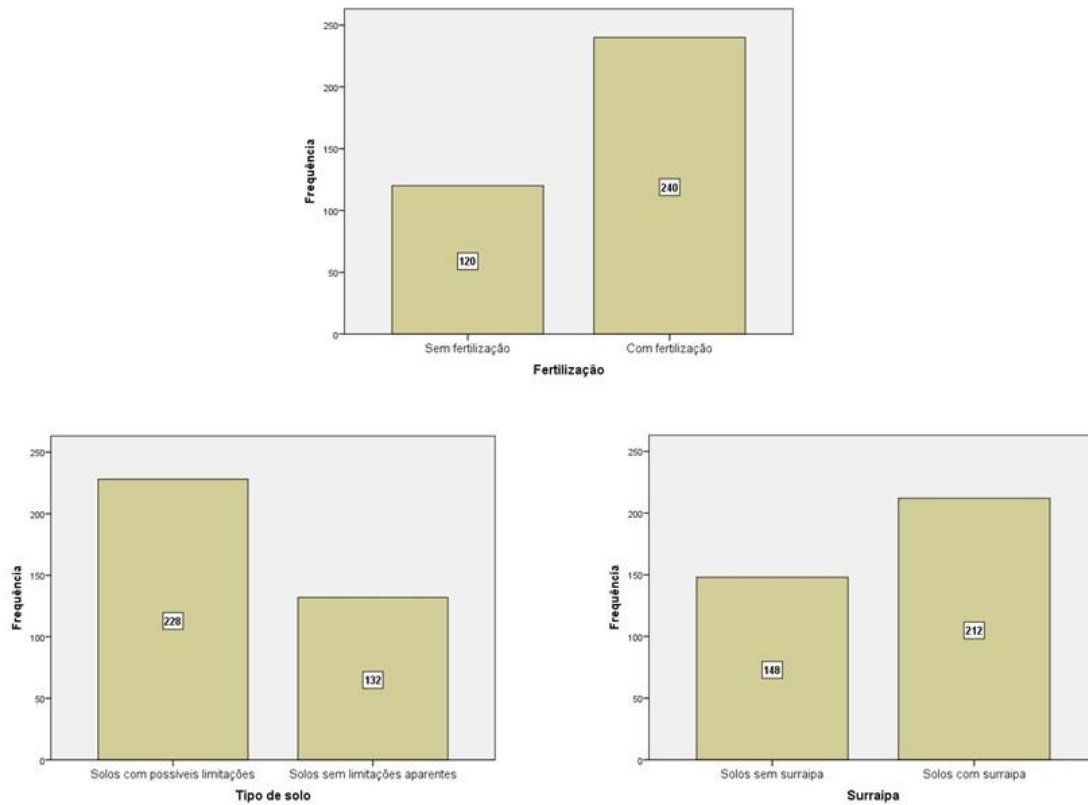


Figura 11. Distribuição de frequências de árvores alvo de fertilização em 2005 e 2006, por tipo de solo e em função da existência de surraipa no solo (n=360).

O PAP médio das árvores amostradas foi de 135,014cm, tendo variado de 65cm a 298cm. A Tabela 10 resume os resultados obtidos relativos ao total das árvores amostradas.

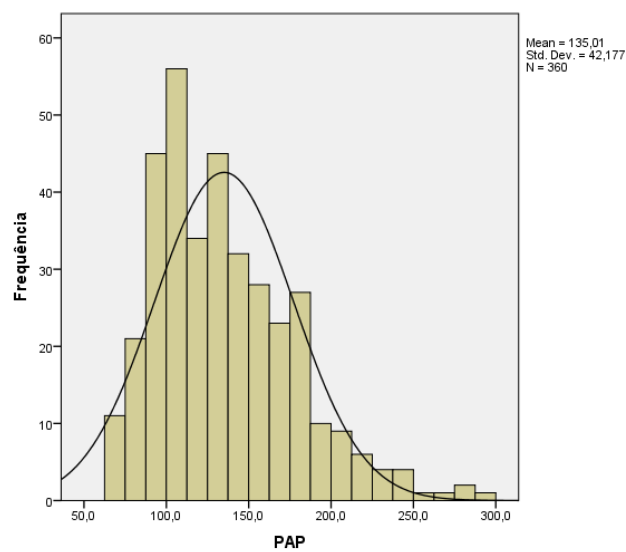


Figura 12. Distribuição de frequências de perímetro à altura do peito dos 360 sobreiros amostrados, ilustrada com uma curva de normalidade (n=360).

Relativamente à espessura média da cortiça medida, foram amostradas 40 árvores com um total de 9 anos de criação (sector descortiçado em 2002, não ardido) e 80 árvores com um total de 6, 5, 4 e 3 anos, sectores descortiçados respectivamente em 2005, 2006, 2007 e 2008, respectivamente, tendo 40 destas árvores sido afectadas pelo incêndio de 2003, sendo os valores da espessura das amostras obtido descrito na tabela que se segue.

Tabela 10. Algumas variáveis descritivas das árvores caracterizadas.

Variável	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
PAP (cm)	360	65,000	298,000	135,014	42,177
Espessura da cortiça com 9 anos de criação (mm)	40	18,550	40,630	25,111	4,638
Espessura da cortiça com 6 anos de criação (mm)	80	10,485	37,525	23,853	5,490
Espessura da cortiça com 5 anos de criação (mm)	80	11,805	28,750	18,850	3,763
Espessura da cortiça com 4 anos de criação (mm)	80	7,400	26,030	15,613	3,577
Espessura da cortiça com 3 anos de criação (mm)	80	7,270	21,235	13,737	2,789

Pode-se observar a pequena diferença de espessura média entre cortiça com 9 anos de criação (n=40) e com apenas 6 anos (n=80), sendo de 25,111mm e 23,853mm, respectivamente, verificando-se uma diminuição da espessura média da cortiça até aos 13,737mm em cortiça com 3 anos de criação (n=80).

Relativamente aos dados obtidos da medição dos anéis anuais de crescimento da cortiça, recolhida dos vários sectores, verifica-se que a média da espessura do 1.º anel é a mais elevada (3,632; n=360), observando-se que esse parâmetro diminui tendencialmente até ao 8.º anel (1,442; n=40), como se observa na Tabela 11.

Tabela 11. Estatística descritiva relativa à espessura dos anéis de crescimento de 1.ª a 8.ª ordem.

Variável	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
Espessura do 1.º anel de crescimento inteiro (mm)	360	0,953	8,150	3,632	1,302
Espessura do 2.º anel de crescimento inteiro (mm)	360	1,200	8,052	3,450	1,212
Espessura do 3.º anel de crescimento (mm)	280	0,650	6,300	2,720	0,991
Espessura do 4.º anel de crescimento inteiro (mm)	200	0,704	10,851	2,650	1,092
Espessura do 5.º anel de crescimento inteiro (mm)	120	0,600	5,102	2,454	0,912
Espessura do 6.º anel de crescimento inteiro (mm)	40	0,850	4,301	2,389	0,751
Espessura do 7.º anel de crescimento inteiro (mm)	40	0,500	2,851	1,670	0,539
Espessura do 8.º anel de crescimento inteiro (mm)	40	0,250	2,651	1,442	0,491

Observando o diagrama de extremos e quartis, na Figura 13, verifica-se que a mediana nem sempre segue a tendência da média, observando-se também alguns “outliers”, principalmente no 2.º e 3.º anel de crescimento, constatando-se ainda presença de alguns valores “extremos” no 4.º anel de crescimento.

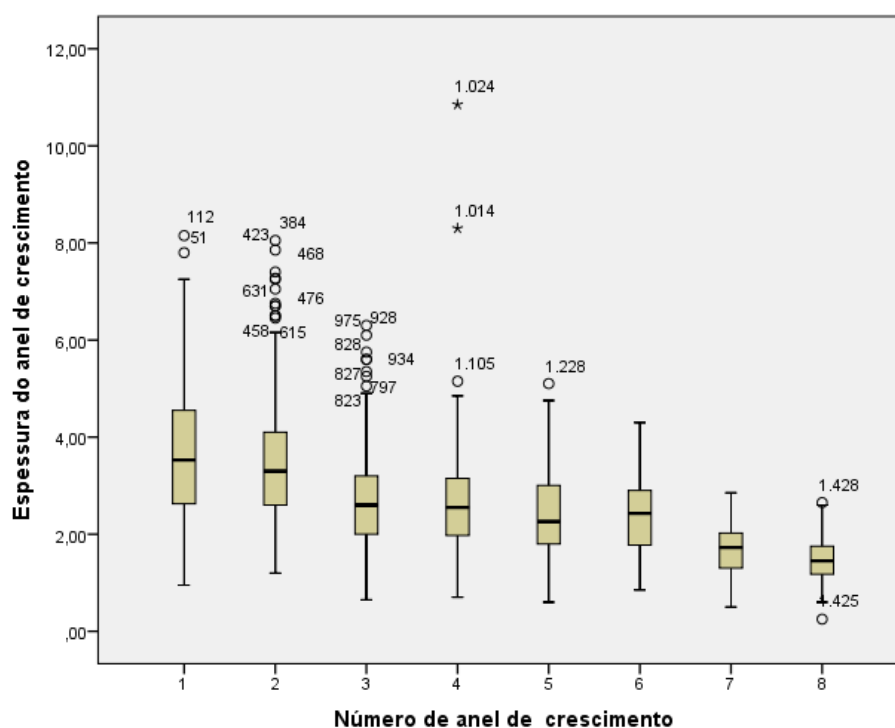


Figura 13. Diagrama de extremos e quartis da espessura dos anéis de crescimento anual observados (o – outliers; * - extremos; n=1440).

Considerando de seguida a acumulação da espessura dos anéis de crescimento observados nas amostras dos vários sectores obtém-se os valores que se apresentam na Tabela 12.

Tabela 12. Estatística descritiva relativa à espessura acumulada de anéis de crescimento inteiros.

Variável	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
Espessura acumulada dos anéis inteiros 1 e 2 (mm)	360	2,552	13,642	7,082	2,136
Espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 3 (mm)	280	4,400	18,605	9,782	2,772
Espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 4 (mm)	200	5,650	23,353	12,484	3,417
Espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 5 (mm)	120	6,606	27,704	15,378	4,167
Espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 8 (mm)	40	13,652	35,706	19,821	4,479

Os parâmetros descritivos da espessura acumulada dos anéis aumentam em função do número de anéis considerados, excepto o número de árvores amostradas devido à amostragem efectuada. A média da espessura dos dois primeiros anéis é de aproximadamente 7mm (n=360) e a média da espessura dos 8 anéis de cerca de 20mm (n=40). Pode-se observar também que a média da espessura acumulada nos primeiros 4 anos (12,484; n=200) é superior a metade da média da espessura acumulada nos primeiros 8 anos (19,821; n=40).

3.1.2. Amostragem para um ciclo de descortiçamento de 9 anos

Considerando apenas os dados do sector descortiçado em 2002, obtém-se informação de cortiça com 9 anos criação, o ciclo de descortiçamento geralmente efectuado em Portugal, embora existam também proprietários a optar por ciclos de 10 anos devido ao baixo calibre da cortiça. Os dados são referentes a 40 árvores amostradas, obtendo-se valores de 8 anéis anuais inteiros. O sector onde se encontram as árvores amostradas foi alvo da fertilização durante os anos de 2005 ou 2006. Na Tabela 13 apresenta-se a frequência que se observou para as várias classes relativamente às variáveis: declive; exposição; tipo de solo; e presença de surraipa.

Tabela 13. Tabela de frequências de árvores amostradas com descortiçamento em 2002 em função do declive, da exposição, dos tipos de solo e da presença de surraipa.

Variável	Classe	Frequência	Percentagem	Percentagem acumulada
Declive	0% - 5%	32	80	80
	5,1% - 10%	8	20	100
	<i>Total</i>	40	100	
Exposição	N	4	10	10
	E	16	40	50
	S	16	40	90
	W	4	10	100
	<i>Total</i>	40	100	
Tipo de solo	Com limitações	36	90	90
	Sem limitações	4	10	100
	<i>Total</i>	40	100	
Surraipa	Com surraipa	36	90	90
	Sem surraipa	4	10	100
	<i>Total</i>	40	100	

As árvores amostradas encontravam-se maioritariamente em terreno que se pode considerar plano, $\leq 5\%$ (80%; 32 sobreiros), estando os restantes 8 sobreiros entre os 5,1% e os 10%. Em termos de exposição observou-se um maior número de árvores expostas a Este e a Sul (80%; $n = 32 - 16$ sobreiros para cada exposição). Em termos de tipos de solo, os sobreiros encontram-se de um modo geral em solos com possíveis limitações ao desenvolvimento radicular (90%; 36 sobreiros), verificando-se a mesma situação com a presença de surraipa no solo.

Tabela 14. Estatística descritiva relativa às árvores amostradas com descortiçamento em 2002, em função do PAP, da espessura da cortiça com 9 anos de criação e da espessura acumulada dos anéis de crescimento inteiros de 1.^a a 8.^a ordem.

Variável	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
PAP (cm)	40	103,000	298,000	149,050	37,369
Espessura média da cortiça com 9 anos de criação (mm)	40	18,550	40,630	25,111	4,638
Espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 8 (mm)	40	13,652	35,706	19,821	4,479

Pela análise da Tabela 14 constata-se que a média do perímetro à altura do peito das árvores amostradas é muito próximo do metro e meio (149,050cm; n=40), sendo a espessura média da cortiça de cerca de 2,5cm (25,111mm; n=40).

A espessura média dos 8 anéis internos é de 19,821mm (n=40), o que indica, se subtrairmos este valor à espessura média da amostra da cortiça (25,111mm; n=40), que os dois meios anos e a raspa da cortiça representam em média 5,290mm, o que é um valor superior à espessura de qualquer anel inteiro.

Relativamente à espessura dos anéis de crescimento anual individualmente, o anel do 2.º ano inteiro, correspondente ao ano de 2004, é aquele que tem maior valor médio (3,357mm; n=40), muito próximo da espessura média do anel do 1.º ano, ano de 2003 (3,325mm; n=40). Posteriormente observa-se uma queda desse valor na espessura média do 3.º ano, o ano de 2005 (1,810mm; n=40), embora no ano seguinte, 4.º anel e ano de 2006, o valor seja superior à espessura do anterior. Posteriormente a média da espessura dos anéis anuais vai tendencialmente decrescendo até à espessura média do 8.º anel de crescimento completo, ano de 2010 (1,442mm; n=40).

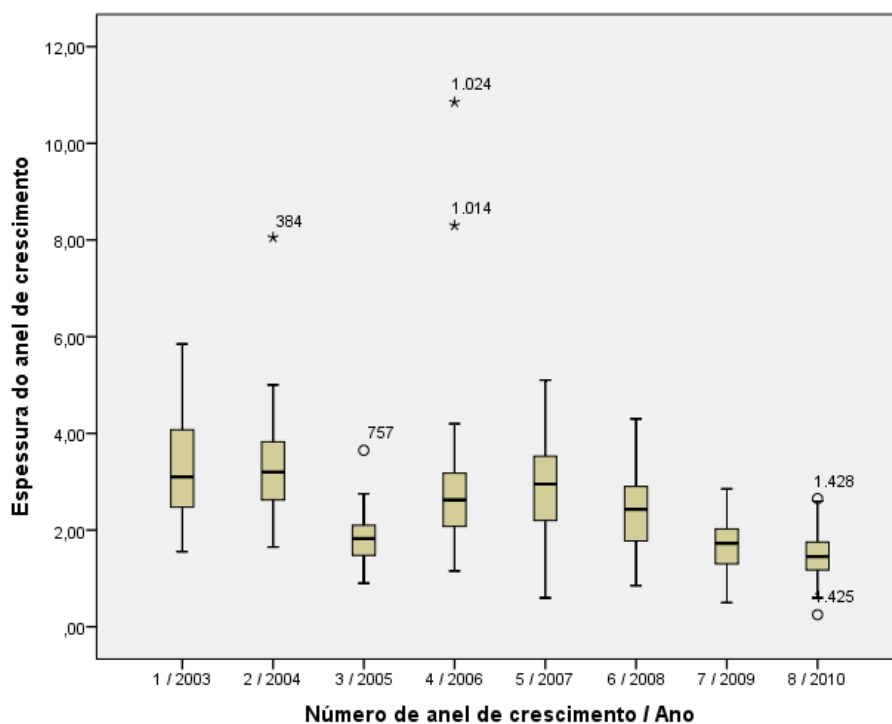


Figura 14. Diagrama de extremos e quartis da espessura dos anéis de crescimento anual observados nas amostras de cortiça com 9 anos de criação (o – outliers; * - extremos; n=320).

No diagrama de extremos e quartis da Figura 14, visualiza-se uma tendência de diminuição da espessura dos anéis de crescimento anuais, existindo algumas oscilações, realçando-se a irregularidade do 3.º anel anual, correspondente ao ano de 2005. Existem também alguns valores “outliers” e “extremos”.

3.1.3. Amostragem comparativa em função da afectação pelo fogo

Considerando apenas os dados das árvores amostradas com descortiçamento nos anos de 2005, 2006, 2007 e 2008, obtém-se valores tanto de zonas ardidas em 2003 (n=40, para cada caso), como de árvores não afectadas por incêndio nos últimos anos (n=40, também para cada caso).

Analisam-se em seguida, na Tabela 15, as amostras em função da sujeição ao fogo, estratificando em sectores ardido e não ardido.

Tabela 15. Tabela de frequências de árvores amostradas em zonas ardidas e não ardidas em função do declive, da exposição, da fertilização, dos tipos de solo e da presença de surraipa.

Variável	Classe	Não ardido		Ardido	
		n	%	n	%
Declive	0% - 5%	68	42,5	56	35
	5,1% - 10%	36	22,5	56	35
	10,1% - 15%	20	12,5	32	20
	>15%	36	22,5	16	10
	<i>Total</i>	160	100	160	100
Exposição	N	24	15	16	10
	E	72	45	40	25
	S	28	17,5	36	22,5
	W	36	22,5	68	42,5
	<i>Total</i>	160	100	160	100
Fertilização	Sem fertilização	120	75	0	0
	Com fertilização	40	25	160	100
	<i>Total</i>	160	100	160	100
Tipos de solo	Com limitações	92	57,5	100	62,5
	Sem limitações	68	42,5	60	37,5
	<i>Total</i>	160	100	160	100
Surraipa	Com surraipa	88	55	88	55
	Sem surraipa	72	45	72	45
	<i>Total</i>	160	100	160	100

Em termos de declive verifica-se que nas zonas não ardidas a classe mais representativa é a de 0% - 5% (42,5%; n=68), sendo que 65% das árvores amostradas (n=104) se encontram em declives <10%. Nas áreas ardidas em 2003, tanto para a classe de 0% - 5% como para a de 5,1% - 10%, observa-se 35% das árvores amostradas (n=56), o que perfaz 70% das árvores nas duas primeiras classes. Existem amostras distribuídas pelas 4 classes.

A morfologia do terreno na área não ardida tem maior exposição Este (45%; n=72). As árvores que foram afectadas pelo incêndio encontram-se mais representadas em locais expostos a Oeste (42,5%; n=68), existindo nos dois casos árvores um pouco por todas as classes de exposição.

Toda a área ardida foi alvo de fertilização, sendo que na área não ardida apenas 25% das árvores (n=40) tiveram essa intervenção, correspondendo aos sobreiros presentes no sector com descortiçamento no ano de 2007.

Os tipos de solos distribuem-se de forma mais ou menos semelhante nas duas situações, com limitações em 57,5% (n=92) das árvores dos sectores não ardidos e 62,5% (n=100) dos sobreiros afectados pelo fogo. Quanto à presença de surraipa tem-se valores idênticos para ambas as situações, 88 árvores encontram-se em solos com presença de surraipa, ou seja, 55%.

Pela análise da Tabela 16 constata-se que o PAP das árvores consideradas é em média um pouco superior nas árvores presentes em zonas não ardidas (139,963cm; n=160) relativamente às das zonas ardidas (126,556cm; n=160).

Tabela 16. Estatística descritiva relativa às árvores amostradas em zonas ardidas e não ardidas, em função do PAP.

PAP (cm)	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
Não ardido	160	74,000	284,000	139,963	44,967
Ardido	160	65,000	279,000	126,556	38,804

Na Figura 15 observam-se os resultados obtidos para a espessura acumulada dos anéis inteiros, comparando a área ardida com a não ardida.

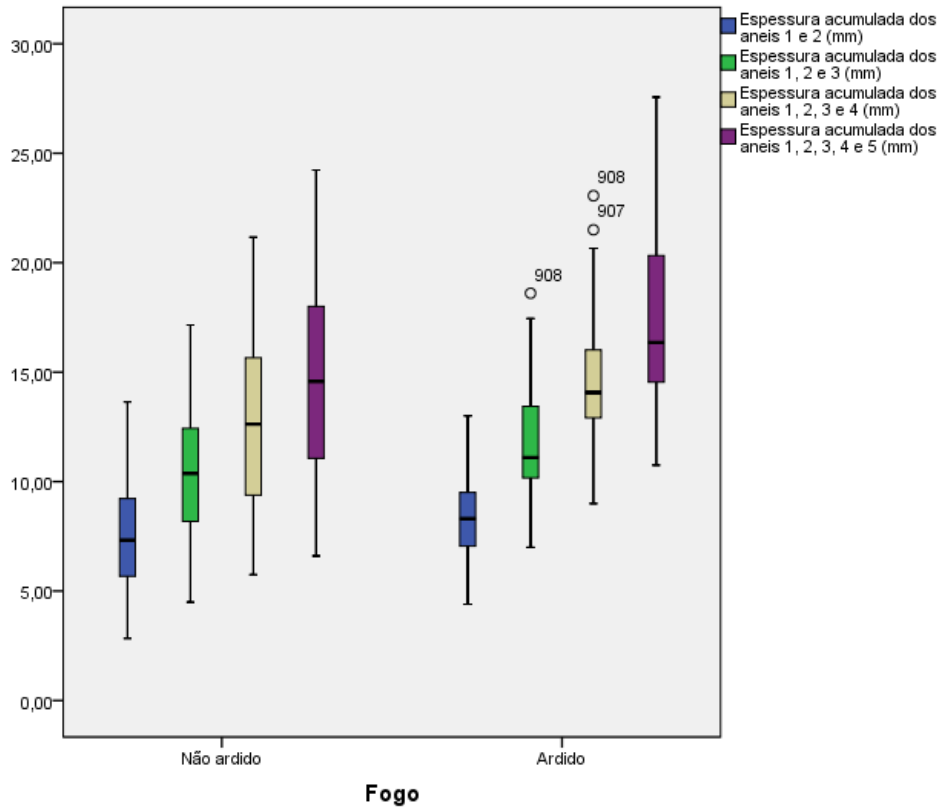


Figura 15. Diagrama de extremos e quartis da espessura acumulada dos vários anéis inteiros medidos (mm), de amostras recolhidas em zonas não ardidas e ardidas (o – outliers; n=320).

O valor da média da espessura acumulada dos vários anéis é sempre superior, em termos comparativos, nas amostras obtidas nos sectores atingidos pelo incêndio de 2003 (n=40; 8,597 vs 7,599; 11,762 vs 10,315; 14,631 vs 12,712; 17,102 vs 14,713 (mm); espessura acumulada dos anéis inteiros 1 e 2, 1 a 3, 1 a 4 e 1 a 5, respectivamente).

Em seguida apresentam-se, nas figuras 16 a 19, a comparação da espessura acumulada dos vários anéis medidos, em função de ser sector ardido ou não ardido, mas diferenciando por ano de descortiçamento.

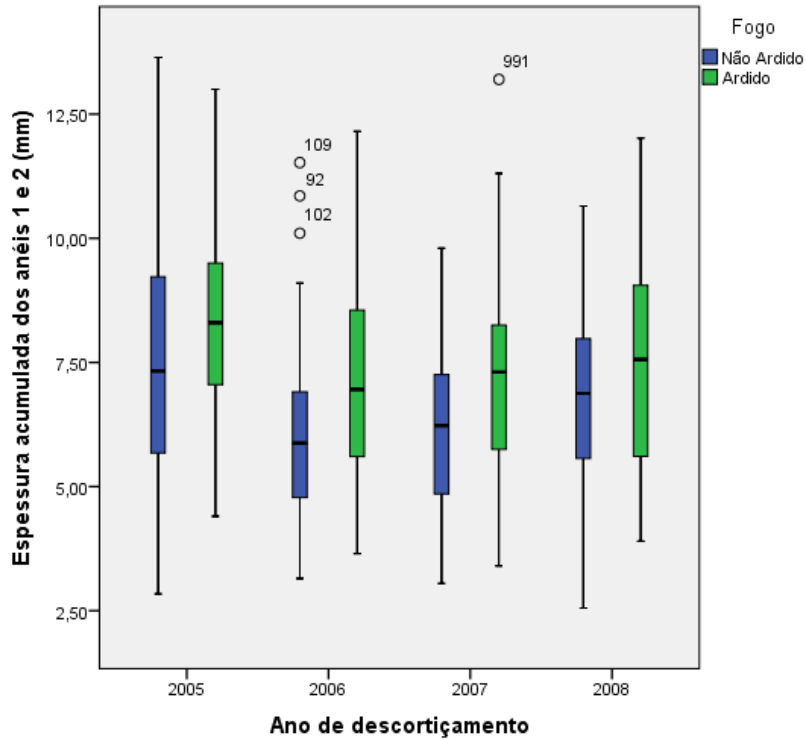


Figura 16. Diagrama de extremos e quartis da espessura acumulada dos anéis inteiros 1 e 2, de amostras recolhidas em zonas não ardidas e ardidas, por ano de descortiçamento (o – outliers; n=320).

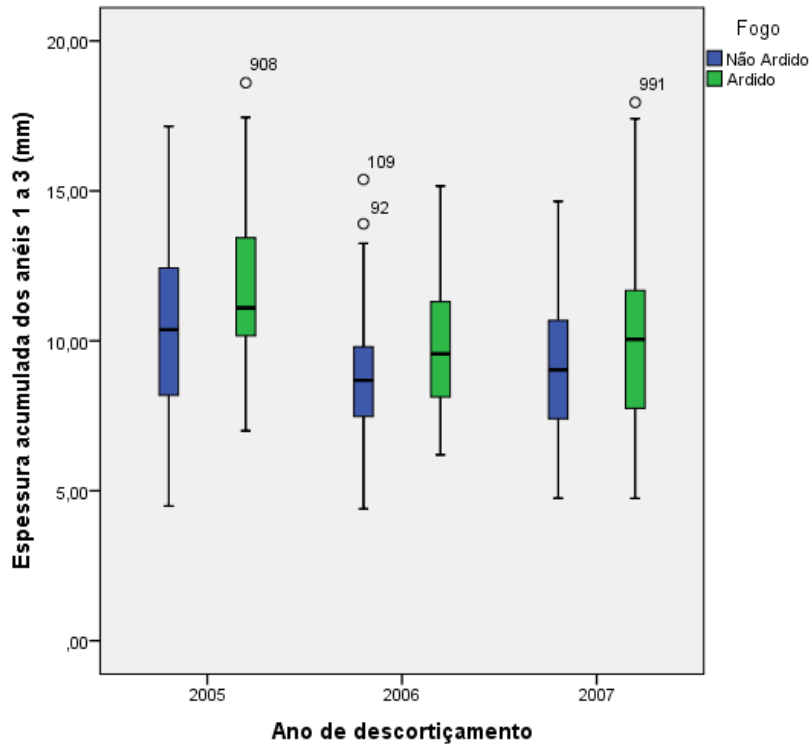


Figura 17. Diagrama de extremos e quartis da espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 3, de amostras recolhidas em zonas não ardidas e ardidas, por ano de descortiçamento (o – outliers; n=240).

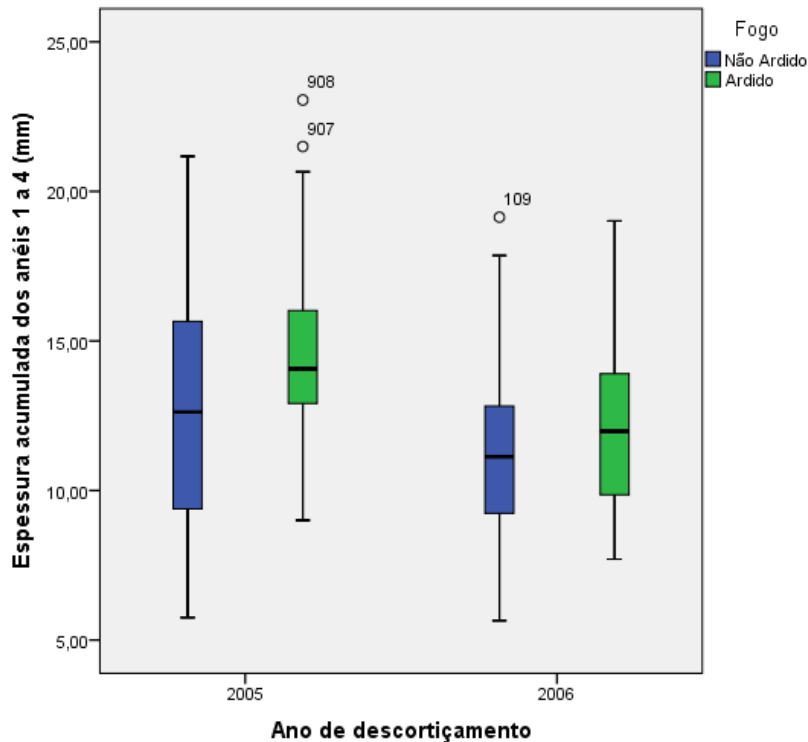


Figura 18. Diagrama de extremos e quartis da espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 4, de amostras recolhidas em zonas não ardidas e ardidas, por ano de descortiçamento (o – outliers; n=160).

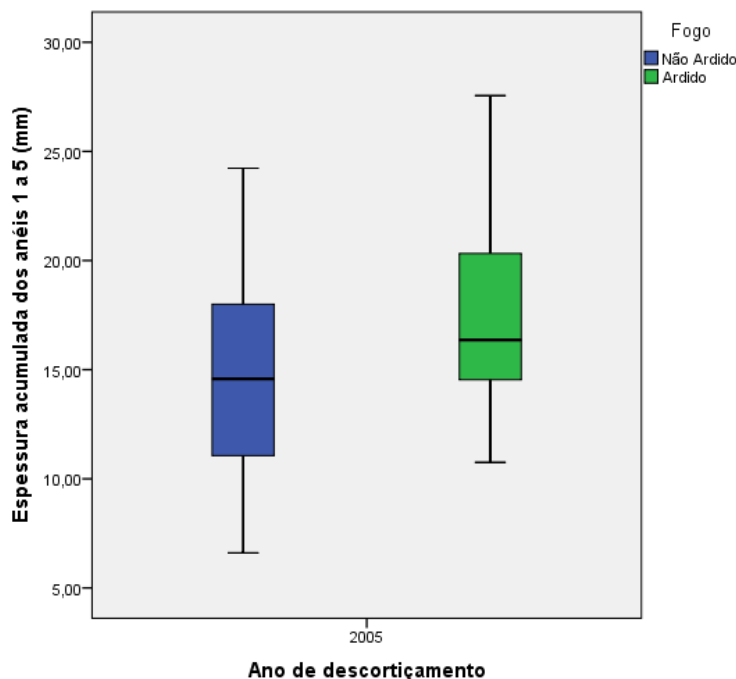


Figura 19. Diagrama de extremos e quartis da espessura acumulada dos anéis inteiros 1 a 5, de amostras recolhidas em zonas não ardidas e ardidas, por ano de descortiçamento (o – outliers; n=80).

Ao se observarem a figuras anteriores, também se verifica que em todos os casos são maiores os valores resultantes de amostras de árvores afectadas pelo fogo, inclusivamente nas amostras referentes ao descortiçamento no ano 2007, onde foi

efectuada fertilização em ambos os casos, como se pode observar nos diagramas das figuras 16 e 17.

Considerando os valores dos crescimentos dos anéis individualmente, confrontando as amostras em função da influência do fogo, apresenta-se na Tabela 17.

Tabela 17. Estatística descritiva relativa às árvores amostradas em zonas ardidas e não ardidas, em função da espessura dos anéis de crescimento de 1.^a a 5.^a ordem.

Variável	n	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
Não ardido					
Espessura do 1. ^o anel de crescimento inteiro (mm)	160	0,953	7,800	3,351	1,330
Espessura do 2. ^o anel de crescimento inteiro (mm)	160	1,200	7,855	3,273	1,148
Espessura do 3. ^o anel de crescimento (mm)	120	1,003	5,751	2,820	0,925
Espessura do 4. ^o anel de crescimento inteiro (mm)	80	0,704	4,605	2,508	0,898
Espessura do 5. ^o anel de crescimento inteiro (mm)	40	0,620	3,551	2,001	0,625
Ardido					
Espessura do 1. ^o anel de crescimento inteiro (mm)	160	1,502	8,150	3,989	1,233
Espessura do 2. ^o anel de crescimento inteiro (mm)	160	1,450	7,402	3,651	1,277
Espessura do 3. ^o anel de crescimento (mm)	120	0,650	6,300	2,923	1,012
Espessura do 4. ^o anel de crescimento inteiro (mm)	80	1,103	5,151	2,649	0,838
Espessura do 5. ^o anel de crescimento inteiro (mm)	40	1,254	4,754	2,471	0,834

Em ambos os casos o 1.^o anel de crescimento inteiro é aquele que tem maior espessura média (Não ardido: 3,351mm; n=160 – Ardido: 3,989mm; n=160), sendo o mais estreito o 5.^o anel e último das medições efectuadas (Não ardido: 2,001mm; n=40 – Ardido: 2,471mm; n=40). Em todas as espessuras médias observadas, os valores obtidos foram sempre inferiores para amostras oriundas de área não ardida relativamente às obtidas de amostras de sectores afectados pelo incêndio.

Finalmente, no sentido de observar os valores da espessura média de cada número de ordem de anel de crescimento anual inteiro, mas apresentados pelos vários anos de calendário e considerando conjuntamente as zonas ardidas e não ardidas, agruparam-se os dados pelo número de ordem do anel, do que resultou os valores descritivos da variável que se apresentam nas figuras que se seguem.

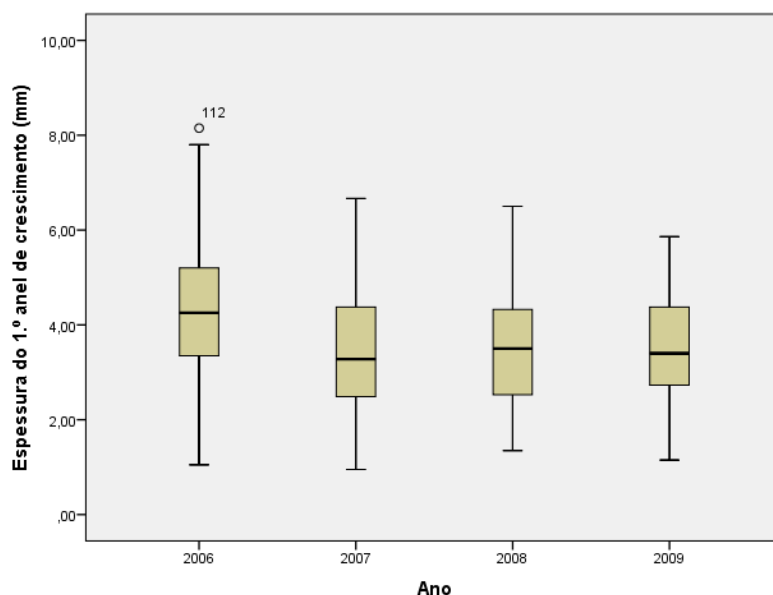


Figura 20. Diagrama de extremos e quartis da espessura do 1.º anel de crescimento, consoante o ano em que este se desenvolveu (o – outliers; n=320).

Como se observa no diagrama da Figura 20, a espessura do 1.º anel inteiro tem maior média no crescimento do ano de 2006, com o valor da média de 4,278mm (n=80). Nos outros anos, 2007 a 2009, o valor médio da espessura é de um modo geral muito similar, na ordem dos 3,45mm. O valor médio obtido das amostras referentes ao ano de descortiçamento de 2002, apenas de árvores não afectadas pelo fogo, ou seja, o anel inteiro do ano de 2003, foi de 3,325mm (n=40).

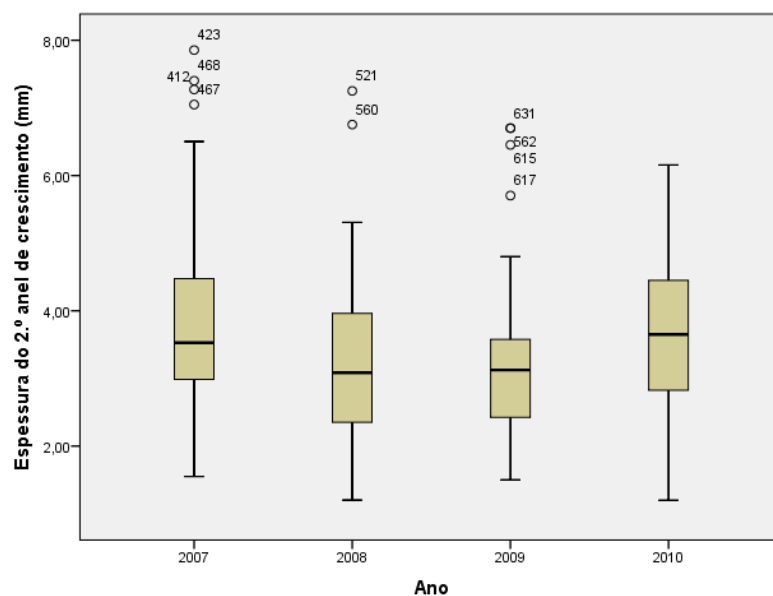


Figura 21. Diagrama de extremos e quartis da espessura do 2.º anel de crescimento, consoante o ano em que este se desenvolveu (o – outliers; n=320).

Existindo observações referentes aos anos de 2007 a 2010 para a espessura do 2.º anel de crescimento inteiro, obtiveram-se os valores médios superiores nos anos de

2007 e 2010, com valores médios de 3,820mm (n=80) e de 3,670mm (n=80), respectivamente, sendo a média mais baixa desses anos obtida para o ano de 2009 (3,154mm; n=80). O valor médio da espessura do 2.º anel das 40 amostras referentes ao descortiçamento 2002, com um ciclo de nove anos de criação, referente ao ano 2004, recolhidas apenas em área não ardida foi de 3,357mm.

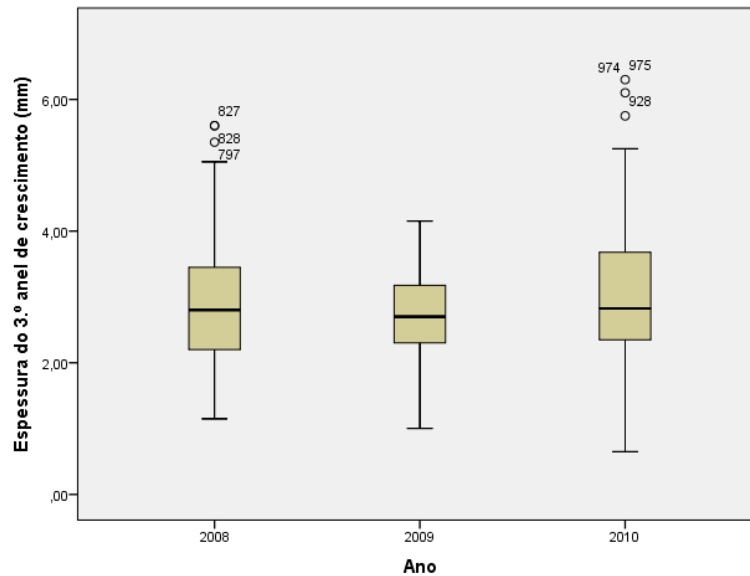


Figura 22. Diagrama de extremos e quartis da espessura do 3.º anel de crescimento, consoante o ano em que este se desenvolveu (o – outliers; n=240).

No caso do 3.º anel de crescimento inteiro, para os anos de 2008 a 2010, a espessura média tem maior valor no ano de 2010 com 3,019mm (n=80), seguindo-se o valor obtido para o ano de 2008 (2,941mm; n=80) e finalmente o anel mais estreito no ano de 2009 com a espessura média de 2,655mm (n=80). Para as 40 árvores amostradas e não afectadas pelo incêndio de 2003, descortçadas em 2002, o valor médio da espessura do 3.º anel inteiro, ano de 2005, foi de 1,810mm (n=40), valor inferior à espessura média mais delgada obtida nas amostras comparativas.

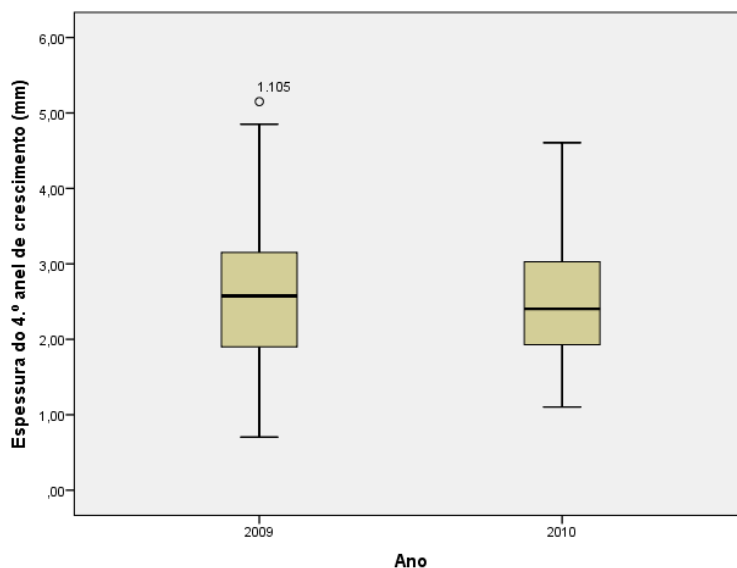


Figura 23. Diagrama de extremos e quartis da espessura do 4.º anel de crescimento, consoante o ano em que este se desenvolveu (o – outliers; n=160).

Os valores médios da espessura do 4.º anel são muito similares para os dois anos medidos, um pouco acima dos 2,5mm (Ano 2009: 2,633mm; n=80 – Ano 2010: 2,524mm; n=80). Pelo diagrama da Figura 23 observa-se que os valores no ano de 2009 são mais dispersos do que no ano de 2010. O valor obtido para a média da espessura do 4.º anel das amostras recolhidas das árvores não afectadas pelo fogo, e descortiçadas em 2002, foi de 2,938mm (n=40), respeitante ao ano de 2006, valor um pouco superior às médias obtidas nos sectores comparativos da influência do incêndio.

A espessura do 5.º anel de crescimento inteiro, referente ao ano de 2010, tem um valor médio de 2,236mm (n=80). O valor da espessura média deste anel de crescimento obtido de amostras originárias de cortiça criada após o descortiçamento de 2002, a que corresponde ao ano de 2007, e apenas de áreas não ardidas em 2003, foi de 2,890mm (n=40).

3.2. Análise de Variância

Considerados os efeitos do declive, da exposição e do fogo na espessura da cortiça através da ANOVA, como se definiu na metodologia, apresentam-se de seguida os resultados obtidos, em primeiro lugar para a espessura do anel individualmente e posteriormente considerando como variável dependente a espessura acumulada dos dois primeiros anéis de crescimento anuais.

3.2.1. Efeito do fogo, da exposição e do declive sobre a espessura do anel de crescimento da cortiça

Pelos valores obtidos verifica-se que existem efeitos significativos em algumas situações, entre a espessura do anel anual da cortiça e as variáveis “Fogo”(df=1), “Exposição” (df=3) e “Declive” (df=3), como se observa na Tabela 18, onde apenas figuram situações com Sig. < 0,05.

Tabela 18. Resultados da análise de variância da espessura do anel anual da cortiça para os factores fogo, exposição e declive. São apresentados os resultados com $p < 0,05$. Potência do teste usando $\alpha = 0,05$ (*-potência do teste > 0,8).

Descortiçamento	Anel	Factor	F	Sig.	Potência do teste
2005	1	Fogo	4,240	0,043	0,529
		Exposição	4,395	0,007	0,856*
		Declive	6,518	0,001	0,964*
	2	Declive	3,396	0,022	0,744
	3	Declive	2,936	0,039	0,675
2006	1	Declive	4,262	0,008	0,844*
		Declive	3,018	0,035	0,688
	2	Fogo	4,207	0,044	0,525
2007	2	Exposição	3,093	0,032	0,700
		Declive	3,644	0,017	0,777*
2008	3	Declive	5,716	0,001	0,938*
2008	1	Fogo	10,066	0,002	0,879*
	2	Fogo	11,262	0,001	0,912*

Analisando a Tabela 18 e considerando apenas os valores em que a dimensão da potência do teste é superior a 0,8, pode-se afirmar que o efeito da exposição teve um efeito estatisticamente significativo e de elevada dimensão no 1.º anel inteiro do descortiçamento de 2005, o declive teve esse efeito nos 1.º e 4.º anéis do descortiçamento de 2005, no 2.º anel do descortiçamento de 2006 e no 3.º anel de 2007. Relativamente ao fogo o efeito regista-se para os 1.º e 2.º anéis do descortiçamento de 2008.

Para testar *a posteriori* quais as médias que são significativamente diferentes nas variáveis declive e exposição efectuou-se o teste de Tukey, onde se observou como as variáveis se manifestam, tal como indica a Tabela 19, onde se colocou apenas os valores em que a dimensão da potência do teste foi superior a 0,8.

Tabela 19. Resultados do teste de comparações múltiplas das variáveis exposição e declive relativamente à espessura do anel anual de cortiça. São apresentadas as diferenças entre as médias dos resultados com $p < 0,05$ e potência do teste $> 0,8$.

Descortiçamento	Anel	Factor	Teste de Tukey		
			Dif. médias (mm)	Sig.	
2005	1	Exposição	E - S	1,370	0,002
			W - S	1,358	0,025
	Declive	0-5% - >15%	1,563	0,001	
		5,1-10% - >15%	1,768	<0,001	
	4	Declive	0-5% - >15%	0,731	0,040
			5,1-10% - >15%	0,894	0,004
2006	2	Declive	0-5% - 10,1-15%	1,382	0,017
2007	3	Declive	>15% - 0-5%	1,904	0,003
			>15% - 5,1-10%	2,291	0,001
			>15% - 10,1-15%	2,208	0,002

De seguida observam-se e analisam-se caso a caso as situações em que as variáveis afectaram de uma forma estatisticamente significativa e de elevada dimensão a espessura do anel anual individualmente. Por se considerar que ilustram igualmente os resultados obtidos através da ANOVA, os gráficos apresentados em seguida resultam directamente dos valores amostrais, considerando a média e o erro padrão e não os valores obtidos directamente pelo modelo, visto que o programa utilizado não os executa directamente (Marôco, com. pess.).

3.2.1.1. Fogo

Dos resultados obtidos, o factor fogo teve especial efeito nos anéis 1.º e 2.º das amostras resultantes de sobreiros descortçados em 2008 ($F=10,066$; $p=0,002$; e $F=11,262$; $p= 0,001$; respectivamente), tendo em ambos os casos a espessura do anel anual da cortiça sido superior nas árvores queimadas ($n=40$), relativamente aos

sobreiros provenientes de zonas não afectadas pelo fogo (n=40), observando-se esse efeito nas figuras 24 e 25.

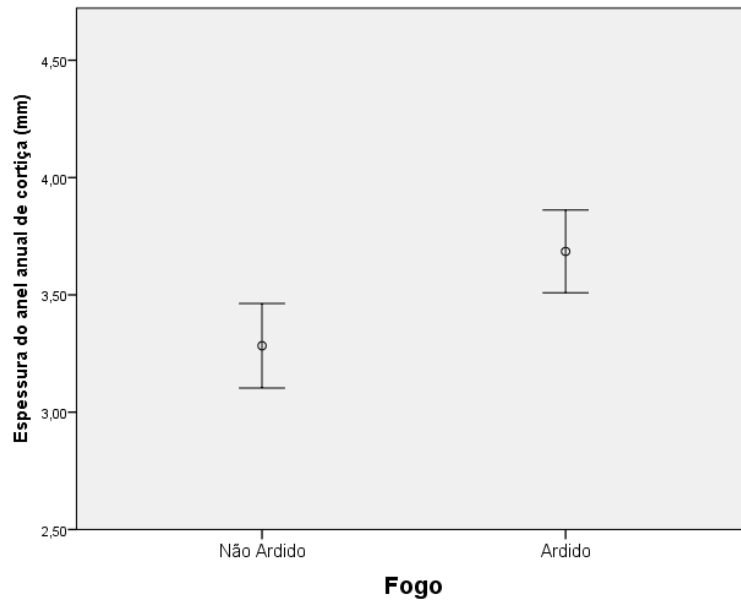


Figura 24. Efeito do fogo na espessura do anel anual de cortiça, referente ao 1.º anel das árvores descortaçadas em 2008. Valores significativamente diferentes ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).

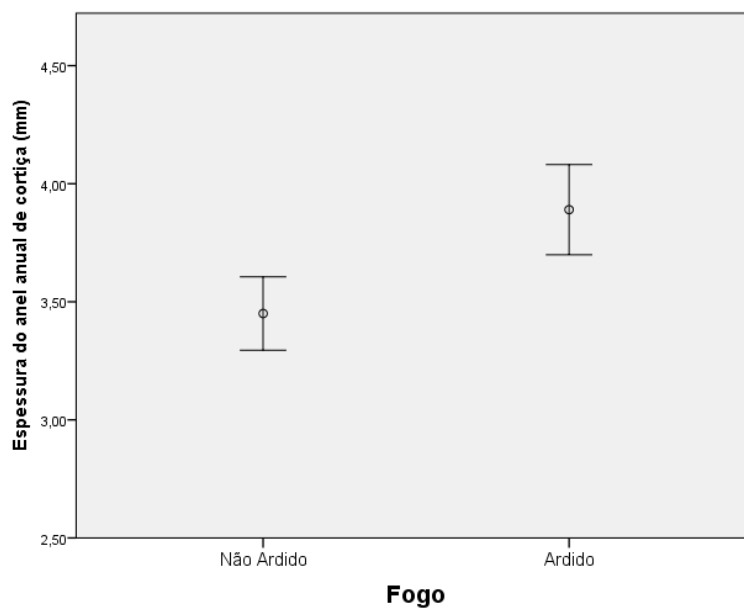


Figura 25. Efeito do fogo na espessura do anel anual de cortiça, referente ao 2.º anel das árvores descortaçadas em 2008. Valores significativamente diferentes ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).

3.2.1.2. Exposição

Tendo em consideração o p -value da ANOVA, a potência do teste e os resultados do teste Tukey, a exposição do terreno teve valor relevante apenas no 1.º anel das árvores descortaçadas em 2005 ($F=4,395$; $p=0,007$). Foram significativamente

diferentes as médias estimadas da espessura do anel anual de cortiça das amostras originárias de terrenos expostos a Este (n=44;) e a Oeste (n=12), relativamente a amostras resultantes de zonas expostas a Sul (n=16), sendo a espessura da cortiça nas primeiras exposições (Este e Oeste; n=44; dif. médias= 1,370; $p= 0,002$ e n=12; dif. médias= 1,358; $p= 0,025$, respectivamente) superior aos valores encontrados em vertentes viradas a Sul (n=16), como também de alguma forma ilustra a Figura 26.

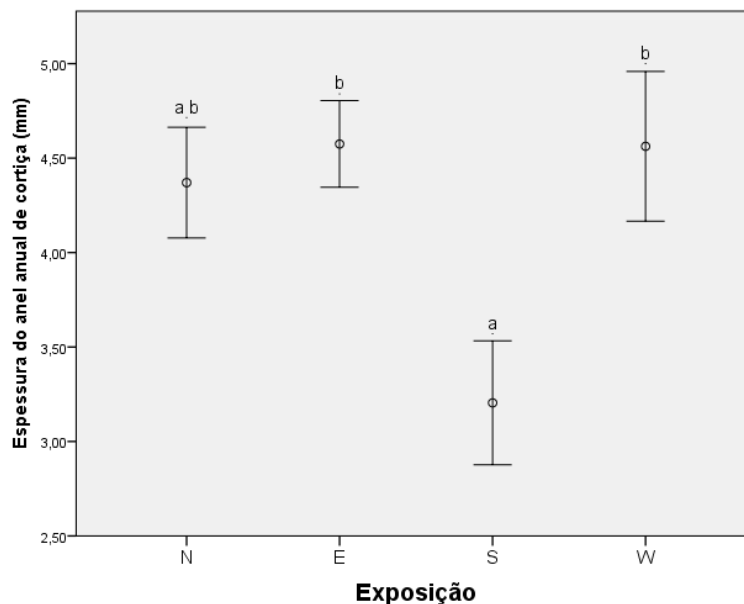


Figura 26. Efeito da exposição na espessura do anel anual de cortiça, referente ao 1.^o anel das árvores descortiçadas em 2005. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0,05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).

3.2.1.3. Declive

Relativamente ao declive verificou-se um efeito estatisticamente significativo na espessura dos anéis 1.^o e 4.^o do ano de descortiçamento de 2005 ($F=6,518$; $p=0,001$; e $F=4,262$; $p= 0,008$; respectivamente), na espessura do 2.^o anel após o descortiçamento de 2006 ($F=3,664$; $p=0,017$) e do 3.^o anel do ano de exploração de 2007 ($F=5,716$; $p=0,001$).

Nos dois primeiros casos a espessura média anual estimada manifesta-se significativamente de forma semelhante relativamente ao declive, obtendo-se maiores grossuras nas duas primeiras classes, 0-5% (n=24; anel 1: dif. médias= 1,563; $p= 0,001$; anel 4: dif. médias= 0,731; $p= 0,040$) e 5,1-10% (n=32; anel 1: dif. médias= 1,768; $p < 0,001$; anel 4: dif. médias= 0,894; $p= 0,004$), relativamente à última classe, >15% (n=16), tal como ilustram as figuras 27 e 28.

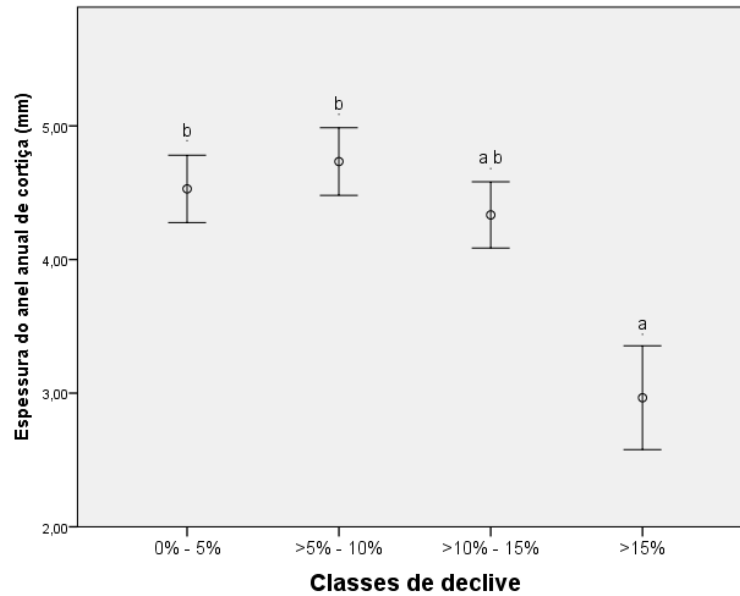


Figura 27. Efeito do declive na espessura do 1.º anel anual da cortiça referente a árvores descortiçadas em 2005. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).

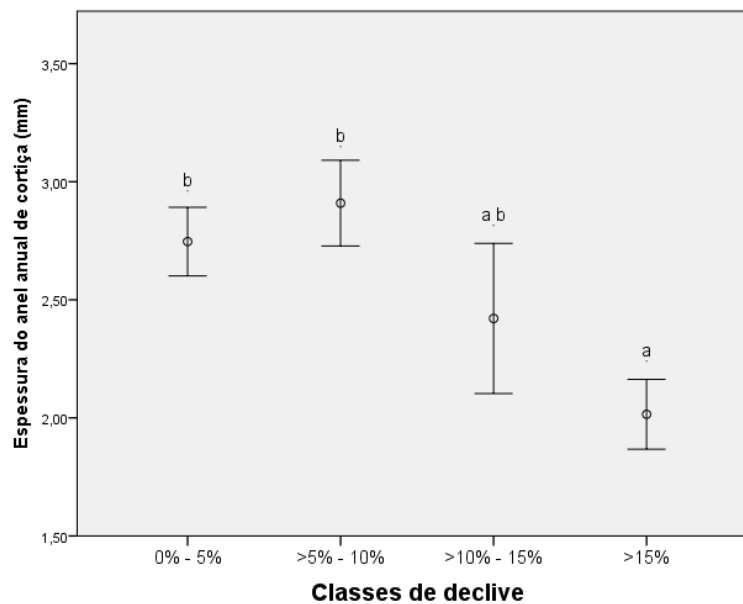


Figura 28. Efeito do declive na espessura do 4.º anel anual da cortiça referente a árvores descortiçadas em 2005. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).

Pode-se observar nas figuras anteriores os maiores afastamentos entre as médias e as margens do erro padrão das duas primeiras classes de declive em relação à classe mais elevada, onde as diferentes letras simbolizam os valores significativamente diferentes em termos estatísticos dos resultados da análise efectuada.

Para o 2.º anel da cortiça criada após 2006, verifica-se que a espessura anual estimada é significativamente maior nos terrenos de declives 0-5% (n=8; dif. médias= 1,382; $p= 0,017$) em relação às zonas com declives entre 10,1-15% (n=20), como ilustra a Figura 29.

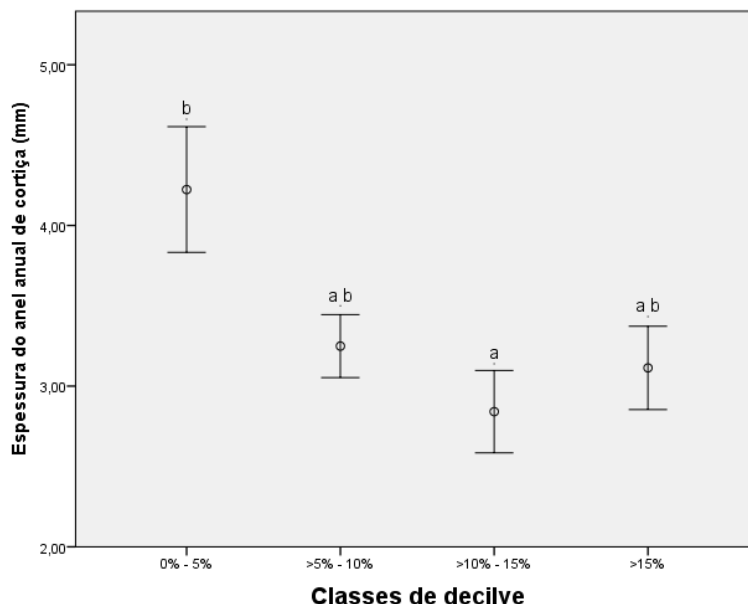


Figura 29. Efeito do declive na espessura do 2.º anel anual da cortiça referente a árvores descortiçadas em 2006. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0,05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).

Relativamente à espessura do 3.º anel da cortiça referente ao ano de descortiçamento de 2007, verifica-se que a grossura desse anel foi superior em árvores localizadas na classe de declive mais elevado, >15% (n=4, um ponto de localização portanto), relativamente a todas as outras, 0-5% (n=48; dif. médias= -1,654; $p= 0,013$), 5,1-10% (n=16; dif. médias= -2,041; $p= 0,003$) e 10,1-15% (n=12; dif. médias= -1,959; $p= 0,007$), como observa na Figura 30.

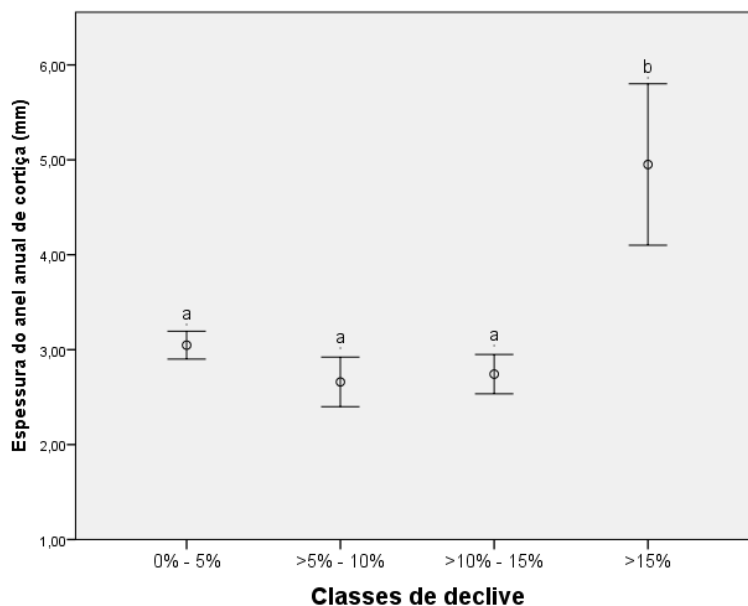


Figura 30. Efeito do declive na espessura do 3.º anel anual da cortiça referente a árvores descortçadas em 2007. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).

Há que considerar na análise do resultado para o 3.º anel do descortçamento de 2007, que o número de árvores que com declive superior a 15% é apenas de 4, do que resulta que o valor de declive considerado foi somente obtido de um ponto, daí larga margem do erro padrão dos valores para essa classe relativamente aos valores para as outras classes. Da observação cartográfica do ponto com a classe de declive mais elevado verificou-se trata-se de um ponto que se localiza na zona inferior de uma encosta, já próximo da zona de baixa junta a linha de água.

3.2.2. Efeito das variáveis sobre a espessura acumulada dos dois primeiros anéis de crescimento da cortiça

Considerando neste caso como variável dependente a espessura acumulada dos dois primeiros anéis de crescimento anual da cortiça, verifica-se novamente que existem efeitos com significado estatístico para as três variáveis independentes. Ainda assim a potência do teste nem sempre é satisfatória para o anteriormente considerado, ou seja, $> 0,8$ (Marôco, 2011).

Tabela 20. Resultados da análise de variância da espessura acumulada dos dois primeiros anéis da cortiça para os factores fogo, exposição e declive. São apresentados os resultados com $p < 0.05$. Potência do teste usando $\alpha = 0.05$ (*-potência do teste $> 0,8$).

Descortiçamento	Factor	F	Sig.	Potência do teste
2005	Declive	6,738	<0,001	0,969*
	Fogo	5,045	0,028	0,601
2006	Declive	3,501	0,020	0,759*
	Fogo	13,282	0,001	0,949*
2008	Exposição	2,806	0,046	0,653

Observando-se os pressupostos referidos na metodologia, dos resultados obtidos verifica-se que a espessura acumulada dos dois primeiros anéis da cortiça sofre o efeito do declive do terreno nas amostras referentes aos descortiçamentos de 2005 ($F=6,738$; $p<0,001$) e de 2006 ($F=3,501$; $p=0,020$), e da variável “Fogo” nas amostras do descortiçamento de 2008 ($F=13,282$; $p=0,001$).

Foi utilizado novamente o teste de Tukey para verificar quais as médias que são significativamente diferentes nas variáveis declive e exposição. Colocou-se também os valores para a exposição no sentido de observar a sua tendência, embora tenha uma potência de inferior ao considerado, como se verifica na Tabela 21.

Tabela 21. Resultados do teste de comparações múltiplas das variáveis exposição e declive relativamente à espessura da cortiça acumulada nos dois primeiros anéis inteiros. São apresentadas as diferenças entre as médias dos resultados com $p < 0.05$ (*-potência do teste $> 0,8$).

Descortiçamento	Factor	Teste de Tukey		
		Dif. entre médias	Sig.	
2005	Declive	0-5% - >15%	2,521	0,002*
		5,1-10% - >15%	2,973	<0,001*
2006	Declive	0-5% - 10,1-15%	2,719	0,005*
		0-5% - >15%	2,332	0,017*
2008	Exposição	E – S	1,847	0,034
		W – S	2,116	0,043

Analisa-se de seguida cada situação individualmente.

3.2.2.1. Declive

Do teste de Tukey resulta que, nos vários casos com potência do teste $> 0,8$, continua-se a verificar espessuras da cortiça superiores nas zonas de terrenos de declive mais suave face a zonas mais declivosas.

Tal como anteriormente, os gráficos apresentados foram obtidos directamente dos valores amostrais, considerando a média e o erro padrão, visto que o programa de estatística utilizado não os executa directamente (Marôco, com. pess.).

Como ilustra a Figura 31, das amostras obtidas do descortiçamento de 2005 resulta que nos declives 0-5% (n=24; dif. médias= 2,521; $p= 0,002$) e 5,1-10% (n=32; dif. médias= 2,973; $p < 0,001$), a cortiça cresceu mais em espessura do que em zonas de declives >15% (n=16), sendo esse aspecto identificado pelas diferentes letras presentes acima dos valores.

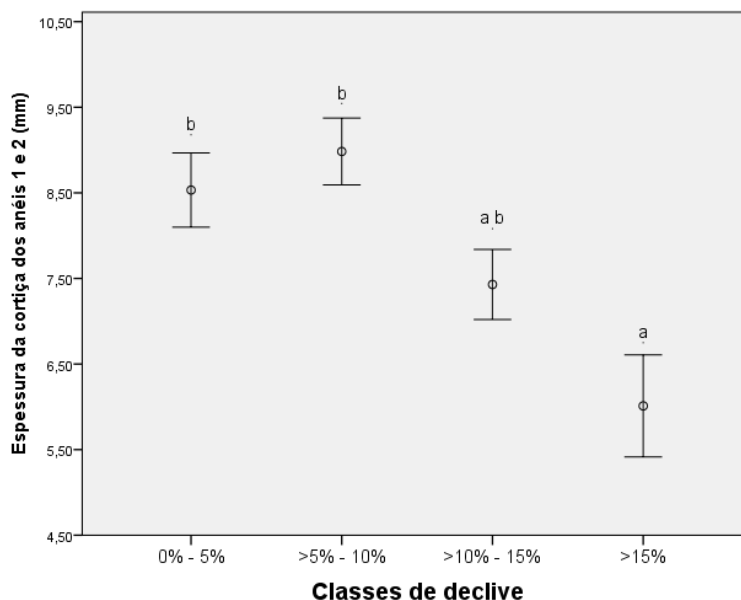


Figura 31. Efeito do declive na espessura acumulada dos dois primeiros anéis inteiros de cortiça, referente às árvores descortçadas em 2005. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0,05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).

Quanto à cortiça originária de sobreiros descortçados em 2006, como se nota na Figura 32, esta cresceu mais também nos terrenos suaves, 0-5% (n=8), em comparação com as zonas mais declivosas, 10,1-15% (n=20; dif. médias= -2,719; $p= 0,005$) e >15% (n=24; dif. médias= -2,332; $p= 0,017$).

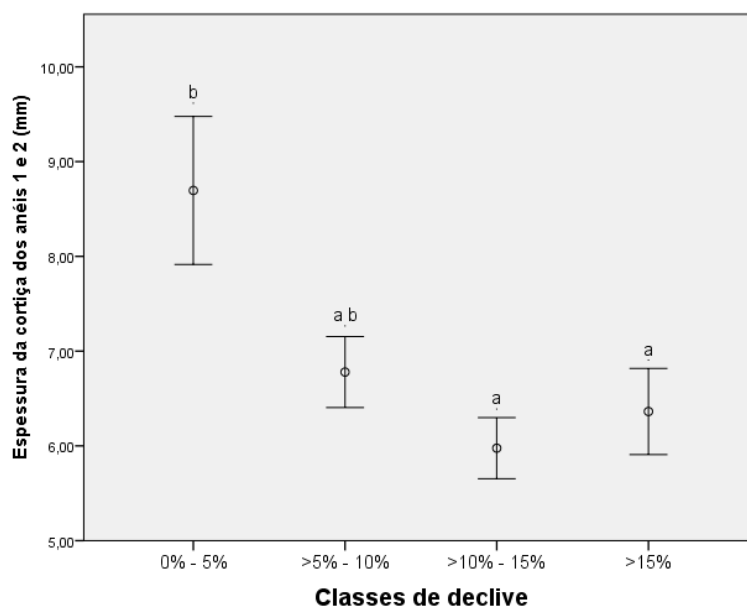


Figura 32. Efeito do declive na espessura acumulada dos dois primeiros anéis inteiros de cortiça (mm), referente às árvores descortiçadas em 2006. Valores com diferentes letras são significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).

3.2.2.2. Fogo

Em termos da acção do fogo, como se visualiza na Figura 33, a espessura acumulada dos dois primeiros anéis inteiros da cortiça após o descortiçamento de 2008 foi superior nas amostras oriundas de sectores percorridos por incêndio no ano de 2003 ($n=40$), em relação às amostras provenientes de zonas não afectadas pelo fogo ($n=40$).

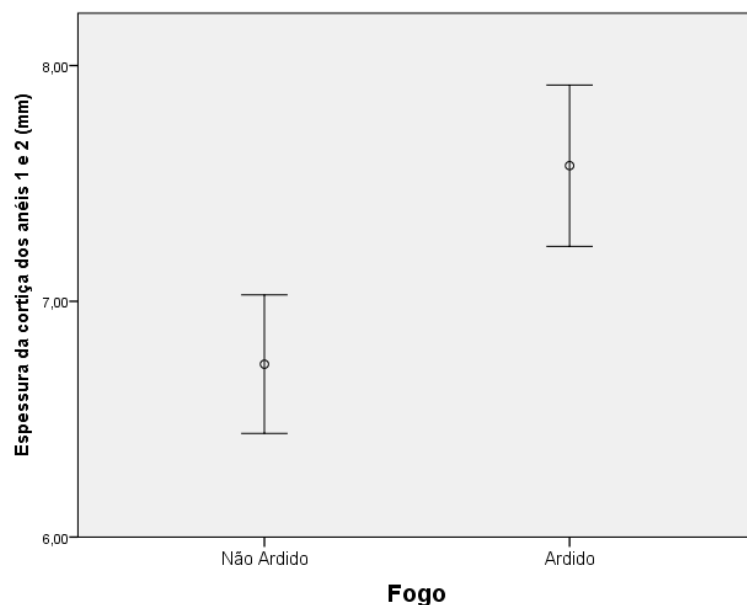


Figura 33. Efeito do fogo na espessura acumulada dos dois primeiros anéis inteiros de cortiça (cm), referente às árvores descortiçadas em 2008. Valores significativamente diferentes considerando o teste de Tukey ($p < 0.05$). Cada valor representa a média da amostra \pm erro padrão (mm).

3.3. GLMM - Modelos Lineares Generalizados Mistos

Seguindo o definido na metodologia apresentada e após obtermos os modelos finais, apresentam-se as suas características na Tabela 22. Verifica-se que para as várias variáveis dependentes observadas, que exprimem de alguma forma o crescimento da cortiça ao longo do tempo, existem factores que as influenciam, sendo eles a ocorrência de fogo anteriormente a esse crescimento, a localização das árvores na classe de declive mais baixa e também, num dos casos, o perímetro do tronco das árvores à altura do peito. Todos estes factores observados influenciam positivamente a espessura da cortiça.

Tabela 22. Descrição dos modelos lineares hierárquicos generalizados (valores do *-2 log pseudo likelihood* do modelo inicial e final; ⁽⁺⁾ – efeito positivo para os valores da variável.

Variável dependente	N	-2 Log Pseudo Likelihood	Factores do modelo final	Coefficiente ± (erro padrão)	Sig.
Espessura da cortiça	1120	-569,828	Fogo (sim) ⁽⁺⁾	-0,090± (0,031)	0,004
		-596,093	PAP ⁽⁺⁾	<0,001± (<0,001)	0,026
Acum. anéis 1 e 2	320	153,816	Fogo (sim) ⁽⁺⁾	0,151± (0,042)	<0,001
		117,697			
Acum. anéis 1, 2 e 3	240	80,173	Fogo (sim) ⁽⁺⁾	-0,132 (0,048)	0,006
		52,951	Declive (0-5%) ⁽⁺⁾	0,173 (0,071)	0,015
Espessura do anel	1120	953,916	Fogo (sim) ⁽⁺⁾	-0,114 (0,039)	0,004
		923,872	Declive (0-5%) ⁽⁺⁾	0,138 (0,059)	0,020

Os valores apresentados do *-2 Log Pseudo Likelihood* correspondem respectivamente, o primeiro ao modelo inicial e o segundo ao modelo final. Em todas as situações houve uma diminuição do valor *-2 Log Pseudo Likelihood*, o que representa uma melhoria do ajustamento do modelo (Marôco, 2011).

3.3.1. Espessura da cortiça

Considerando a espessura total das amostras comparativas (N=1120) verifica-se que os valores estimados pelo GLMM indicam uma influência positiva nessa variável para as amostras oriundas de árvores atingidas pelo incêndio de 2003 (Coef.= -0,090; Sig.= 0,004), bem como pelo perímetro do tronco das árvores (Coef. <0,001; Sig.= 0,026), ou seja, o modelo final melhorou em termos de ajustamento (*-2 Log Pseudo Likelihood*) indicando que as amostras retiradas de árvores afectadas pelo fogo têm maior espessura de cortiça, como também essa espessura aumenta com a maior grossura do tronco das árvores.

3.3.2. Espessura acumulada dos anéis 1 e 2

Relativamente a espessura acumulada dos 2 primeiros anéis anuais inteiros (N=320) observa-se que os valores estimados pelo modelo misto indicam uma influência positiva nessa espessura para as amostras retiradas de árvores atingidas pelo fogo (Coef.= 0,151; Sig. <0,001), apontando também para maiores espessuras nos sobreiros localizados em áreas ardidas.

3.3.3. Espessura acumulada dos anéis 1, 2 e 3

Ao considerarmos a espessura acumulada dos 3 primeiros anéis anuais inteiros (N=240) os valores estimados pelo GLMM também indicam uma influência positiva dessa espessura nas árvores afectadas pelo fogo (Coef.= -0,132; Sig.= 0,006), tendo o mesmo efeito nas amostras retiradas de árvores localizadas em zonas de menor declive, 0-5% (Coef.= 0,173; Sig.= 0,015).

3.3.4. Espessura do anel

Finalmente ao considerarmos a espessura de cada anel individualmente (N=1120), os valores estimados pelo modelo misto indicam uma influência positiva do factor fogo (Coef.= -0,114; Sig.= 0,004), e da existência de zonas mais planas, 0-5% (Coef.= 0,138; Sig.= 0,020) nesta variável, em consonância com os resultados anteriores.

4. Discussão

Com o decorrer do presente trabalho foi-se vincando a noção de que os seus resultados não devem ser tidos como representativos para todos os povoamentos de sobreiro ou para todas as áreas da sua distribuição. O facto de termos recolhido amostras numa única propriedade e conseqüentemente apenas numa mancha queimada é um factor limitante em termos da representatividade da amostra, impossibilitando assim a generalização dos resultados obtidos.

Considera-se desta forma importante que mais trabalhos focando o crescimento da cortiça sejam efectuados, no sentido de melhor entender o que os resultados do presente trabalho indicam. Em futuros trabalhos parece de considerar uma maior abrangência possível de áreas, observando o maior número possível de variáveis inerentes aos vários níveis (árvores, parcela, ano de descortiçamento), como variáveis relacionadas com a exploração da cortiça, a severidade do fogo, ou da quantidade de folhagem das árvores, recolhendo as variáveis o mais possível ao nível da árvore, como os aspectos relacionados com o solo e a morfologia do terreno.

Entende-se de considerar os resultados como indicadores de influência de alguns factores no crescimento da cortiça. Alguns dos efeitos observados vão ao encontro das referências consultadas, outros há, que necessitam de aprofundamento do seu estudo no sentido de os comprovar e melhor compreender.

4.1. Espessura da cortiça num ciclo de exploração

Considerando os valores obtidos para a espessura dos anéis individualmente, e apenas das amostras com o ciclo de exploração mais habitual, de 9 anos (2002-2011), foram observados os oito anéis anuais completos (Figura 14). Verifica-se a tendência decrescente da espessura do anel à medida que o seu número de ordem aumenta, aspecto vulgarmente conhecido e descrito por Natividade (1950). Também Costa et al. (2002) verificou, considerando os oito anos inteiros, que a taxa de crescimento anual não foi constante, mostrando uma tendência decrescente ao longo do ciclo de produção, tal como Ferreira et al. (2000) também observaram. Esta característica bem conhecida resulta do aumento da actividade do felogénio traumático, formado após a extracção da cortiça, nos anos imediatamente subsequentes (Costa et al., 2002) e posterior decréscimo de forma gradual.

Das referências consultadas relativamente às influências climáticas no crescimento da cortiça (Caritat et al., 2000; Costa et al., 2002), verificam-se resultados mostrando algum efeito na espessura do anel perante os factores climáticos. Esses trabalhos mostram que a espessura da cortiça sofre uma influência positiva com a precipitação, e durante anos em que as temperaturas foram moderadamente baixas, sendo portanto a seca um factor limitante ao crescimento da cortiça, indicando a importância da capacidade de retenção de água pelo solo. Este aspecto pode ser justificativo da baixa espessura registada para o ano de 2005 (ver Figura 14), relativamente à tendência

esperada. Portugal sofreu no fim de 2004 e no ano de 2005 um período de seca intensa, tendo no fim de Agosto de 2005, 71% do território nacional classificado como em condições de seca extrema e 29% de seca severa (EC, 2006), factores que concorreram para um ano de um grande número de ocorrências de incêndios. Contudo a análise e verificação desta influência não foi desenvolvida no presente trabalho.

4.2. Factores que influenciaram significativamente a espessura da cortiça

Os resultados da análise efectuada pela ANOVA indicam que, em algumas situações, o efeito do fogo anteriormente ao descortiçamento teve um efeito positivo na espessura da cortiça criada subsequente a essa extracção.

Indicam também, num dos casos, uma diferença significativa da espessura da cortiça em relação à exposição, sendo a espessura menor na cortiça amostrada de árvores presentes em encostas viradas a Sul relativamente às restantes, resultando estatisticamente significativa a diferença entre a exposição a Sul relativamente a Este e a Oeste.

Em termos de declive, os resultados das várias situações mostram de um modo geral espessuras de cortiça superiores nas zonas mais planas relativamente a encostas declivosas, excepto num dos casos em que resulta superior em declives acentuados. Neste último caso importa referir que as observações na classe de declive mais acentuado são originárias de um número pequeno de árvores amostradas (n=4), sendo os seus dados de declive inerentes ao mesmo ponto, situando-se esse ponto na zona mais baixa da encosta, podendo assim as árvores amostradas estarem situadas na base da encosta onde as características para vegetar poderão ser mais propícias para o sobreiro. Das seis situações em que o declive resultou com significado estatístico para a espessura da cortiça, cinco foram no sentido de maiores espessuras para declives mais baixos, tendo como base um número de árvores amostradas muito maior do que o referido para o único resultado de indicação contrária.

Da modelação efectuada através do GLMM, os modelos mais parcimoniosos revelam que algumas variáveis influenciam positivamente a espessura da cortiça, nomeadamente a presença de fogo anteriormente ao último descortiçamento, o perímetro à altura do peito, que pode de alguma forma indicar o estado desenvolvimento da árvore, ou seja, a sua idade, e a presença das árvores nas zonas mais planas (classe de declive 0-5%).

Examinando os resultados de um modo geral, a análise ANOVA e a modelação GLMM, e tendo presente que foram obtidos numa área concreta, podemos dizer que para esta área e considerando os factores analisados se observou uma influência do PAP, do Declive, da Exposição e do efeito do Fogo na espessura da cortiça.

4.2.1. Relação entre o tamanho da árvore e a espessura da cortiça

Na abordagem de modelação efectuada por Sánchez-González et al. (2007), relativamente a espessura de cortiça em povoamento de sobreiro em Espanha, e utilizando modelos com a mesma estrutura utilizada neste trabalho (tree / plot / harvest), resultou que grande parte da variabilidade não explicada do modelo está associada com o efeito árvore. Nesse estudo, o efeito aleatório da árvore resulta positivamente correlacionado com o tamanho da árvore, dado pelo PAP ou área basal, e outros índices de dimensão relativos à árvore. Esta correlação positiva pode estar relacionada com o facto de em ecossistemas mediterrâneos a utilização da água (disponibilidade e variação temporal) ser mais eficiente em indivíduos maiores (Koechlin et al., 1986; Lansac et al., 1994). Também Vázquez (2002) obteve um resultado semelhante na modelação para a previsão de peso de cortiça, ao considerar o efeito aleatório da parcela com a idade, tendo verificado uma ligeira tendência para a espessura da cortiça ser maior em povoamento mais velhos. Tendência semelhante foi observada por Costa et al. (2003) na sua análise de variabilidade de crescimento de cortiça, em que se registou uma ligeira tendência de aumento da cortiça com o aumento do diâmetro da árvore.

Pausas (1997), num dos seus trabalhos refere que a morte do tronco de sobreiros atingidos por incêndios foi negativamente relacionada com o tamanho das árvores (PAP), sendo a recuperação positivamente influenciada por essa variável. Esta relação também foi relatada para outras espécies (Stohlgren e Rundel, 1986; Strasser et al., 1996), o que pode indicar uma maior capacidade de reacção ao fogo por parte dos sobreiros maiores.

Moreira et al. (2007) ao observarem a probabilidade de sobrevivência de sobreiros, um ano e meio após incêndio, na Serra do Caldeirão, quando consideraram a altura da árvore obtiveram resultados similares relativamente à sobrevivência dos sobreiros. Contudo os resultados desse estudo indicam também que a probabilidade de sobrevivência diminui nas árvores com maior PAP. Estes autores indicam como possível explicação o maior afastamento da copa às chamas durante o fogo, no primeiro caso, e ao maior número de descortiaamentos, aos danos associados à extracção da cortiça e a outras acções como as podas e à possibilidade dessas árvores estarem mais susceptíveis a stress ou a doenças que afectam a sua vitalidade, no segundo caso.

A capacidade de regeneração e de rebentação das plantas está relacionada com a existência de meristemas vivos e com as reservas de hidrocarbonatos armazenados na planta (Bond e Midgley, 2001; Iwasa e Kubo, 1997). Gurvich et al. (2005) indicam que plantas mais velhas devem ter maiores reservas nas raízes, e conseqüentemente, uma maior capacidade para mobilizar reservas em resposta a distúrbios (Bellingham e Sparrow, 2000). No entanto outros estudos sugerem a diminuição da rebentação com a idade e que as reservas de hidrocarbonatos, em árvores maiores podem ser utilizadas para a sua sobrevivência em detrimento do seu crescimento (Bond e Van Wilgen, 1996; Bond e Midgley, 2001).

Natividade (1950) e Figueroa (1957) detectaram através de uma análise gráfica, uma diminuição significativa na espessura da cortiça após o décimo descortiçamento.

Natividade (1950) refere ainda que a produção suberosa anual declina à medida que o sobreiro envelhece, embora reconheça a importância de um estudo com amostras extraídas da mesma árvore e ao mesmo nível do tronco. Este autor, considerando dados obtidos por Machado (1944) numa só árvore, através de dados relativos a espessura de pranchas de cortiça, a amostras recolhidas nos calços ou de fragmentos que ficaram junto à cortiça virgem, daí a necessidade de alguma prudência na análise, mostra o acréscimo da espessura da cortiça até à 6.^a tiragem, com ciclos de 10 anos, e a partir daí uma diminuição gradual até à 14.^a extracção observada.

O resultado obtido para a variável PAP, ou seja, a espessura da cortiça é superior quanto maior for o PAP, vai ao encontro de algumas referências consultadas, embora haja também trabalhos que indicam o contrário. O resultado obtido pode ser indicativo de que a generalidade das árvores amostradas ainda não são muito velhas, encontrando-se os povoamentos ainda numa fase inicial a intermédia de exploração.

4.2.2. Influência de factores topográficos na espessura da cortiça

Consultando alguma bibliografia relativa ao efeito do declive no desenvolvimento do sobreiro, observam-se situações que, de alguma forma, podem ajudar a explicar os resultados obtidos de um modo geral, ou seja, a espessura foi positivamente influenciada por declives mais baixos.

Shakesby (2011) refere que, a não ser em solos onde o impacto humano é totalmente ausente, os solos mediterrâneos sobre rocha dura, e especialmente em encostas mais íngremes, tendem a ser delgados. Estes solos não são, muitas vezes, mais do que algumas dezenas de centímetros de espessura e as encostas íngremes em particular tendem a ser caracterizadas pelo solo irregular ou extremamente fino ou por zonas de rocha nua. Alguns solos de textura arenosa ou sedimentar são particularmente vulneráveis à erosão, menciona o mesmo autor.

Existem estudos também, como Costa et al. (2010), cujos resultados indicam que a taxa mais alta de mortalidade do sobreiro foi encontrada em declives baixos a médios, que correspondem a áreas de colinas onduladas e encostas suaves. Também Cabral et al. (1992) e Cadima et al. (1995) observaram maior mortalidade de sobreiros em classes de declives semelhantes aos do trabalho de Costa et al. (2010).

O melhor modelo estatístico encontrado no trabalho de Acácio et al. (2010) mostra também que a persistência do sobreiro era mais provável de ocorrer em encostas íngremes, embora a variável declive tenha apresentado uma significância inferior no modelo, relativamente à da gestão do sub-coberto e ao fogo. Isto acontece provavelmente porque nestas vertentes as florestas eram menos vulneráveis às intervenções humanas, especialmente lavouras, o que é praticamente impossível em encostas muito declivosas.

Moreira et al. (2007) ao analisarem áreas de sobreiro um ano e meio após o fogo, referem que a sobrevivência das árvores diminuiu com o declive, provavelmente porque nas encostas mais íngremes a retenção de água é menor e os solos são mais finos, podendo também contribuir aspectos relacionados com o comportamento do fogo.

As referências que mencionam maior aptidão para o sobreiro nas encostas íngremes, indicam a justificação mais pela gestão do sub-coberto, ou pela incapacidade de efectuar essa acção nessas áreas, do que pela inclinação do terreno.

Dado que a área de estudo tem solos arenosos, e visto ter sido utilizado o corta-mato no controlo de vegetação espontânea desde o ano de 2003, o que pode representar uma salvaguarda para o solo, parece poder-se retirar a conclusão, que possivelmente a diminuição da espessura da cortiça com o declive é explicada pelas diferentes características do solo consoante a inclinação do terreno.

Aparentemente também a exposição pode ser um factor que influencia o vigor do sobreiro e consequentemente a produção de cortiça, contudo esse efeito nem sempre é claro, como refere Cadima et al. (1995), não observando uma correlação significativa entre a exposição e a mortalidade do sobreiro, num trabalho no concelho de Sines.

Costa et al. (2010) na sua análise ao declínio do sobreiro numa zona do Alentejo, observaram que a mortalidade de sobreiro foi superior em áreas com exposição a Sul em relação a outras orientações, o que vai ao encontro do que refere Cabral et al. (1992) e Sousa et al. (2000), que sugeriram que o maior stress hídrico nessas árvores pode ser causado por uma radiação solar mais intensa. Uma tendência semelhante foi também relatada por Brasier (1996) para a azinheira e sobreiro na *Extremadura*, em Espanha.

Num trabalho onde se analisaram os factores que influenciam a regeneração das copas de sobreiros após o fogo, Catry et al. (2009) verificaram que as árvores localizadas em exposições a Sul e Sudoeste estavam mais associadas a uma regeneração de copa fraca, enquanto as recuperações mais vigorosas se encontravam nas encostas viradas a Oeste, Nordeste e Noroeste.

Um outro trabalho no sul de Portugal mostrou que os matos se expandiram durante 45 anos (1958-2002), em detrimento de outros tipos de ocupação de solo, como povoamentos de sobreiros, particularmente em encostas viradas a Sul (Acácio et al., 2009).

O resultado obtido no presente trabalho parece ir também ao encontro da maioria das publicações consultadas, que indicam que os sobreiros localizados em encostas viradas a Sul têm piores condições para vegetar do que os presentes em encostas com outras exposições, sendo que deste trabalho resultam menores espessuras de cortiça nos sobreiros presentes em encostas viradas a Sul relativamente a árvores com exposições para Este e Oeste.

4.2.3. Espessura da cortiça criada posteriormente à extracção após o efeito do fogo

Relativamente à vulnerabilidade do sobreiro em relação ao fogo, Catry et al. (2012), referem que a espessura da cortiça é um dos principais determinantes das respostas pós-fogo, sendo isso especialmente relevante em árvores que são submetidas ao descortiçamento. As árvores alvo da amostragem comparativa, descortizadas posteriormente em 2005, 2006, 2007 e 2008, quando foram percorridas por incêndio em 2003 tinham respectivamente os seguintes anos de criação: 6 e 7, 6, 6 e 7, e do sector descortizado em 2008, 3 e 4 anos.

A análise do efeito do fogo deve ter em consideração que o fogo ocorreu no Verão de 2003, oito anos antes da recolha das amostras, em 2011, tendo existido um descortiçamento nesse intervalo de tempo. A cortiça que compõe as amostras comparativas foi criada após esse descortiçamento, do que resulta que os anéis inteiros analisados, são referentes a crescimentos de três a sete anos após o incêndio.

Os efeitos do fogo no solo e nos ecossistemas têm sido muito estudado nos últimos anos, contudo parece que o conhecimento desses efeitos é ainda um pouco incipiente, muito devido aparentemente à multiplicidade de factores relacionados com este fenómeno abiótico.

Ferreira et al. (2010) referem que se pode considerar numa primeira abordagem a existência de efeitos directos e indirectos do fogo ao nível do solo, sendo os primeiros, essencialmente derivados da acção do calor sobre a matéria orgânica existente no solo, traduzindo-se na sua mineralização. Os indirectos, são derivados ao desaparecimento do coberto vegetal e folhagem, que se reflecte numa maior susceptibilidade do solo à erosão e à alteração considerável do regime hídrológico.

O incêndio pode causar a combustão parcial ou total da matéria orgânica, a deterioração da estrutura do solo, a modificação da porosidade, o aumento da densidade (Fernández et al., 2004; Giovannini et al., 1990; Imeson et al., 1992), alterando (normalmente reduzindo) a estabilidade dos agregados (Llovet et al., 2009; Soler et al., 1994; Úbeda et al., 2005), a depleção de nutrientes por volatilização e convecção de cinzas e colunas de fumo e por lixiviação, juntamente com alterações marcantes do número e composição microbiana do solo e de invertebrados presentes no solo (Certini, 2005).

Quase toda a matéria orgânica é consumida nas zonas do solo onde as temperaturas atingem os 450°C (Neary et al., 1999), o que indica que a intensidade do fogo é particularmente importante para a mineralização da matéria orgânica.

Na análise do fogo em matos de características mediterrâneas Gimeno-Garcia et al. (2000), verificaram que o incêndio causou um aumento de amónio (N-NH_4^+), fósforo disponível e de iões de Na^+ , de K^+ e de Mg^{2+} na superfície do solo, enquanto o teor de nitrato (N-NO_3^-), a capacidade de troca catiónica, e o ião Ca^{2+} de troca diminuem após o fogo, bem como a matéria orgânica. Concluiu também que as chuvas posteriores ao fogo provocam perda de solo arrastando matéria orgânica e nutrientes. A combustão parcial ou completa da vegetação e dos detritos leva a uma redução das superfícies

cuja transpiração e evaporação podem ocorrer, diminui também a capacidade de armazenamento para a retenção e detenção de água e à redução dos obstáculos ao escoamento superficial (Shakesby e Doerr, 2006).

Swanson (1981) criou um modelo, que mostra o aumento dos níveis de sedimentos relativamente aos níveis “normais”, durante as primeiras chuvas pós-fogo, quando o solo tende a estar mais vulnerável à erosão. Verificou ainda que ao longo do tempo esses níveis vão-se restabelecendo, até voltarem aos valores típicos de terreno não queimado. Este intervalo de tempo pode ser declarado como breve, de 3 meses (Rich, 1962), mas geralmente encontra-se na ordem de 3-10 anos (Doehring, 1968; Robichaud et al., 2000; Rowe et al., 1954; Scott e Williams, 1978; Tiedemann et al., 1979; Wells et al., 1979). Similares durações foram encontradas em estudos na zona do Mediterrâneo (Inbar et al., 1997; Inbar et al., 1998; Mayor et al., 2007; Shakesby et al., 1994), apesar dos primeiros 4-6 meses após o incêndio serem muitas vezes o período de maior susceptibilidade à erosão, devido ao máximo potencial para a ocorrência de incêndio no verão (Julho-Agosto) e à probabilidade de chuvas intensas após os incêndios no período seguinte de Outono-Inverno (Andreu et al., 2001; Sala et al., 1994).

Aos incêndios, mais concretamente o período após o incêndio, também tem sido frequentemente associada a existência de uma camada onde se verifica a repelência dos solos à água. Estudos efectuados em solos mediterrâneos levam à revisão de alguns pontos de vista estabelecidos sobre esta situação. Por muito tempo foi aceite de uma forma geral que a repelência à água do solo era induzida ou reforçada pelo fogo (DeBano, 1971; DeBano e Conrad, 1976), que posteriormente se ia deteriorando até desaparecer, segundo Dyrness (1976), 6 anos depois. Em estudo mais recente foi observado que a alteração induzida pelo fogo pode ser mais curta (MacDonald e Huffman, 2004). Em Portugal, trabalhos efectuados em povoamentos de pinheiro bravo e eucalipto relatam que a baixa capacidade de infiltração se faz sentir em áreas recentemente queimadas (Ferreira et al., 2005).

Num trabalho efectuado em França, Schaffhauser et al. (2012) observaram os efeitos do fogo em vários tipos de vegetação, tendo os resultados mostrado que a floresta (de sobreiro) persistiu nas encostas mais íngremes, provavelmente porque eram menos acessíveis à intervenção humana, concluindo que a ocorrência de incêndio causa perdas de árvores, levando à conversão da floresta em matos.

Relativamente à disponibilidade de água no solo após incêndio, diferentes respostas foram observadas em diferentes estudos como concluem Silva et al. (2006). Existem trabalhos que indicam que a quantidade de água no solo pode aumentar após a passagem do fogo (Martin e Moody, 2001; Silva et al., 2006), devido à eliminação temporária da transpiração das plantas (Bond-Lamberty et al., 2009).

As reservas nutritivas que permitem às plantas a recuperação após o fogo variam entre espécies e ao longo do ano (Catry et al., 2010). Algumas espécies de árvores são aparentemente mais susceptíveis no período inicial de crescimento anual em relação ao período final do crescimento ou durante a dormência (Regelbrugge e Conard, 1993), visto que após o crescimento inicial as plantas têm menos reservas disponíveis.

Alguns autores (Catry et al., 2009; Catry et al., 2006), baseando-se em observações efectuadas em várias regiões, indicam que sobreiros com uma boa regeneração de copa um ano e meio após o fogo terão baixa probabilidade de morrer ou ficar muito fracos no futuro, pelo menos como consequência directa do fogo.

Na área do presente estudo foram abatidas mais de 40.000 árvores após o incêndio, diminuindo drasticamente a densidade do povoamento. Devido ao abate destas árvores resultou uma diminuição óbvia da concorrência em termos espaciais, podendo ao nível radicular isso ter importância. Contudo, pela bibliografia consultada, pelo menos nos intervalos de densidade considerados nos dados desses estudos, conclui-se que não houve correlação entre a espessura da cortiça e densidade de árvores no povoamento (Cañellas et al., 2000; Sánchez-González et al., 2007; Torres et al., 1997). Entende-se contudo pertinente salientar que nos estudos referidos foram comparadas densidades entre povoamentos, densidades essas que se vão adquirindo de uma forma natural a médio-longo prazo, o que parece ser diferente de uma diminuição drástica de densidade derivada a uma acção externa ao desenvolvimento natural do povoamento, neste caso devido a um abate após incêndio.

No presente trabalho não foram analisadas várias áreas ardidas de modo a permitir testar a existência de factores locais que possam ter influenciado os resultados quanto ao maior crescimento da cortiça em árvores queimadas. A adubação poderá ser um desses factores, muito embora se tenham feito testes apenas entre árvores adubadas de modo a isolar este factor, as árvores com descortiçamento em 2007 (ver figuras 16 e 17, onde os resultados desse ano de descortiçamento seguem a tendência geral verificada).

O cultivo do sub-coberto e o pastoreio intensivo reduzem a cobertura vegetal perene, o que leva a um aumento das perdas de água e de nutrientes do solo, através da escorrência de água e da erosão do solo do que resulta a degradação desse solo (Lima et al., 2000), pelo que a utilização do corta-mato para controlo da vegetação arbustiva pode ter sido uma mais-valia para o vigor das árvores, principalmente nas áreas ardidas.

Como se verifica pela observação da Figura 3, a área queimada localiza-se numa zona mais cabeceira, montante na bacia hidrográfica, em altitudes um pouco superiores relativamente à área não queimada, podendo por este aspecto existirem razões relacionadas com a amostragem, ou existir um qualquer factor, como a drenagem dos solos, não observado particularmente neste trabalho, que possa ter influenciado a maior espessura da cortiça nas zonas ardidas, visto que o sobreiro se desenvolve com dificuldade em solos hidromórficos (Adrados, 1992; Natividade, 1950).

Em todo o caso é importante frisar que dos resultados obtidos parece claro que a ocorrência de fogo não foi suficiente para provocar o que seria mais expectável, ou seja, uma diminuição na espessura da cortiça devido à diminuição da área foliar responsável pela fotossíntese, bem como pelos défices nas reservas nutritivas após a recuperação vegetativa ao efeito do fogo e posteriormente à extracção da cortiça.

Ainda que se tenha a consciência da necessidade de estudos mais abrangentes em termos do número de locais a amostrar e do número de variáveis a considerar, indicam-se alguns factores que se considera que poderão ter influência nos resultados

relativamente ao fogo. Parece também mais adequado considerar os factores em conjunto do que tentar analisá-los separadamente.

1. Pode-se indicar que a maior disponibilidade de nutrientes após o fogo, devido, à mineralização da matéria orgânica, com os nutrientes a ficarem temporariamente disponíveis para as plantas, possa ter atenuado inicialmente o efeito do fogo nas árvores sobreviventes, embora essa disponibilidade adicional seja durante pouco tempo, pois os nutrientes em solução facilmente são arrastados em profundidade ou à superfície.
2. Embora a bibliografia consultada não indique correlação entre as densidades de árvores consideradas nesses estudos e a espessura da cortiça (Cañellas et al., 2000; Sánchez-González et al., 2007; Torres et al., 1997), entende-se que não se deve ignorar o abate de muitas árvores na zona queimada após o incêndio, até porque a alteração de densidade resulta de factores bruscos, o fogo e posteriormente o abate, e não de uma organização espacial do povoamento que se efectua num intervalo de tempo muito mais longo. Este facto em conjunto com a utilização de corta-matos, poderão de alguma forma ter contribuído para a maior espessura, devido, não só a uma diminuição da concorrência espacial, como também a um possível incremento de nutrientes disponíveis no solo a médio prazo para as árvores sobreviventes, devido aos despojos resultantes do corte dos matos como também às raízes mortas. Não se poderá também afastar a hipótese de uma maior capacidade de armazenamento de água nos espaços das raízes mortas.
3. Como é do conhecimento geral, o sobreiro é uma árvore que reage positivamente ao fogo na reconstrução da copa, o que se pode reflectir na criação de cortiça após o descortiçamento. Não se pode por isso descartar a hipótese de uma reacção reforçada das árvores vigorosas (pois as débeis ou morreram logo após o incêndio ou foram abatidas pouco tempo depois) na criação de cortiça após a extracção de cortiça posterior passagem do fogo.

Embora não se consiga no presente trabalho apresentar justificações claras para os resultados relativamente ao efeito do fogo na espessura da cortiça, parece ser lícito concluir dele que o sobreiro consegue repor de forma notável a cortiça, mesmo quando as árvores se encontram numa situação aparentemente desfavorável devido aos danos causados pelo fogo, levantando-se assim questões pertinentes relativamente às reservas de nutrientes dos sobreiros e à sua capacidade de resposta a impactes negativos, sendo importante continuar a analisar as características de rusticidade e adaptabilidade desta espécie às adversidades a que está sujeita.

5. Considerações Finais

Se dos resultados obtidos neste trabalho relativamente à influência do declive, da exposição e do perímetro à altura do peito na espessura da cortiça se pode de alguma forma considerar que vão ao encontro do que se tem conhecimento da bibliografia consultada, o mesmo não se poderá referir perante os resultados obtidos para o efeito do fogo.

É sem dúvida a principal questão que se levanta do presente trabalho, a obtenção de uma mais completa e fundamentada explicação para o resultado inesperado, da espessura da cortiça ser superior nos sobreiros em zona ardida anteriormente ao último descortiçamento, relativamente a áreas sem esse factor. Para a clarificação desta questão parece pertinente a elaboração de trabalhos mais focados nesse aspecto, tentando para isso eliminar coerentemente o maior número possível de variáveis que possam interferir na compreensão deste resultado, ou quanto muito esmiuçar a influência das várias variáveis existentes.

Considera-se assim importante que futuros trabalhos tenham uma abrangência maior em termos de áreas de estudo, ponderando um maior número possível de variáveis aos vários níveis, tentando sempre colocar as variáveis ao nível mais baixo, neste caso ao nível da árvore, como por exemplo as variáveis topográficas e de solos. Entende-se também que variáveis que caracterizem o vigor das árvores, como a quantidade de folhagem ou uma caracterização fitossanitária da árvore, ou variáveis relacionadas com a exploração da cortiça, como índices de descortiçamento, possam complementar as variáveis consideradas neste estudo e ajudar a compreender o efeito do fogo na espessura da cortiça posteriormente explorada. Em futuros trabalhos de natureza científica sobre esta matéria parece ainda que o factor fogo deve ser melhor analisado, principalmente quanto à severidade do fogo. Uma das abordagens possíveis poderá consistir na utilização de ortofotomapas, visto que se está a analisar incêndios ocorridos há alguns anos, podendo-se considerar o grau de copa ardido como um indicador da severidade do fogo na árvore.

Referências Bibliográficas

- Acácio, V., M. Holmgren, F. Moreira, and G.M. Mohren. 2010. Oak persistence in Mediterranean landscapes: the combined role of management, topography, and wildfires. *Ecology and Society* 15:40.
- Acácio, V., M. Holmgren, F. Rego, F. Moreira, and G. Mohren. 2009. Are drought and wildfires turning Mediterranean cork oak forests into persistent shrublands? *Agroforest. Syst.* 76:389-400.
- IPROCOR (ed.) 1992. Simposio Mediterraneo Sobre Regeneracion Del Monte Alcornocal, Mérida / Montargil / Sevilla.
- AFLOSOR. 2009. Plano de Gestão Florestal Herdade da Torre das Vargens, pp. 93 AFLOSOR - Associação dos Produtores Florestais da Região de Ponte de Sôr, Ponte de Sôr, Portugal.
- Andreu, V., A. Imeson, and J. Rubio. 2001. Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wildfire in a Mediterranean pine forest. *Catena* 44:69-84.
- APCOR. 2011. Cortiça. Estudo de Caracterização Sectorial 2011 APCOR - Associação Portuguesa da Cortiça, Portugal.
- Bellingham, P.J., and A.D. Sparrow. 2000. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. *Oikos* 89:409-416.
- Bond-Lamberty, B., S.D. Peckham, S.T. Gower, and B.E. Ewers. 2009. Effects of fire on regional evapotranspiration in the central Canadian boreal forest. *Global Change Biology* 15:1242-1254.
- Bond, W., and B. Van Wilgen. 1996. *Fire and Plants* Chapman & Hall London.
- Bond, W.J., and J.J. Midgley. 2001. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. *Trends in Ecology & Evolution* 16:45-51.
- Brando, P.M., D.C. Nepstad, J.K. Balch, B. Bolker, M.C. Christman, M. Coe, and F.E. Putz. 2012. Fire-induced tree mortality in a neotropical forest: the roles of bark traits, tree size, wood density and fire behavior. *Global Change Biology* 18:630-641.
- Brasier, C.M. 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change, pp. 347-358 *Annales des Sciences Forestieres*, Vol. 53.
- Cabral, M.T., M.C. Ferreira, T. Moreira, E.d. Carvalho, and A.C. Diniz. 1992. Diagnóstico das causas da anormal mortalidade dos sobreiros a Sul do Tejo. *Scientia gerundensis*:205-214.
- Cadima, I.S.P., J. Capelo, and A.A. Gomes. 1995. Relação entre variáveis ambientais, tipos de condução dos povoamentos ea mortalidade do sobreiro nos concelhos de Sines, Grândola e Santiago do Cacém. *Silva Lusitana* 3:85-107.
- Cañellas, I., A. Bachiller, and G. Montero. 2000. Influencia de la densidad de la masa en la producción de corcho en alcornocales adehesados de Extremadura, pp. 449-456 *Actas del Congreso de Ordenación y Gestión Sostenible de Montes*, Vol. I. Ponencias y Réúmenes de Comunicaciones, Santiago de Compostela.
- Cardoso, J.C., Bessa, M.Teixeira e Marado, M.B. 1973. Carta dos Solos de Portugal. *Estação Agronómica Nacional. Agronomia Lusitana* 33:481-602.
- Caritat, A., E. Gutiérrez, and M. Molinas. 2000. Influence of weather on cork-ring width. *Tree physiology* 20:893.
- Carrión, J., I. Parra, C. Navarro, and M. Munuera. 2000. Past distribution and ecology of the cork oak (*Quercus suber*) in the Iberian Peninsula: a pollen-analytical approach. *Diversity and Distributions* 6:29-44.
- Catry, F., J.S. Silva, and P. Fernandes. 2010. Efeitos do fogo na vegetação, p. 49-86, *In* ISAPress, ed. *Ecologia do fogo e gestão de Áreas queimadas.*, Lisboa.

- Catry, F.X., F. Moreira, I. Duarte, and V. Acácio. 2009. Factors affecting post-fire crown regeneration in cork oak (*Quercus suber* L.) trees. *European Journal of Forest Research* 128:231-240.
- Catry, F.X., F.C. Rego, M.N. Bugalho, T. Lopes, J.S. Silva, and F. Moreira. 2006. Efeitos do fogo na sobrevivência e regeneração das árvores num ecossistema mediterrânico.
- Catry, F.X., F. Moreira, J.G. Pausas, P.M. Fernandes, F. Rego, E. Cardillo, and T. Curt. 2012. Cork oak vulnerability to fire: The role of bark harvesting, tree characteristics and abiotic factors. *PloS one* 7:e39810.
- Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia* 143:1-10.
- Commission, E.-E., G. Schmuck, J. San-Miguel-Ayanz, and C. Barbosa. 2006. A., Kucera, J. e P., Libertà , G.(Eds), *Forest Fires in Europe-2005 fire campaign*. Official Publication of the European Communities, EUR 22312.
- Costa, A., H. Pereira, and Â. Oliveira. 2002. Influence of climate on the seasonality of radial growth of cork oak during a cork production cycle. *Annals of Forest Science* 59:429-437.
- Costa, A., H. Pereira, and A. Oliveira. 2003. Variability of radial growth in cork oak adult trees under cork production. *Forest Ecology and Management* 175:239-246.
- Costa, A., H. Pereira, and A. Oliveira. 2004. The effect of cork-stripping damage on diameter growth of *Quercus suber* L. *Forestry* 77:1-8.
- Costa, A., H. Pereira, and M. Madeira. 2010. Analysis of spatial patterns of oak decline in cork oak woodlands in Mediterranean conditions. *Annals of Forest Science* 67.
- DeBano, L.F. 1971. The effect of hydrophobic substances on water movement in soil during infiltration. *Soil Science Society of America Journal* 35:340-343.
- DeBano, L.F., and C.E. Conrad. 1976. Nutrients lost in debris and runoff water from a burned chaparral watershed, pp. 13-27 *Proceedings of the Third Federal Inter-Agency Sedimentation Conference 1976*, US Water Resources Council, Washington DC, Denver, CO.
- Doehring, D.O. 1968. The effect of fire on geomorphic processes in the San Gabriel Mountains, California. *Rocky Mountain Geology* 7:43-65.
- Dyrness, C. 1976. Effect of wildfire on soil wettability in the High Cascade of Oregon. United States Department of Agriculture Forest Service Research Paper PNW-202. Pacific Northwest Forest and Range Experimental Station, Portland, Oregon:444-447.
- Fernández, C., J.A. Vega, J.M. Gras, T. Fonturbel, P. Cuiñas, E. Dambrine, and M. Alonso. 2004. Soil erosion after *Eucalyptus globulus* clearcutting: differences between logging slash disposal treatments. *Forest Ecology and Management* 195:85-95.
- Ferreira, A., F. Lopes, and H. Pereira. 2000. Caractérisation de la croissance et de la qualité du liège dans une région de production. *Annals of Forest Science* 57:187-193.
- Ferreira, A., C. Coelho, A. Boulet, G. Leighton-Boyce, J. Keizer, and C. Ritsema. 2005. Influence of burning intensity on water repellency and hydrological processes at forest and shrub sites in Portugal. *Soil Research* 43:327-336.
- Ferreira, A.D., C. Coelho, J.S. Silva, and T. Esteves. 2010. Efeitos do Fogo no Solo e no Regime Hidrológico, p. 21-48, *In ISAPress*, ed. *Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas*, Lisboa.
- Figueroa, P. 1957. *Alcornocales e Industria Corchera Conferencia sobre alcornocales*, E.T.S.I. Montes, Madrid.
- Gimeno-García, E., V. Andreu, and J.L. Rubio. 2000. Changes in organic matter, nitrogen, phosphorus and cations in soil as a result of fire and water erosion in a Mediterranean landscape. *European Journal of Soil Science* 51:201-210.
- Giovannini, G., S. Lucchesi, and M. Giachetti. 1990. Beneficial and detrimental effects of heating on soil quality. *Fire and Ecosystem Dynamics*. SPB Academic Publishing, The Netherlands:95-102.

- Gurvich, D.E., L. Enrico, and A.M. Cingolani. 2005. Linking plant functional traits with post-fire sprouting vigour in woody species in central Argentina. *Austral Ecology* 30:789-796.
- He, T., J.G. Pausas, C.M. Belcher, D.W. Schwilk, and B.B. Lamont. 2012. Fire-adapted traits of *Pinus arrose* in the fiery Cretaceous. *New Phytologist* 194:751-759.
- Imeson, A., J. Verstraten, E. Van Mulligen, and J. Sevink. 1992. The effects of fire and water repellency on infiltration and runoff under Mediterranean type forest. *Catena* 19:345-361.
- Inbar, M., L. Wittenberg, and M. Tamir. 1997. Soil erosion and forestry management after wildfire in a Mediterranean woodland, Mt. Carmel, Israel. *International Journal of Wildland Fire* 7:285-294.
- Inbar, M., M. Tamir, and L. Wittenberg. 1998. Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area. *Geomorphology* 24:17-33.
- Iwasa, Y., and T. Kubo. 1997. Optimal size of storage for recovery after unpredictable disturbances. *Evolutionary ecology* 11:41-65.
- Jackson, J.F., D.C. Adams, and U.B. Jackson. 1999. Allometry of constitutive defense: a model and a comparative test with tree bark and fire regime. *The American Naturalist* 153:614-632.
- Kline, R.B. 1998. Principles and practice of structural equation modeling. Guilford Press, New York.
- Koechlin, B., S. Rambal, and M. Debussche. 1986. Rôle des arbres pionniers sur la teneur en eau du sol en surface de friches de la région méditerranéenne. *Acta oecologica. Oecologia plantarum* 7:177-190.
- Kramer, P.J., T.T. Kozlowski, and S. Pallardy. 1991. The physiological ecology of woody plants. (San Diego, CA: Academic Press).
- Kyriakidis, P.C., and A.G. Journel. 1999. Geostatistical space-time models: a review. *Mathematical geology* 31:651-684.
- Lansac, A., J. Zaballos, and A. Martin. 1994. Seasonal water potential changes and proline accumulation in Mediterranean shrubland species. *Vegetatio* 113:141-154.
- Lima, M.B., D.A. Bernardo, M.E.B. Madeira e Madeira, J.M. Graça, A.L.T. Félix, F. Rita, S.I.G. Custódio, J.J.L.M. Varela, I.C.C.P. da Silva, and J.E. Bouça. 2000. Sistemas agrícolas tradicionais no Algarve - contributos para o seu estudo, *In* D. R. d. A. d. Algarve, (ed.), Faro, Portugal.
- Llovet, J., M. Ruiz-Valera, R. Josa, and V.R. Vallejo. 2009. Soil responses to fire in Mediterranean forest landscapes in relation to the previous stage of land abandonment. *International Journal of Wildland Fire* 18:222-232.
- MacDonald, L.H., and E.L. Huffman. 2004. Post-fire soil water repellency. *Soil Science Society of America Journal* 68:1729-1734.
- Machado, D.P. 1944. A intensidade do crescimento da cortiça e melhoramento da sua qualidade nas sucessivas despelas. *Boletim da Junta Nacional da Cortiça* 74:57-58.
- Marôco, J. 2011. *Análise Estatística com o SPSS Statistics ReportNumber*, Lda.
- Martin, D.A., and J.A. Moody. 2001. Comparison of soil infiltration rates in burned and unburned mountainous watersheds. *Hydrological Processes* 15:2893-2903.
- Mayor, A., S. Bautista, J. Llovet, and J. Bellot. 2007. Post-fire hydrological and erosional responses of a Mediterranean landscape: Seven years of catchment-scale dynamics. *Catena* 71:68-75.
- Mone, M.A., G.C. Mueller, and W. Mauland. 1996. The perceptions and usage of statistical power in applied psychology and management research. *Personnel Psychology* 49:103-120.
- Montero, G. 1987. Modelos para cuantificar la producción de corcho en alcornoques (*Quercus suber* L.) en función de la calidad de la estación y de los tratamientos selvícolas, Ph.D. thesis, INIA, Madrid. 277p.

- Montero, G., and R. Vallejo. 1992. Variación del calibre de corcho medido a distintas alturas. *Investig. Agrar., Sist. Recur. For.* 2:181-188.
- Montoya, J. 1988. Los alcornocales. S.E.A., Madrid.
- Moreira, F., I. Duarte, F. Catry, and V. Acácio. 2007. Cork extraction as a key factor determining post-fire cork oak survival in a mountain region of southern Portugal. *Forest Ecology and Management* 253:30-37.
- Moritz, M.A. 2003. Spatiotemporal analysis of controls on shrubland fire regimes: age dependency and fire hazard. *Ecology* 84:351-361.
- Natividade, J.V. 1950. Subericultura. 2.^a ed. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, DGF, Lisboa.
- Neary, D.G., C.C. Klopatek, L.F. DeBano, and P.F. Ffolliott. 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management* 122:51-71.
- Pausas, J., J. Pereira, and J. Aronson. 2009. The tree, p. 11-23, *In* J. Aronson, et al., eds. *Cork oak woodlands on the edge: ecology, adaptive management and restoration*. Island Press, Washington DC.
- Pausas, J.G. 1997. Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. *Journal of Vegetation Science* 8:703-706.
- Pereira, H. 2007. *Cork: biology, production and uses*. Elsevier Publishing, Amsterdam.
- Pyne, S. 2006. Fogo no jardim: compreensão do contexto dos incêndios em Portugal, p. 495-510, *In* ISAPress, ed. *Incêndios Florestais em Portugal: Caracterização, Impactes e Prevenção*, Lisboa.
- Regelbrugge, J.C., and S.G. Conard. 1993. Modeling tree mortality following wildfire in *Pinus ponderosa* forests in the central Sierra-Nevada of California. *International Journal of Wildland Fire* 3:139-148.
- Ribeiro, N.d.A., Â.C. Oliveira, P. Surovy, and H. Pretzsch. 2003. Simulation and sustainability of cork oak stands, p. 259-266 *Modeling Forest Systems*. CAB International.
- Rich, L.R. 1962. Erosion and sediment movement following a wildfire in a ponderosa pine forest of central Arizona:12 pp.
- Robichaud, P.R., J.L. Beyers, and D.G. Neary. 2000. *Evaluating the effectiveness of postfire rehabilitation treatments* US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station Fort Collins, CO, USA.
- Rowe, P., O. Countryman, and H. Storey. 1954. Hydrologic analysis used to determine effects of fire on peak discharge and erosion rates in southern California watersheds California Forest and Range Experiment Station.
- Sala, M., M. Soler, and M. Pradas. 1994. Temporal and spatial variations in runoff and erosion in burnt soils, pp. 1123-1134 *2nd Int. Conf. Forest Fire Research*, Coimbra, Portugal.
- Sánchez-González, M., R. Calama, I. Cañellas, and G. Montero. 2007. Variables influencing cork thickness in Spanish cork oak forests: a modelling approach. *Annals of Forest Science* 64:301-312.
- Schaffhauser, A., T. Curt, E. Véla, and T. Taton. 2012. Recurrent fires and environment shape the vegetation in *Quercus suber* L. woodlands and maquis. *Comptes Rendus Biologies* 335:424-434.
- Scott, K.M., and R.P. Williams. 1978. *Erosion and sediment yields in the Transverse Ranges, southern California* US Government Printing Office.
- Sedlmeier, P., and G. Gigerenzer. 1989. Do studies of statistical power have an effect on the power of studies? *Psychological Bulletin* 105:309.
- Shakesby, R. 2011. Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: review and future research directions. *Earth-Science Reviews* 105:71-100.
- Shakesby, R., and S. Doerr. 2006. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. *Earth-Science Reviews* 74:269-307.
- Shakesby, R.A., C.d.O. Coelho, A.D. Ferreira, J.P. Terry, and R. Walsh. 1994. Fire, post-burn land management practice and soil erosion response curves in eucalyptus and pine forests,

- north-central Portugal. Soil erosion as a consequence of forest fires. *Geoforma Ediciones*, Logrono, Spain:111-132.
- Silva, J., and F. Rego. 2007. O fogo enquanto factor natural, p. 15-39, *In Público*, et al., eds. *Árvores e Florestas de Portugal: Proteger a Floresta, Incêndios, pragas e doenças*, Vol. 8, Lisboa.
- Silva, J., E. Deus, and L. Saldanha. 2008. Incêndios florestais - 5 anos após 2003. Lisboa: Autoridade Florestal Nacional/Liga para a Protecção da Natureza:207.
- Silva, J.S., and F. Catry. 2006. Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *International journal of environmental studies* 63:235-257.
- Silva, J.S., F.C. Rego, and S. Mazzoleni. 2006. Soil water dynamics after fire in a Portuguese shrubland. *International Journal of Wildland Fire* 15:99-111.
- Silva, M.C. 1996. Contributo para o estudo da qualidade da cortiça. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Secção de Engenharia Florestal, Vila Real.
- Soler, M., M. Sala, and F. Gallart. 1994. Post fire evolution of runoff and erosion during an eighteen month period. Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires. *Geoforma ediciones*. Logroño:149-162.
- Sousa, E.d., J.C. Pinto, M.N. Santos, A.A. Gomes, L.F. Bonifácio, T. Oszako, and C. Delatour. 2000. Association of soil macro and microelements and cork oak decline in Portugal, pp. 215-218 *Recent advances on oak health in Europe. Selected papers from a conference held in Warsaw, Poland, 22-24 November 1999.* Instytut Badawczy Lesnictwa (Forest Research Institute).
- Stohlgren, T.J., and P.W. Rundel. 1986. A population model for a long-lived, resprouting chaparral shrub: *Adenostoma fasciculatum*. *Ecological modelling* 34:245-257.
- Strasser, M.J., J.G. Pausas, and I.R. Noble. 1996. Modelling the response of eucalypts to fire, Brindabella Ranges, ACT. *Australian Journal of Ecology* 21:341-344.
- Swanson, F.J. 1981. Fire and geomorphic processes. Mooney, HA; Bonnicksen, TM; Christensen, NL; Lotan, JE:401-444.
- Team, Q.G.D. 2011. Quantum GIS - Geographic Information System. Wroclaw: Open Source Geospatial Foundation Project.
- Tenorio, M.C., C.M. Juaristi, and H.S. Ollero. 2001. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica, 2nd ed. Barcelona: Planeta.
- Tiedemann, A., C. Conrad, J. Dieterich, J. Hornbeck, W. Megahan, L. Viereck, and D. Wade. 1979. Effects of Fire on Water. A State-of-art Review. United States Department of Agriculture, Forest Service. General Technical Report WO-10.
- Torres, E., G. Montero, and M.A. Suarez. 1997. Relación entre la densidad de la mas y la producción de corcho en montes alcornocales del Sur de España, p. 529-534 *Puertas F., Rivas M. (Eds), II Congreso Forestal Nacional, Vol. 4.*
- Úbeda, X., M. Lorca, L.R. Outeiro, S. Bernia, and M. Castellnou. 2005. Effects of prescribed fire on soil quality in Mediterranean grassland (Prades Mountains, north-east Spain). *International Journal of Wildland Fire* 14:379-384.
- Vazquez, F.J. 2002. Modelos preditivos de produção de cortiça e detecção precoce da qualidade, Ph.D. thesis, ISA, Lisboa.
- Wells, C.G., R.E. Campbell, L.F. DeBano, C.E. Lewis, R.L. Fredriksen, E.C. Franklin, R.C. Froelich, and P.H. Dunn. 1979. Effects of fire on soil: a state-of-knowledge review Department of Agriculture, Forest Service.
- Whelan, R.J. 1995. The ecology of fire Cambridge University Press, Cambridge.

Sítio de Internet consultado:

<http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/>