



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E AMBIENTE



**Diversidade de Macrofungos em Sobreiral serrano do sul de
Portugal: sua relação com a gestão florestal.**

**Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Gestão e
Conservação da Natureza**

Ana Luisa Mauricio Frutuoso

Faro
2007

Nome: Ana Luisa Mauricio Frutuoso

Departamento: Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente – Universidade do Algarve

Orientador: Dr. Pedro Beja (Erena, Gestão e Ordenamento de Recursos Naturais)

Dr. Mario Honrubia (Universidade de Múrcia, Espanha)

Orientação da Universidade do Algarve: Dra. Ester Serrão

Data: 22 Março, 2007

Título da Dissertação: Diversidade de Macrofungos em Sobreiral serrano do Sul de Portugal: sua relação com a gestão florestal.

Juri:

Presidente: Doutora Maria Leonor Quintais Cancela da Fonseca, Professora Catedrática da Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente da Universidade do Algarve;

Vogais:

- Doutora Celeste Maria Martins Santos Silva, Professora Auxiliar da Universidade de Évora;

- Doutor Eduardo Manuel Ferreira Dias, Professor Auxiliar da Universidade dos Açores;

- Doutora Maria Ester Tavares Alvares Serrão, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente da Universidade do Algarve;

- Doutor Pedro Rui Correia de Oliveira Beja, Biólogo da Erena – Ordenamento e Gestão de Recursos Naturais, na qualidade de Orientador.

Agradecimentos

Foi um privilégio ter tido a oportunidade de estudar, no âmbito deste tese, os fungos florestais que desde há muito tempo conquistaram a minha atenção pessoal e profissional. Para o sucesso deste trabalho contribuíram várias pessoas e entidades, às quais gostava de agradecer com todo o coração.

Desde o momento de partida desta tese agradeço as sugestões, correcções e apoio dos meus orientadores, cada um à sua medida e na sua especialidade: ao Dr. Pedro Beja e Dr. Mario Honrubia, agradeço o facto de terem facultado a realização deste trabalho.

Agradeço à Dra. Guilhermina Marques, ao Dr. Paulo Oliveira e ao Dr. Luís Palma, por terem contribuído com o seu tempo e apoio no arranque deste trabalho. Agradeço também à Dra. Ester Serrão por me ter sempre apoiado e incentivado, bem como pela ajuda no trabalho laboratorial. Agradeço à fantástica equipa de campo do projecto Agro 8 por tanto ter ajudado nas amostragens e pela amizade que construímos. Agradeço também aos amigos que me acompanharam nas amostragens sempre que pedi e agradeço à Associação de Produtores Florestais da Serra do Caldeirão, por me ter apoiado e permitido a realização de trabalho de campo.

Agradeço ao Instituto Geográfico Português e ao Instituto Geográfico do Exército por gentilmente terem cedido a informação geográfica que lhes pedi, no âmbito dos respectivos programas de apoio a este tipo de trabalho.

Agradeço aos micólogos especialistas que dispenderam algum do seu tempo para me ajudarem na árdua tarefa de identificação de cogumelos: D. Romero de la Osa, Dra. Jacquelin Baar, Prof. Baptista-Ferreira e Dra. Celeste Silva. Agradeço ainda ao Dr. Tiago Marques por ter ajudado na complexa tarefa de tratamento de dados com o programa DISTANCE.

Por fim, agradeço aos meus pais todo o apoio e incentivo que me deram ao longo deste trabalho e, agradeço a todas as pessoas aqui não mencionadas mas que de algum modo contribuíram para a realização desta tese.

RESUMO

O presente estudo desenvolve-se no sul de Portugal, num ecossistema florestal de *Quercus suber*, caracterizado por elevada densidade de árvores e declives elevados, onde existe uma gestão florestal baseada na limpeza de matos e exploração suberícola. Pretendeu-se estudar a diversidade de macrofungos florestais ectomicorrízicos e sapróbios, relacionando-a com variáveis de habitat, de modo a concluir sobre uma potencial relação com as limpezas de mato.

Os resultados mostraram uma relação entre a diversidade e abundância das espécies ectomicorrízicas e sapróbias com a idade da vegetação arbustiva, logo com as limpezas de mato. Verificou-se que os matos até 10 anos de idade e depois a partir dos 40 anos são os mais favoráveis às espécies ectomicorrízicas, enquanto que para os sapróbios são favoráveis os matos a partir dos 30 anos de idade. Verificaram-se ainda algumas especificidades dos *taxa* ectomicorrízicos amostrados nos sobreirais da Serra do Caldeirão.

Concluiu-se então que a melhor estratégia de gestão consiste na manutenção de um mosaico de diferentes habitats para conservar a diversidade de fungos, bem como favorecer as diferentes espécies comerciais que se encontram na área de estudo.

Palavras-chave: *Quercus suber*, fungos ectomicorrízicos, fungos sapróbios, habitat, diversidade, abundância, gestão

SUMMARY

This study is developed in south Portugal, in a forest ecosystem of *Quercus suber*, characterized by a high density of trees and high slope, where the forest management is based in shrub clearing and cork exploitation. The aim of this work is to study the diversity of forest macrofungi, ectomycorrhizal and saprobes, relating it with habitat variables, to conclude about a potential relation with shrub clearing.

The results show a relation between diversity and abundance of the ectomycorrhizal and saprobes species, with the age of shrub vegetation, so with the shrub clearings. We verify that the woods until 10 years age and then after 40 years age, are the more favourable to ectomycorrhizal species, while to the saprobes, the favourable woods are after 30 years age. We verify some specificities of the ectomycorrhizal *taxa* found in Serra do Caldeirão.

In this work was concluded that the best strategy to management is a path with different habitats to conservation of fungi diversity, as well as the commercial species that growth in study area.

Key words: *Quercus suber*, ectomycorrhizal fungi, saprobe fungi, habitat, diversity, abundance, management

Índice Geral

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Índice	v
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tabelas.....	ix

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Taxonomia	1
1.2. Reprodução	3
1.3. Nutrição	5
1.4. Relações Simbióticas Mutualistas – Micorrizas	7
1.5. Ecologia dos fungos florestais	8
1.6. Gestão florestal em Sistemas Mediterrânicos	11
1.7. Diversidade de fungos ectomicorrízicos em Sistemas Mediterrânicos	12
1.8. Problema em estudo e Objectivos	14
2. METODOLOGIA	16
2.1. Área de estudo	16
2.2. Selecção das parcelas de amostragem	17
2.3. Caracterização das parcelas de amostragem	21
2.4. Delineamento do trabalho de campo	24

2.5. Metodologia de amostragem	25
2.6. Tratamento dos dados	27
3. RESULTADOS	29
3.1. Diversidade do micobiota em sobreiral	29
3.2. Estimativas de densidades de carpóforos	32
3.3. Variação temporal das abundâncias	34
3.4. Factores que afectaram a abundância	38
3.5. Factores que afectaram a riqueza específica	44
3.6. Evolução da riqueza específica com a idade do mato	47
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	
4.1. Diversidade do micobiota em sobreiral	48
4.2. Estimativas de densidade de carpóforos.....	50
4.3. Variação temporal das abundâncias	52
4.4. Factores que afectaram a abundância	53
4.5. Factores que afectaram a riqueza específica	55
4.6. Evolução da riqueza específica com a idade do mato	57
4.7. Modelo de Gestão	58
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

Índice de Figuras

Figura 1: Árvore filogenética dos fungos, com a divisão em quatro Fila e com uma indicação das prováveis relações evolutivas.....	2
Figura 2: Ciclo de vida de um basidiomicete	5
Figura 3: Mapa apresentando as parcelas de estudo na Serra do Caldeirão, localizadas nas Folhas nº 588, 589, 597 e 598 da Carta Militar Portuguesa.....	18
Figura 4: Esquema da parcela com o transecto principal e as diferentes sub-áreas onde as amostragens de inventário ocorreram.....	21
Figura 5: Riqueza (% taxa) e abundância (%carpóforos) dos 16 géneros de fungos ectomicorrízicos encontrados nas amostragens da Serra do Caldeirão	30
Figura 6: Riqueza (% taxa) e abundância (%carpóforos) dos 18 géneros de fungos sapróbios encontrados nas amostragens da Serra do Caldeirão	31
Figura 7: Curvas de dominância-diversidade para fungos ectomicorrízicos e sapróbios encontrados nas 48 parcelas, amostradas no Inverno de 2005/06	32

Figura 8: Estimativas da densidade de carpóforos de fungos ectomicorrízicos e sapróbios nas 48 parcelas de amostragem, no Inverno de 2005/2006	34
Figura 9: Variação temporal da abundância de carpóforos de fungos ectomicorrízicos (a) e sapróbios (b), encontrados nas 48 parcelas amostradas no Inverno 2005/2006	36
Figura 10: Variação temporal da abundância de carpóforos de fungos dos géneros Cortinarius (a), Lactarius (b) e Russula (c), encontrados nas 48 parcelas amostradas no Inverno de 2005/2006	37
Figura 11: Variação da abundância corrigida de carpóforos de fungos ectomicorrízicos (a) e sapróbios (b), em função do tempo desde a última desmatção, nas 48 parcelas amostradas no Inverno 2005/2006.....	40
Figura 12: Principais relações encontradas entre as abundâncias corrigidas de fungos sapróbios e ectomicorrízicos, e variáveis de habitat que reflectem a estrutura e composição dos povoamentos suberícolas.....	42
Figura 13: Principais relações encontradas entre as abundâncias corrigidas de fungos do género Lactarius e variáveis de habitat que refletem a estrutura e composição dos povoamentos suberícolas	43

Figura 14: Relações entre o nº de espécies e o nº de carpóforos de fungos ectomicorrízicos (a) e sapróforos (b) encontrados nas 48 parcelas amostradas no Inverno de 2005/0645

Figura 15: Relação entre a riqueza específica corrigida de fungos ectomicorrízicos e a densidade de Erica arborea, nas parcelas amostradas no Inverno de 2005/0646

Figura 16: Relação entre a riqueza específica corrigida de fungos sapróbios e a densidade de sobreiro, nas parcelas amostradas no Inverno 2005/200646

Figura 17: Curva de acumulação de novas espécies de fungos ectomicorrízicos e sapróbios em função da acumulação de parcelas progressivamente mais velhas47

Índice de Tabelas

Tabela 1: Parâmetros dendrométricos estimados para as árvores presentes nas parcelas amostradas.....22

Tabela 2: Variáveis de habitat utilizadas no estudo dos factores que determinaram a diversidade e abundância de macrofungos em 48 parcelas florestais da Serra do Caldeirão, amostradas no Inverno 2005/200624

Tabela 3: Resumo das análises univariadas relacionando a abundância de fungos ectomicorrízicos e sapróbios com variáveis que reflectem a idade, composição e estrutura dos povoamentos florestais38

1. INTRODUÇÃO

O conceito de ecossistema florestal é tradicionalmente encarado como a parte aérea do sistema, no entanto deve-se integrar os elementos que constituem o micobiota do solo, tal como a própria arquitectura radicular. Em relação à gestão da vegetação, há que ter sempre presente o papel das micorrizas e a sua importância para o estabelecimento e funcionamento dos ecossistemas terrestres. Ao entrar nos nossos bosques devemos pensar que a salubridade dos mesmos está, em grande parte, intimamente relacionada com o estado micorrízico do sistema e, por consequência, que muitos dos carpóforos que frutificam são os responsáveis finais, ou grandes participantes, para o seu correcto funcionamento. (Honrubia García *et al.*, 2002)

1.1. Taxonomia

O Reino Fungi divide-se em quatro Filos: *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota* e *Basidiomycota*, incluindo-se nestes grupos organismos muito diversos, desde unicelulares a multicelulares (Kirk *et al.*, 2001). Os cogumelos considerados como macrofungos ou fungos superiores encontram-se no Filo *Basidiomycota*.

A diversidade no Reino Fungi é impressionante, existindo mais de 100 000 espécies conhecidas, embora os micologistas estimem que actualmente existem cerca de 1,5 milhões de espécies em todo o mundo (Campbell & Reece, 2002). Na Figura 1 encontra-se um esquema da divisão do Reino Fungi em quatro Fila.

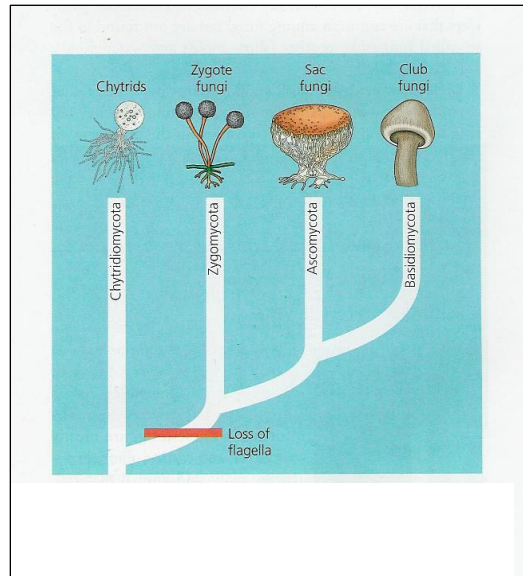


Figura1: Árvore filogenética dos fungos, com a divisão em quatro Filas e com uma indicação das prováveis relações evolutivas. (adaptado de Campbell & Reece, 2002)

O fungo possui um corpo vegetativo denominado por micélio e que é composto por filamentos tubulares de crescimento rápido denominados de hifas (Purves *et al.* 2001, Deacon, 1997). As hifas crescem apenas nas extremidades pelo que estes organismos apresentam crescimento apical (Deacon 1997, Jennings & Lysek 1996). A maioria dos fungos é multicelular, onde as hifas estão divididas em células através de paredes incompletas ou septo. O septo geralmente tem poros suficientemente largos para permitir que ribossomas, mitocôndrias e até núcleos possam fluir de célula para célula. As paredes celulares dos fungos diferem das paredes das plantas, uma vez que as paredes dos fungos são principalmente de quitina (Campbell & Reece, 2002).

O micélio expande-se por extensão das hifas individuais e o limite vai até onde as hifas tenham superfície onde obter nutrientes (Jennings & Lysek, 1999). Esse crescimento pode exceder 1 km por dia, sendo que as hifas podem encontrar-se dispersas ou amontoar-se numa massa. Quando são produzidos esporos sexuais, o micélio organiza-se em corpos frutíferos que são os cogumelos (Purves *et al.*, 2001).

Na hifa, podem diferenciar-se quatro zonas, no seu eixo longitudinal, que correspondem aos vários estádios de desenvolvimento. Primeiro, a zona de crescimento apical que corresponde à parte responsável pela extensão da hifa e por onde se dá a excreção das enzimas que vão realizar a digestão extracelular do substrato; após esta e para o interior, encontra-se a zona de absorção através da qual são incorporados os nutrientes em solução, por osmose; a zona de armazenamento vem imediatamente a seguir, é aqui que parte dos nutrientes absorvidos são armazenados para constituir substância de reserva; por último, a zona de senescência, a parte mais velha do micélio, que é caracterizada pela presença de pigmentos escuros e por fenómenos de autólise (Jennings & Lysek, 1999).

1.2. Reprodução

A reprodução nos fungos pode ser sexuada ou assexuada, sendo que a reprodução assexuada pode suceder quando existe produção de esporos haploides em estruturas denominadas de esporângios. Neste tipo de reprodução pode também haver produção de esporos fora dessas estruturas, mais propriamente nas extremidades das hifas adquirindo o nome de conidia; ou, divisão celular em fungos unicelulares; ou, a simples quebra do micélio. (Purves *et al.*, 2001)

A reprodução sexuada, sendo igualmente comum, ocorre sem haver uma distinção morfológica das estruturas femininas e masculinas. As características da reprodução sexuada serão abordadas consoante o Fila, pois os respectivos mecanismos são distintivos de cada Fila.

O Filo *Zygomycota* reproduz-se sexuadamente quando duas hifas complementares desenvolvem gametângios, estes fundem-se e resultam num zigospórângio que contém estruturas resistentes, os zigósporos (Campbell & Reece, 2002). No Filo *Chytridiomycota*, embora a reprodução possa suceder de modo assexuado ou sexuado, nunca existe uma fase dicariótica (Purves *et al.*, 2001). Por outro lado, o Filo *Ascomycota* é caracterizado pela produção de sacos chamados de asci como estruturas de reprodução sexuada. A reprodução inicia-se com uma fase haploide, ocorre então a fusão dos núcleos onde se inicia a fase diploide, passando depois por uma meiose e uma mitose única. Ao fim deste ciclo obtém-se ascósporos encerrados nos sacos ou asci (Purves *et al.*, 2001).

O Filo *Basidiomycota*, por ser o que nos interessa neste trabalho, será alvo de uma descrição mais detalhada. O ciclo de vida de um basidiomicete pressupõe uma longa fase como micélio dicariótico. Periodicamente, em resposta a estímulos ambientais, este micélio reproduz-se sexuadamente através da produção de elaborados corpos frutíferos denominados por basidiocarpos, em muitos casos também se pode chamar a título comum de carpóforos ou cogumelos. Saliente-se que neste Filo a reprodução assexuada é muito menos comum do que por exemplo nos ascomicetes (Filo *Ascomycota*). A estrutura reprodutora onde se realiza todo o processo denomina-se por basídio, sendo que o chapéu de um cogumelo suporta e protege uma ampla área superficial com basídios, dentro das suas lâminas (Campbell & Reece, 2002; Deacon, 1997). Após a fusão dos núcleos nos basídios, sucede a meiose ao núcleo diploide e então os quatro resultantes núcleos haploides são incorporados em basidiosporos haploides. Normalmente estes basidiosporos são libertados para o ambiente dando origem a novas

hifas haploides, estas irão crescer encontrar hifas complementares e fundirem-se em hifas dicarióticas. O micélio dicariótico cresce e eventualmente produz novos basidiocarpos, como os cogumelos e o ciclo repete-se. (Purves *et al.*, 2001) A Figura 2 descreve o ciclo de vida de um basidiomicete.

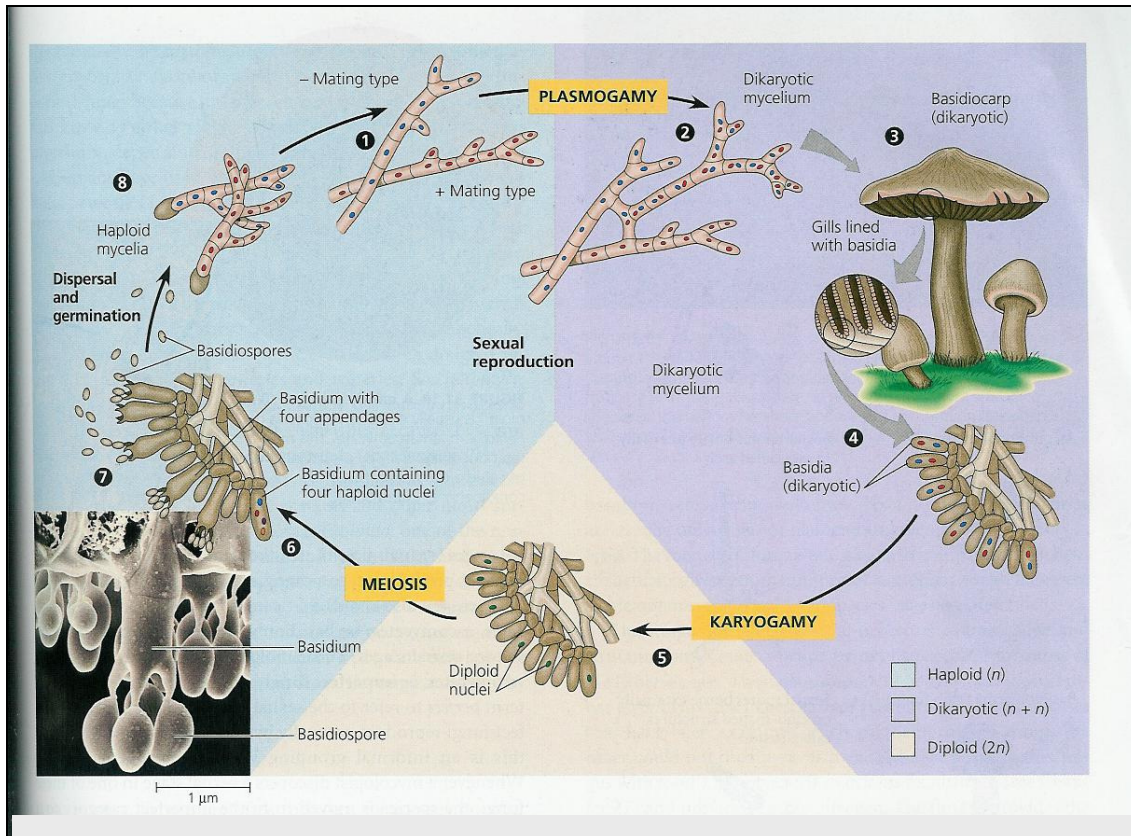


Figura 2: Ciclo de vida de um basidiomicete (adaptado de Purves *et al.*, 2001).

1.3. Nutrição

Quanto ao modo de nutrição, os fungos são organismos heterotróficos e quimio-organotróficos, ou seja, necessitam de compostos químicos como fonte de energia, a fonte de electrões é orgânica e a fonte de carbono é encontrada noutros organismos (hetero) (Deacon, 1997). Neste modo de nutrição, as pequenas moléculas orgânicas são

absorvidas do meio circundante, a digestão do alimento ocorre fora do corpo do fungo através da secreção de poderosas enzimas hidrolíticas. Estas exoenzimas decompõem moléculas complexas, em simples compostos que os fungos conseguem absorver e utilizar. O modo de nutrição por absorção é associado com as regras ecológicas, pelo que os fungos podem ser sapróbios, ou seja decompositores, podem ser parasitas, ou simbioses mutualistas. (Campbell & Reece, 2002)

Os fungos sapróbios obtêm a energia, o carbono e o azoto a partir de matéria orgânica inanimada, a qual decompõem, devolvendo então ao ambiente importantes elementos como o carbono e outros, que são assim reintroduzidos no ciclo da vida (Purves *et al.*, 2001). Os fungos parasitas absorvem os nutrientes das células de organismos vivos, podendo portanto ser patogénicos. Os fungos patogénicos são responsáveis por cerca de 80% das doenças de plantas (Campbell & Reece, 2002).

Os fungos simbioses mutualistas também absorvem nutrientes de um organismo hospedeiro, mas através de uma relação benéfica e recíproca entre ambos, que é estabelecida através de uma ligação nas raízes da planta (Campbell & Reece, 2002). Nas relações deste tipo, o fungo normalmente obtém do hospedeiro o carbono orgânico que necessita e em troca beneficia a planta aumentando a absorção de nutrientes minerais, como o fósforo e o azoto, do solo. Os fungos micorrízicos podem ainda proteger as plantas da acção de patogénicos ou de metais pesados, potencialmente tóxicos em alguns ambientes (Deacon, 1997).

1.4. Relações Simbióticas Mutualistas - Micorrizas

As micorrizas são associações mutualistas entre as raízes das plantas e os fungos, através de umas estruturas que se formam pelas células das raízes e pelas hifas do fungo associado (Campbell & Reece, 2002).

Existem diferentes tipos de micorrizas, que se distinguem pela morfologia e sob alguns pontos de vista, pela sua fisiologia. As ectomicorrizas são caracterizadas por uma densa bainha de células fúngicas, rodeando a raiz e em que as hifas apenas penetram o espaço intercelular das camadas mais externas do tecido vegetal (Moore-Landecker, 1996). A hifa do fungo colonizador rodeia a raiz e forma uma camada que isola a superfície da raiz do seu substrato. Este manto ectomicorrízico está então conectado a uma rede de hifas altamente extensa, que explora o solo (Tagu et al. 2001).

A cor e morfologia das hifas podem ser elementos identificativos do fungo em questão. Algumas árvores florestais são ectomicorrízicas obrigatórias e o seu desenvolvimento pode falhar na ausência desta associação, como por exemplo o pinheiro, o carvalho, a faia e o salgueiro. Os fungos que formam ectomicorrizas são normalmente Basidiomicetes, no entanto, ocorrem também alguns exemplos em duas ordens de Ascomicetes. Existem também as endomicorrizas, ou seja, o fungo penetra as células da raiz e nunca forma uma bainha (Moore-Landecker, 1996).

As plantas com micorrizas activas normalmente são mais verdes e podem resistir à seca e a temperaturas elevadas muito melhor que plantas da mesma espécie que tenham micorrizas pouco desenvolvidas. Esta parceria entre a planta e o fungo resulta numa planta melhor adaptada para a vida na terra (Purves *et al.*, 2001).

A relação simbiótica que sucede com as ectomicorrizas baseia-se numa questão de comunicação entre as duas partes, determinando a estabilidade e enriquecimento da relação. A chave para este equilíbrio deve-se provavelmente a um delicado balanço entre duas questões: a determinação genética para a capacidade de formar simbioses e, as condições ambientais que podem aumentar ou reprimir o estabelecimento da relação. A recepção sensitiva do ambiente por parte da célula e a comunicação entre células no tecido ectomicorrízico parece ser a parte mais importante deste intercâmbio. Qualquer quebra desta relação conduz a uma disfunção da simbiose. Tal situação pode acontecer durante um Inverno ou durante o período de senescência da raiz e da hifa.

A simbiose desenvolve um papel essencial na estabilidade dos ecossistemas florestais, sendo fulcral na protecção das árvores relativamente a ataques de patógenos e relativamente a condições abióticas adversas do solo como o stress hídrico. (Tagu et al. 2001)

A conservação da diversidade das micorrizas é importante a nível florestal ainda devido a duas razões: a) diferentes fungos ectomicorrízicos desempenham diferentes funções no crescimento das árvores; b) as comunidades ectomicorrízicas mudam consoante as diferentes idades das parcelas florestais e vão variando ao longo da paisagem devido a essas associações (Baar e Braak 1995, Wiensczyk et al. 2002).

1.5. Ecologia dos fungos florestais

As características do solo e o desenvolvimento das plantas hospedeiras parecem ser determinantes na presença das espécies de fungos ectomicorrízicos, bem como das diferentes comunidades que se vão instalando ao longo da vida da floresta. No entanto,

os estudos ecológicos de fungos são normalmente complexos devido às flutuações de frutificação que torna difícil a prospecção de campo, associando-se a insuficiente conhecimento taxonómico, o que resulta em muito pouca informação nesta área (Rydin et al. 1997, Munguia et al. 2005).

Existem vários estudos que tentam relacionar características de habitat com a diversidade ou a produtividade de fungos ectomicorrízicos, ou ainda comparar a diversidade em diferentes habitats numa determinada região. Na Estónia decorreu um trabalho num determinado habitat que se assemelha em algumas características ao montado português, com o objectivo de estudar a diferença entre gestão humana e sem qualquer gestão. Os fungos ectomicorrízicos foram amostrados nas raízes das plantas e não através das frutificações. Os resultados mostraram que as zonas geridas apresentam grandes diferenças comparativamente a zonas florestais, embora sem aparente dependência das variáveis do solo ou dos horizontes do solo. As comunidades de fungos ectomicorrízicos são altamente diferentes nos dois sistemas, apenas cerca de 18% das espécies são partilhadas (Tedersoo et al., 2006). Este trabalho revelou assim a importância da manutenção de um padrão de paisagem e de uma coexistência entre diferentes habitats, de modo a obter uma maior diversidade de fungos ectomicorrízicos.

Ainda em comparações de habitats, Goodman e Trofymow (1998) estudaram a distribuição de ectomicorrizas em micro habitats florestais em Vancouver, onde observaram uma variação do tipo de micorríza segundo o micro habitat, relacionada com as características químicas do solo, nomeadamente a disponibilidade de fósforo e azoto. Estudos anteriores já tinham demonstrado especializações ecológicas em fungos ectomicorrízicos, nomeadamente que existem os fungos de estádios iniciais e os fungos

de estádios tardios. Que existem alguns capazes de decompor lenhina e celulose o que lhe dá alguma flexibilidade na estratégia ecológica, enquanto outros aparecem especificamente em habitats perturbados ou com determinadas características na composição do solo (Goodman e Trofymow, 1998)

Nos ecossistemas florestais existe então uma variação nos fungos micorrízicos consoante a idade das plantas hospedeiras. Em viveiro parece destacar-se o género *Thelephora* e fungos que formam ectomicorrizas, que são substituídos assim que as plantas entram em posteriores fases de desenvolvimento. Os fungos micorrízicos de estádios posteriores dificilmente surgem em condições de viveiro ou de plantas muito jovens. Enquanto que se suceder um fenómeno perturbador do solo como um incêndio, a recolonização ectomicorrízica pode acontecer através de sistemas de raízes que se mantêm inalterados (Torres e Honrubia, 1997). No entanto, os fungos ectomicorrízicos geralmente não conseguem sobreviver longos períodos no solo sem um hospedeiro, razão pela qual as hifas estão tipicamente ligadas a raízes vivas. A importância relativa de cada tipo de inóculo nas florestas não é bem conhecido, no entanto a quantidade e diversidade de inóculo normalmente decresce rapidamente após o corte ou queima das árvores hospedeiras, sendo tanto mais grave quanto a severidade da perturbação. A recuperação dos fungos ectomicorrízicos após uma situação de perturbação requer algum tempo, que pode ascender a décadas (Wiensczyk et al., 2002).

Após um fenómeno de perturbação, a recuperação e reintrodução de espécies depende das estratégias em termos de estabilidade de populações, que dividem-se em estratégia “r” e estratégia “K”. Os estrategas “r” são capazes de ocupar rapidamente um novo habitat, com explosões de *taxas* de reprodução seguidas de um declínio no tamanho da

população e onde os ciclos de vida são curtos. Os estrategas “K” apostam na reprodução com qualidade, utilizando eficientemente os recursos e protegendo-os, conseguem assim populações mais estáveis. Os fungos utilizam diferentes mecanismos consoante o habitat e as fontes de carbono. As estratégias para os fungos, de um modo geral, são classificadas como “R” – ruderal, “S” - «stress selected» e “C” – combativa. No entanto, muitos fungos conseguem exibir uma ou mais estratégias, consoante as condições ambientais a que estão sujeitos (University of Sydney, 2004).

1.6. Gestão florestal em sistemas mediterrânicos

As florestas mediterrâneas, em particular o Sobreiral, são frequentemente sujeitas a limpezas de mato, que consistem numa prática silvícola em que se procede à remoção de toda a vegetação de subcoberto, com dois objectivos principais: (1) diminuir a competição por nutrientes entre a vegetação arbustiva e os sobreiros, de modo a incrementar a produção de cortiça e, (2) evitar a acumulação de biomassa combustível para reduzir o risco de incêndios florestais. No entanto, estas práticas silvícolas podem ter efeitos negativos na ecologia florestal, uma vez que simplificam a estrutura do ecossistema, decrescem a biodiversidade enquanto favorecem algumas espécies de plantas oportunistas e limitam a regeneração natural. A remoção da biomassa arbustiva pode inclusive afectar as propriedades do solo, especialmente a nível biológico e bioquímico, uma vez que a limpeza de mato modifica as condições microclimáticas ao nível do solo, bem como a quantidade e qualidade do potencial «input» orgânico no solo. (Quilchano & Marañón, 2002)

Noutras zonas florestais europeias, nomeadamente na Suécia, a gestão florestal tem dado indicações de poder influenciar a diversidade e riqueza de espécies de macrofungos. Foi verificado, segundo Rydin et al. (1997) que a floresta mais intervencionada pelo Homem ao longo dos anos é onde existe menor riqueza específica de macrofungos, correspondendo também a áreas em maior stress ambiental, baixa diversidade de substratos orgânicos e baixa diversidade de plantas vasculares.

1.7. Diversidade de fungos ectomicorrízicos em sistemas mediterrânicos

Existem poucos trabalhos que descrevam a diversidade de fungos ectomicorrízicos em sistemas mediterrânicos, sendo especialmente raros os estudos em sobreiral.

Em 1997 foi apresentado um estudo taxonómico, ecológico e fisiológico sobre sistemas mediterrânicos, englobando desde pinhais a bosques de azinheira, carrascos e carvalhos. Neste trabalho em relação aos fungos ectomicorrízicos, foram recolhidas 46 espécies em bosques de *Pinus halepensis*, 112 espécies em bosques de *Pinus nigra*, 89 espécies em bosques de *Pinus sylvestris*, 21 espécies em bosques de *Pinus pinaster*, 116 espécies em bosques de *Quercus rotundifolia* e, 4 espécies em bosques de *Quercus faginea*. Verificou-se então que o sistema com maior diversidade ectomicorrízica é o de azinheira, destacando-se o género *Cortinarius* como o que abarca mais espécies. (Sanchez, 1997)

Richard et al. (2004) realizaram um trabalho que visava documentar a diversidade ectomicorrízica num ecossistema florestal mediterrânico sem qualquer gestão e

relacionar os padrões de frutificação com alguns aspectos como a distribuição das espécies hospedeiras, densidade e clareiras. Neste trabalho foi observado que no sistema mediterrânico de azinheira, apenas a azinheira, o medronheiro e duas espécies de esteva tinham a capacidade de se associarem a fungos ectomicorrízicos. Numa amostragem ao longo de 3 épocas consecutivas, através de 78 saídas de campo semanais e numa parcela de 6400 m², foram encontrados 5382 carpóforos. Foram identificados 166 *taxa* ectomicorrízicos e 68 *taxa* sapróbios, enquanto que a família que se distinguiu em termos de abundância e diversidade foi a *Russulaceae*.

Ao nível de Portugal os estudos ainda são poucos e mais focados nas micorrízicas do que nos carpóforos. Existem alguns trabalhos já publicados, nomeadamente duas teses de doutoramento, em que foram estudadas as ectomicorrízicas do sobreiro (*Quercus suber*).

O estudo desenvolvido em Trás-os-Montes (Marques, 2003) pretendia, entre diversos objectivos, contribuir para o conhecimento das espécies de fungos que se associam ao sobreiro. Uma das conclusões obtidas pela autora vem ao encontro das observações de outros autores (Goodman & Trofymow 1998, Torres & Honrubia 1997) em relação à existência de espécies específicas para estádios jovens e tardios. Assim, Marques (2003) verificou que entre as micorrízicas caracterizadas nas plântulas de viveiro ocorreu uma dominância nítida de fungos considerados pioneiros como o *Paxillus involutus* enquanto que espécies tardias como o *Amanita rubescens* tiveram ocorrências esporádicas.

Relativamente a trabalhos que considerem os carpóforos como meio de identificação, foi realizada uma amostragem, durante o período de 1992 a 1998 e ao longo de 27 visitas ao campo, com o objectivo de elaborar o inventário micológico de uma herdade

no âmbito de um projecto de inventariação taxonómica e caracterização ecológica. Nesse trabalho foram inventariadas 332 espécies com base nos carpóforos, das quais cerca de 126 são ectomicorrízicas, na sua maioria relacionadas com o sobreiro (Pinho-Almeida et al., 1999).

Ainda na mesma área (Grândola), foi elaborado outro estudo, desta vez focado também nas micorrizas, para além dos carpóforos. Foi possível observar-se que os dois locais seleccionados para amostragem revelaram diferenças nas espécies ectomicorrízicas, bem como na taxa de micorrização, sendo que as autoras relacionaram essa diferença com a diferente cobertura de vegetação. Por outro lado, não se verificou qualquer relação entre as espécies encontradas nas raízes e as espécies encontradas nas frutificações, constatando-se que as espécies mais comuns nas raízes não possuem frutificações representativas. Por fim as autoras consideraram urgente o desenvolvimento de estudos sobre as comunidades micorrízicas em diferentes montados de sobreiro, com diferentes idades de evolução e usos do solo, isto para que se consiga explicar o papel dos microorganismos simbióticos no equilíbrio do ecossistema. (Azul & Freitas, 1999)

1.8. Problema em estudo e Objectivos

A gestão do sub-coberto em sobreiral pode influenciar a abundância de fungos ectomicorrízicos dependendo, de um modo geral, do estado de degradação do solo e da vitalidade do ecossistema. Segundo as observações de Marques (2003), amostragens realizadas durante o mês de Abril revelaram um sistema radicular em fase de regeneração após o repouso vegetativo, com algumas micorrizas senescentes e

abundantes raízes jovens em fase de rápido crescimento e início de formação de micorrizas. Ainda segundo a mesma autora, as ectomicorrizas só se encontram suficientemente desenvolvidas a partir do mês de Maio. Nesta altura do ano, ou seja na Primavera, entre o mês de Março e Maio é também a altura em que se executa grande parte do trabalho de limpeza de mato nas propriedades florestais. É nesta altura que os pastos já estão desenvolvidos e que as limpezas com vista à prevenção de incêndios florestais são mais eficazes e por isso as mobilizações de solo são frequentes. Desta forma, pode encontrar-se relacionado o factor limpeza de mato com a abundância de macrofungos e com a delapidação do micobiota.

O objectivo principal deste trabalho consistiu em esclarecer a relação entre a gestão florestal do sub-coberto e a abundância e diversidade de carpóforos de fungos ectomicorrízicos com o sobreiro, bem como sapróbios. Pretende-se definir a fase de desenvolvimento do mato (após limpeza) em que abundância dos macrofungos é maximizada e desta forma definir o melhor ciclo de limpezas para proteger o micobiota.

De um modo mais específico, os objectivos desta tese foram:

- Contribuir para a identificação das espécies ectomicorrízicas e sapróbias que frutificam nos ecossistemas florestais dominados por sobreiro, na Serra do Caldeirão (Algarve, Portugal);
- Avaliar a diversidade ectomicorrízica e sapróbia encontrada em áreas com diferentes formas de gestão florestal, nomeadamente no que diz respeito às limpezas de matos e a métodos de realização dessas limpezas;
- Estudar a relação entre frutificação das diferentes espécies de macrofungos e o padrão de vegetação;

- Propor um modelo de gestão específico para este sistema florestal, com vista a atingir dois objectivos necessariamente complementares: conservação da diversidade micológica existente nestes sistemas florestais e diversificação da exploração florestal através do recurso cogumelo.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O trabalho desenvolveu-se no maciço montanhoso denominado Serra do Caldeirão, que se localiza no interior do Sotavento Algarvio, região mais a sul de Portugal continental e estende-se pelos concelhos de Loulé, São Brás de Alportel e Tavira.

A nível climático, a temperatura média anual ronda os 15 a 17°C, enquanto a precipitação média anual pode ir de 700 mm a 1200 mm, consoante a zona e concentrando-se essencialmente no Inverno. A insolação varia entre as 2700 e 3000 horas e a humidade pode ir desde 65% a 75%, também consoante a zona. Quanto à hipsometria a Serra do Caldeirão é medianamente alta, apresentando altitudes na ordem dos 150 m e até aos 550 m. Os declives são maioritariamente médios a elevados, ocorrendo uma percentagem considerável de declives superiores a 40%. A exposição dominante é Sul, revelando uma graduação da altitude de sul para norte. Em termos de solos, a base geológica da serra é xisto. (Atlas do Ambiente, 2002)

A Serra do Caldeirão tem uma grande parte da sua área geográfica classificada como Rede Natura, denominado por Sitio Caldeirão e que inclui catorze Habitats Naturais,

dos quais quatro são prioritários. Esta área classificada considera-se o núcleo de vegetação melhor conservado da parte leste da serra algarvia, sendo a sua importância justificada pela óptima estrutura e densidade do seu coberto vegetal. O coberto vegetal actual é o resultado do abandono gradual da cultura de cereais desde a década de 1960, sendo dominado por esteval. As umbrias das zonas mais declivosas apresentam sobreiral com matagais mais evoluídos de cistáceas e ericáceas. (DGRF, 2006)

A Serra do Caldeirão, apesar de se considerar como núcleo de vegetação bem conservado, apresenta sinais de declínio de sobreiro já com preocupantes áreas de mortalidade (Brasier, 1992).

2.2. Selecção das parcelas de amostragem

Foram seleccionadas 48 parcelas de amostragem representativas de vários estádios da comunidade sub arbustiva, após uma intervenção florestal de limpeza de mato (desmatação), conforme apresentado na Figura 3.

Estas parcelas de amostragem foram seleccionadas no âmbito de um projecto AGRO 8.1 que pretende demonstrar como a gestão de parcelas florestais individuais tem consequências à escala da paisagem (riscos de propagação do fogo ou distribuição de espécies sensíveis), e a forma como a composição e estrutura da paisagem afectam cada parcela individual (riscos de incêndio ou biodiversidade locais). Na presente tese acompanhou-se o trabalho de selecção das parcelas, principalmente no que toca à validação de campo. Nesse sentido passa-se a descrever a metodologia utilizada no projecto AGRO 8.1.

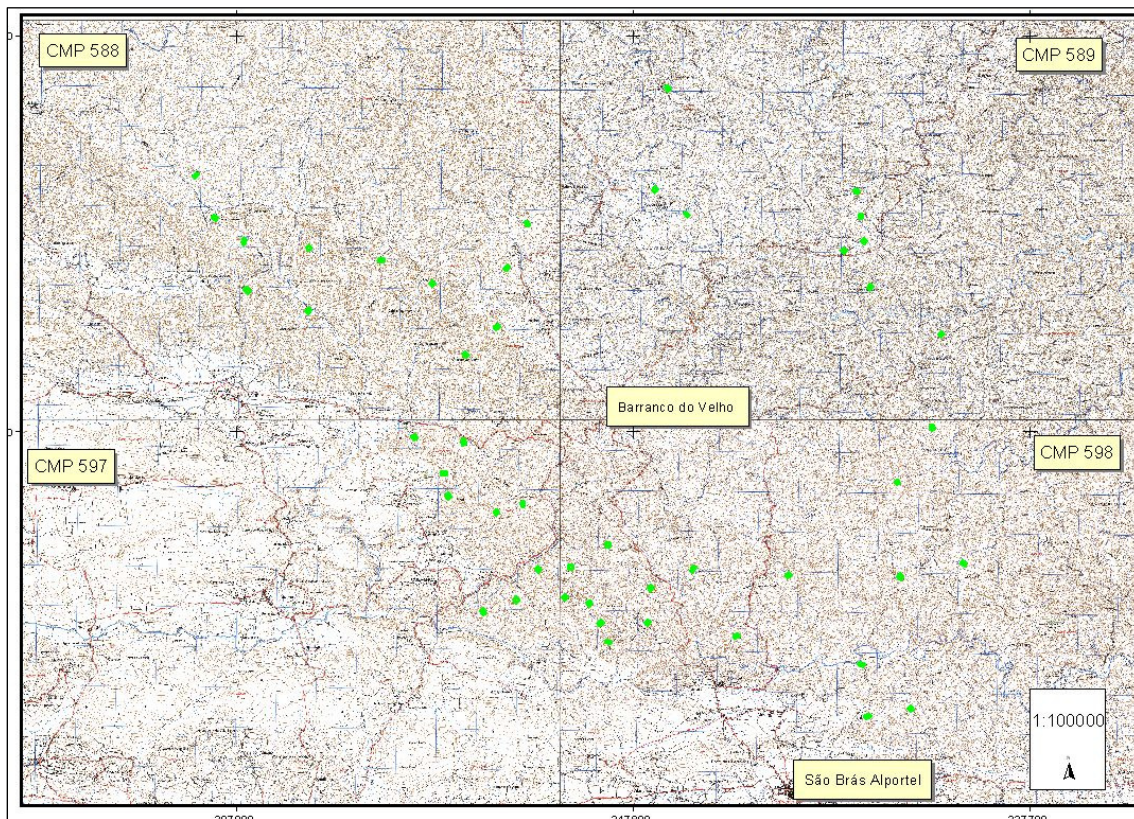


Figura 3: Mapa apresentando as parcelas de estudo na Serra do Caldeirão, localizadas nas Folhas nº 588, 589, 597 e 598 da Carta Militar Portuguesa.

A primeira fase do trabalho de selecção das parcelas passou pelo desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), onde se incluíram os Ortofotos de 1995 (CNIG), a cartografia de uso do solo, a altimetria, as áreas ardidadas desde 1990, os caminhos e estradas, bem como dados relativos às propriedades privadas sobre as intervenções florestais. Foram ainda ortorectificadas e analisadas as fotografias aéreas dos anos 1956, 1958, cedidas pelo Instituto Geográfico do Exército e dos anos 1972 e 1985, cedidas pelo Instituto Geográfico Português, de modo a ultrapassar os 10 anos cobertos pela informação documental e cartográfica mencionada e localizar anos anteriores de intervenções com desmatção.

A informação sobre os caminhos e acessos foi obtida através da digitalização sobre ortofoto de 1995. As parcelas foram seleccionadas efectivamente a partir da cartografia de uso do solo, isolando-se em SIG os povoamentos de sobreiro e/ou medronheiro com densidade de cobertura superior a 30 % e que não tenham sofrido incêndio desde 1990.

As 48 parcelas pretenderam representar 8 parcelas de cada estrato, funcionando como replicados e 6 estratos diferentes. Os estratos correspondem aos anos desde a última limpeza de matos, pois como não seria possível acompanhar uma área desde o ano da limpeza de mato até uma idade considerável, optou-se por replicar no espaço com 8 parcelas por cada tipo de mato.

Para a selecção das parcelas por estratos de idade foi realizada uma distribuição aleatória de 96 pontos dentro do domínio dos povoamentos isolados em SIG e com os seguintes constrangimentos espaciais: a) dois pontos não podem distar menos de 800 m entre si; b) um ponto não pode distar menos de 50 m da orla do povoamento onde se insere. A distância de 800 m pretendeu satisfazer um compromisso entre a maximização da distância entre pontos e a exequibilidade da amostragem. Após esta distribuição os pontos foram aperfeiçoados a partir do ortofotomapa, ajustando-se a localização para se inserirem sempre no interior de uma mancha de vegetação homogénea.

Seguiu-se uma fase de reconhecimento no terreno, na qual foram visitados todos os pontos de amostragem de modo a confirmar a sua validade para o trabalho pretendido, com base na homogeneidade do coberto vegetal num raio mínimo de 50 m e, na dimensão da mancha de vegetação homogénea.

Devido à dificuldade de estimar com rigor a idade dos matos, optou-se por organizar a classificação das parcelas de acordo com as características da vegetação arbustiva, assumindo-se que esta reflectiria a idade do mato. Desta forma, as parcelas classificaram-se segundo as seguintes categorias:

1. Sem espécies arbustivas, com ou sem coberto de herbáceas;
2. Com espécies arbustivas até sensivelmente 20 cm de altura, ou com rebentação de toixa das mesmas e até sensivelmente 40 cm de altura;
3. Presença de espécies arbustivas calibradas, adultas mas jovens, ou seja, com moita ramificada ou com altura superior a 40 cm, mas sempre inferior a 1,5 m;
4. Presença de espécies arbustivas calibradas, adultas com altura mínima de sensivelmente 1,5 m e com diâmetro de tronco nunca superior a cerca de 5 cm;
5. Presença de espécies arbustivas mais ou menos calibradas, em que pelo menos alguns indivíduos apresentam diâmetro de tronco superior a 5 cm;
6. Presença de espécies arbustivas não calibradas (de idades heterogéneas) com presença de indivíduos destas espécies já com porte arbóreo, apresentando diâmetros de tronco que frequentemente excedem os 8 cm.

Após este trabalho, foram seleccionadas aleatoriamente e de entre as que apresentavam as características ideais, 8 parcelas de cada categoria. A conversão para as idades reais foi realizada posteriormente, com base em entrevistas aos proprietários e análise de cobertura aerofotográfica, sendo que tal trabalho foi executado pela equipa do projecto Agro 8.1, já referido.

2.3. Caracterização das parcelas de amostragem

As parcelas de amostragem foram caracterizadas em termos da sua estrutura e composição no âmbito do projecto Agro 8.1 referido e, com base em adaptações de métodos padronizados de inventário florestal.

A metodologia para a realização do inventário baseou-se num transecto com 100 m disposto no eixo maior da parcela e quadrados de amostragem de 20 x 20 m para cada lado do transecto, sendo que os quadrados distanciavam-se cerca de 22 m entre eles, conforme a figura 4.

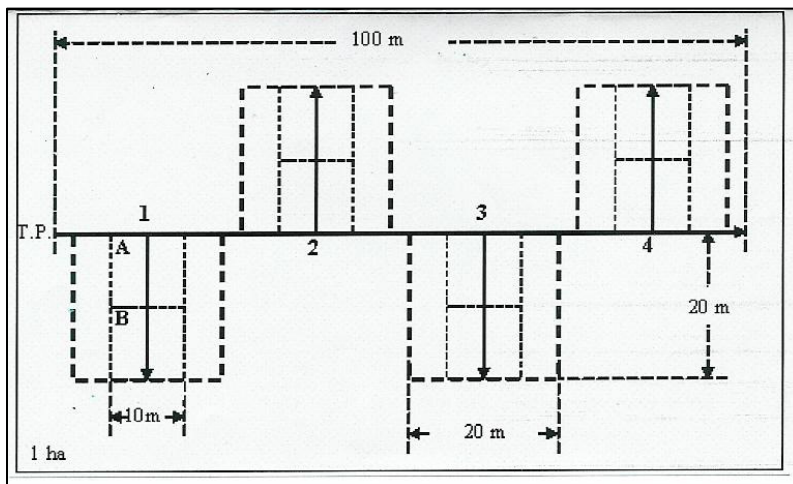


Figura 4: Esquema da parcela com o transecto principal e as diferentes sub-áreas onde as amostragens de inventário ocorreram.

Em cada quadrado foi realizado o inventário florestal de modo a estimar uma série de parâmetros, apresentados na Tabela 1, para todas as árvores. Sendo que se consideraram árvores todas as plantas cujo perímetro à altura do peito (PAP) fosse igual ou superior a 18 cm, independentemente de ter ou não uma copa e fuste bem definidos. A ocorrência de árvores mortas foi igualmente registada e medido o PAP. Ainda em cada quadrado de amostragem, considerou-se um rectângulo central com 2 x 20 m, onde foram

contabilizados, por classes de dimensão, todos os indivíduos de regeneração natural pertencentes às espécies reconhecidamente arbóreas como o sobreiro (*Quercus suber*), o medronheiro (*Arbutus unedo*), o pinheiro (*Pinus* spp.), a azinheira (*Quercus rotundifolia*) e o carvalho-cerquinho (*Quercus faginea*).

Tabela 1: Parâmetros dendrométricos estimados para as árvores presentes nas parcelas amostradas.

Parâmetro	Precisão
Espécie	-
Coordenadas – coordenadas da base do tronco relativas ao quadrado de amostragem	1 dm
Perímetro à Altura do Peito (PAP) – perímetro do tronco a uma altura de 1.30m. Caso exista uma ramificação abaixo deste nível, são medidos os PAP de todos os ramos.	1 cm
Altura total – altura vertical do ponto mais alto da copa em relação à base do tronco	1 dm
Altura da copa – altura vertical a que ocorre a primeira ramificação do tronco principal em relação à base do tronco. Igual a zero caso haja múltiplos troncos principais que distintamente pertencem ao mesmo indivíduo.	1 dm
Altura do descortiçamento – altura vertical em relação à base do tronco a partir da qual o tronco ou os ramos nunca foram descortiçados.	1 dm
Nível de desfoliação – medida da abundância de folhas na copa, em 3 classes, reflexo geralmente do estado sanitário do indivíduo.	-
Ano do último descortiçamento – ano marcado no tronco da cada árvore; quando ausente, o ano é indeterminado.	-
Número de extracções – número estimado do total de extracções de cortiça a que o indivíduo foi sujeito.	-

Para a caracterização da vegetação arbustiva, foram dispostos quatro transectos de 20 m cada, ao longo do eixo principal de 100 m e perpendiculares a ele, sendo que se distanciam cerca de 22 m entre si. Ao longo de cada transecto perpendicular foi amostrada toda a vegetação arbustiva medindo as intersecções das copas com o transecto. No entanto, foram excluídas nesta amostragem as espécies de hábito lianóide como a *Smilax aspera*, *Lonicera implexa* e *L. periclymenum*, por não possuírem uma copa definida. Dividindo ao meio o transecto perpendicular, foram dispostos em cada metade dois quadrados de 10 m de lado, onde foram estimadas visualmente as coberturas relativas das principais espécies (arbustivas e arbóreas) por 7 estratos de altura (0 - 20 cm; 20 - 100 cm; 1 - 2 m; 2 - 4 m; 4 - 8 m; 8 - 16 m e >16 m). Este processo foi complementado no final com uma pequena prospeção sistemática em toda a área dos quadrados, de todas as espécies arbustivas e arbóreas cujas baixas coberturas não lhes permitiram integrar a estimativa por estratos.

Realizou-se ainda a medição da espessura da folhada, sendo que em cada parcela foram percorridos 3 transectos longitudinais e medida, com uma régua, a espessura da folhada no início, no meio e no fim de cada transecto.

Com base nos parâmetros recolhidos e descritos na Tabela 1 foram derivadas 14 variáveis consideradas relevantes na caracterização do habitat dos macrofungos e utilizadas nas análises subseqüentes, encontrando-se descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Variáveis de habitat utilizadas no estudo dos factores que determinaram a diversidade e abundância de macrofungos em 48 parcelas florestais da Serra do Caldeirão, amostradas no Inverno 2005/2006.

Variáveis de Habitat	Transformação	Primavera	Inverno
		Média \pm D.P. (Min-Max)	Média \pm D.P. (Min-Max)
Idade do mato (anos)	-	24.7 \pm 25.4 (0-70)	25.3 \pm 25.8 (0-71)
Cobertura lenhosa (%; 0-0,2 m)	-	6.9 \pm 6.1 (1.1-39.4)	6.7 \pm 6.1 (1.1-39.4)
Cobertura lenhosa (%; 0,2-1 m)	-	16.3 \pm 11.9 (1.1-50.6)	15.8 \pm 12.1 (1.1-50.6)
Cobertura lenhosa (%; 1-2 m)	-	15.4 \pm 12.8 (1.3-56.9)	15.1 \pm 13.0 (1.3-56.9)
Cobertura lenhosa (%; 2-4 m)	-	18.8 \pm 9.4 (2.0-48.8)	18.7 \pm 9.4 (2.0-48.8)
Cobertura lenhosa (%; 4-6 m)	-	18.3 \pm 9.8 (1.6-60.0)	18.0 \pm 9.7 (1.6-60.0)
Cobertura lenhosa (%; 6-8 m)	-	3.7 \pm 3.7 (0.0-13.1)	3.7 \pm 3.7 (0.0-13.1)
Cobertura lenhosa (%; 8-16 m)	-	0.9 \pm 0.1 (0.7-1.0)	0.9 \pm 0.1 (0.7-1.0)
Densidade de <i>Quercus suber</i> (n/ha)	Log ₁₀	210.4 \pm 100.6 (81.3-531.3)	204.8 \pm 96.5 (81.3-531.3)
Densidade de <i>Arbutus unedo</i> (n/ha)	Log ₁₀	35.6 \pm 34.1 (0.0-168.8)	35.5 \pm 34.2 (0.0-168.8)
Densidade de <i>Erica arborea</i> (n/ha)	Log ₁₀	39.2 \pm 89.6 (0.0-425.00)	39.1 \pm 89.7 (0.0-425.0)
Nº espécies arbóreas	Log ₁₀	28.3 \pm 49.7 (0.0-212.5)	28.3 \pm 49.7 (0.0-212.5)
Nº espécies lenhosas	Log ₁₀	3.0 \pm 1.9 (1.0-7.0)	3.0 \pm 1.9 (1.0-7.0)
Profundidade da folhada (cm)	-	20.8 \pm 5.3 (11.0-31.0)	20.7 \pm 5.4 (11.0-31.0)

2.4. Delineamento do trabalho de campo

Todo o trabalho de amostragem e identificação dos macrofungos foi realizado pela autora da presente dissertação.

O trabalho de campo decorreu em dois anos consecutivos 2004-2005 e 2005-2006, durante o Outono, Inverno e ainda na Primavera de 2006. As amostragens de Outono-Inverno iniciaram-se após as primeiras chuvas, correspondendo aos primeiros dias de Novembro, terminando em meados de Fevereiro. Em 2004-2005 as amostragens

terminaram precocemente, no fim de Dezembro, devido à ausência de pluviosidade e consequente inexistência de frutificação dos fungos. A amostragem primaveril decorreu apenas no ano 2006 e durante os meses de Abril e Maio. Assim, foi necessário prolongar a amostragem por dois anos devido à referida ausência de pluviosidade.

A equipa de campo foi composta, em média por 3 pessoas (a autora e 2 voluntários), sendo dois observadores e uma terceira pessoa para esticar a fita de modo a garantir a precisão do transecto. A metodologia utilizada na amostragem será descrita no ponto seguinte.

Devido à impossibilidade física de percorrer todas as parcelas em pouco tempo, apenas se visitou uma vez cada parcela, por época de amostragem, pelo que se optou por aglomerar as parcelas e amostrar uma parcela de cada categoria, em cada visita. Assim, cada saída de campo demorou em média 2-3 dias de trabalho e foi composta por 6 parcelas, correspondendo às 6 categorias existentes. Com este procedimento tentou-se eliminar possíveis efeitos de idade do mato *versus* data de amostragem que potencialmente poderiam confundir as observações, ou seja as respostas dos cogumelos à gestão florestal. Este aspecto é particularmente importante devido à elevada dinâmica sazonal das comunidades destes fungos e a sua sensibilidade a variáveis ambientais como a precipitação (O'Dell et al. 1999, Munguia 2005).

2.5. Metodologia de amostragem

O procedimento de campo baseou-se no método de amostragem *Distance Sampling* (Buckland et al., 2001), um método de amostragem das distâncias que permite corrigir a

visibilidade do meio e desta forma realizar estimativas absolutas de densidade. Em cada parcela foi esticada uma fita métrica ao longo do transecto principal de 100 m, a partir do qual iam sendo detectados os carpóforos (cogumelos) ou conjunto de carpóforos. Em cada detecção foi registada a sua identidade taxonómica, número de indivíduos e distância perpendicular ao transecto.

Posteriormente e na medida que as características do terreno permitiam, percorreu-se o resto da parcela em reforço da prospecção de carpóforos, de modo a assegurar o máximo de identidades taxonómicas e também para validação da metodologia utilizada. O método de prospecção exaustiva de uma área de dimensão definida, normalmente um rectângulo comprido denominado “*line strip*” (Baar e Braak 1995, Luoma *et al.* 1996, Pilz & Molina 1996, Taylor 2002, Frutuoso 2003) é maioritariamente utilizado como único método na amostragem de cogumelos. No presente trabalho, o método de amostragem das distâncias afigurou-se mais apropriado devido a três pontos principais: 1) pretendia-se amostrar uma área muito vasta num período de tempo relativamente curto; 2) as parcelas seriam visitadas apenas uma vez; 3) as áreas diferiam substancialmente em termos de cobertura arbustiva, havendo a possibilidade de ocorrer variações na detectabilidade dos carpóforos, enviesando dessa forma os resultados.

Todos os carpóforos detectados foram registados em fichas de campo e identificados ao nível taxonómico mais detalhado possível, recorrendo a bibliografia especializada (Bielli 1998, Rodriguez *et al.* 1999, Bon 2004) e com orientação de especialistas (Dr. Mario Honrubia, D. Romero de la Osa, Dra. Jacquelin Baar, Prof. Baptista-Ferreira e Dra. Celeste Silva). Os carpóforos foram sempre recolhidos e levados para laboratório, onde se confirmou a identificação taxonómica, pesou em fresco, secou numa estufa à

temperatura de 60°C durante aproximadamente 48h e pesou novamente em seco, registrando-se os dados em fichas de laboratório. Os carpóforos não identificados, por não se encontrarem referências bibliográficas ou devido ao estado de conservação do indivíduo, foram classificados em morfoespécies, sendo um procedimento utilizados em situações semelhantes (Brown et al. 2006).

Cada *taxa* foi ainda classificado funcionalmente como ectomicorrízico (ecm) ou sapróbio (sp). Embora este trabalho pretendesse apenas se debruçar sobre os fungos ectomicorrízicos do sobreiro, no decorrer do mesmo verificou-se que também os sapróbios seriam interessantes de integrar. No entanto, os carpóforos de fungos sapróbios encontrados tinham uma identificação taxonómica mais complexa, pelo que muitos ficaram apenas como morfoespécie, não sendo possível uma identificação precisa.

2.6. Tratamento dos dados

Para estimar a densidade total dos carpóforos nas parcelas, incluindo os que foram perdidos na amostragem, utilizou-se o programa DISTANCE 4.0 (Thomas *et al.*, 2002) que implementa as técnicas estatísticas descritas por Buckland *et al.* (2001). Este programa realiza tentativas para ajustar uma de várias funções de probabilidade de detecção alternativas à distribuição de distâncias encontradas nas amostragens, seleccionando a função que melhor se ajusta aos dados através do critério Aikaike (AIC) (Burnham & Anderson, 1998). O ajustamento pode ser efectuado por estratos, com funções e/ou parâmetros diferentes em cada estrato, podendo também utilizar-se covariáveis que reflectem variações do meio, que afectam a probabilidade de detecção.

A estimativa do número de objectos (cogumelos) que ficaram por detectar em cada parcela é efectuada após o ajustamento da função, ou funções de detecção. Desta forma, obtém-se uma estimativa de densidade, por estrato ou parcela, à qual se pode associar uma estimativa de variância, proporcional à imprecisão na estimativa de densidade. Explorou-se também a utilização de covariáveis, incluindo a idade do mato e as percentagens de cobertura lenhosa nos vários estratos verticais.

Antes das análises, as distribuições de frequências das variáveis foram analisadas relativamente à presença de assimetrias fortes, sendo aplicadas transformações sempre que necessário com o objectivo de aproximar à normalidade e reduzir a influência de valores extremos, como se apresentou na Tabela 2.

Seguidamente, estimou-se o efeito da variação temporal das colheitas na abundância e diversidade de macrofungos, uma vez que a ocorrência de carpóforos tende a variar fortemente ao longo da época de frutificação. Para isso, a tendência de variação foi estimada por um ajustamento polinomial através do método dos mínimos quadrados (Legendre & Legendre 1998), sendo o grau do polinómio mais adequado estimado através do critério AIC (Burnham & Anderson 1998). Nos casos em que se observou uma tendência temporal significativa, as análises subsequentes foram efectuadas sobre os resíduos da curva de regressão, permitindo assim corrigir os efeitos da variação temporal da produtividade. Para relacionar a riqueza e abundância de carpóforos com as variáveis de habitat utilizaram-se métodos de regressão simples e múltipla. Em cada caso, testou-se a presença de efeitos lineares e unimodais, correspondendo no último caso ao ajustamento de um polinómio do segundo grau (Legendre & Legendre 1998). A

significância do ajustamento foi estimada com base na estatística F , sendo a proporção de variância explicada por cada modelo e traduzida pelo respectivo valores de R^2 .

3. RESULTADOS

3.1. Diversidade do micobiota em sobreiral

Nas amostragens realizadas desde 2004, ou seja, Inverno 2004/2005, Inverno 2005/2006 e Primavera 2006, foram encontrados 1526 carpóforos de macrofungos, sendo 365 sapróbios e 1161 ectomicorrízicos. Relativamente aos *taxa*, foram detectados 114 *taxa* ectomicorrízicos e 48 *taxa* sapróbios totalizando 162 *taxa*, dos quais 78 foram identificados ao nível da espécie, 20 ao nível da morfo-espécie e os restantes 64 foram identificados ao nível do género.

Em relação à amostragem de fungos ectomicorrízicos, os 114 *taxa* distribuíram-se por 16 géneros, destacando-se o género *Russula* com 36% dos *taxa*, logo depois o género *Cortinarius* com 17,5% dos *taxa*, o género *Tricholoma* com 7,9% e o *Amanita* com 6% dos *taxa*. Em termos da comunidade de fungos ectomicorrízicos as famílias que se destacam são a *Russulaceae* (*Russula* e *Lactarius*) com 44% e a *Cortinariaceae* (*Cortinarius*, *Hebeloma* e *Inocybe*) com 32% dos carpóforos ectomicorrízicos encontrados. A família *Russulaceae* abarcou 51 *taxa*, o que corresponde a 45% da diversidade de fungos ectomicorrízicos, enquanto a família *Cortinariaceae* também com elevada diversidade, foi responsável por 27 *taxa* o que representa 24% da diversidade. Estas duas famílias representaram quase 70% da diversidade total de fungos ectomicorrízicos da Serra do Caldeirão.

Em termos de abundância, os géneros *Russula*, *Cortinarius* e *Lactarius* foram novamente os que apresentaram valores mais elevados. A comparação entre a abundância e riqueza dos géneros ectomicorrízicos encontrados na amostragem é apresentada no gráfico da Figura 5. Como se pode observar, a maioria dos géneros raramente surge, tanto em termos de abundância como de riqueza dificilmente ultrapassam os 3%.

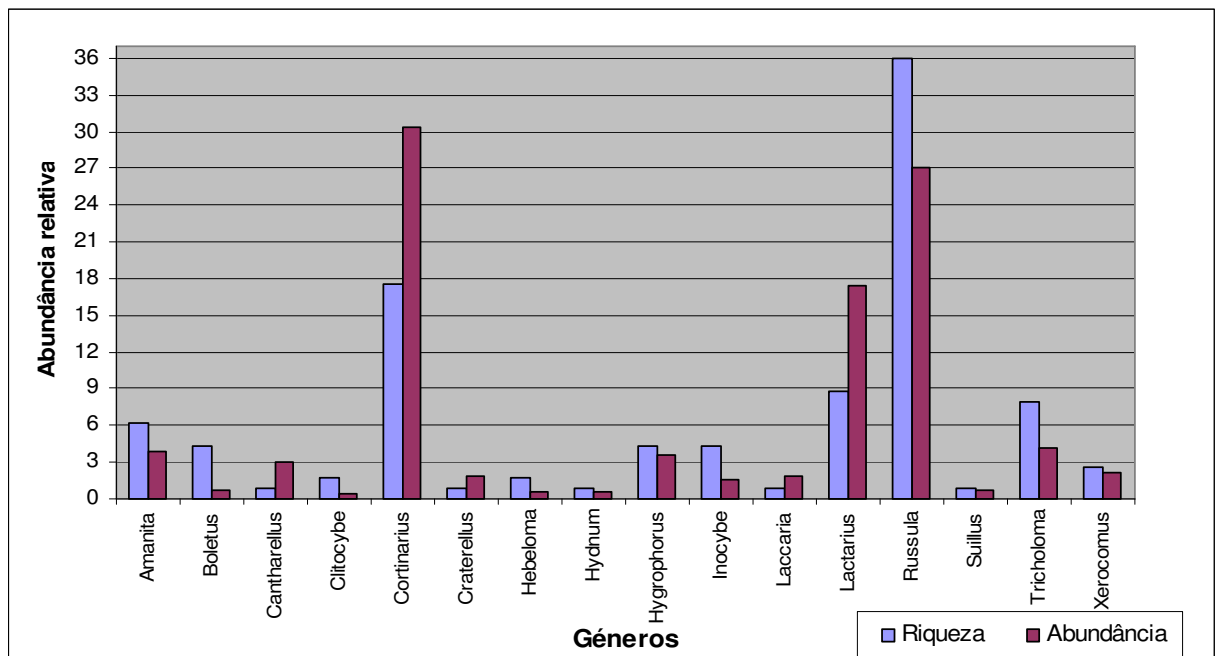


Figura 5: Riqueza (% taxa) e abundância (% carpóforos) dos 16 géneros de fungos ectomicorrízicos encontrados nas amostragens da Serra do Caldeirão.

No que se refere aos fungos sapróbios, os 365 carpóforos encontrados distribuem-se por 48 taxa e estes por 18 géneros, embora tenha sido considerado “morfo” como um género, sendo no entanto um grupo que abrange 20 espécies não identificadas. Na comunidade de fungos sapróbios destaca-se a elevada diversidade e abundância deste grupo de carpóforos não identificados. Dentro dos géneros identificados destacam-se o

Agaricus e *Clitocybe*, ambos com 10 % dos *taxa*, correspondendo aos géneros com maior diversidade dentro dos fungos sapróbios. Em termos de carpóforos encontrados, o género mais abundante corresponde ao *Clavulina* com 22 % da abundância de carpóforos.

Na Figura 6 pode observar-se o gráfico com a comparação entre a abundância e riqueza dos vários géneros de fungos sapróbios encontrados nas amostragens. Como se pode observar, a maioria dos géneros encontrados possuem riqueza e abundâncias muito baixas, sendo que normalmente cada género foi representado apenas por uma espécie e com poucos carpóforos.

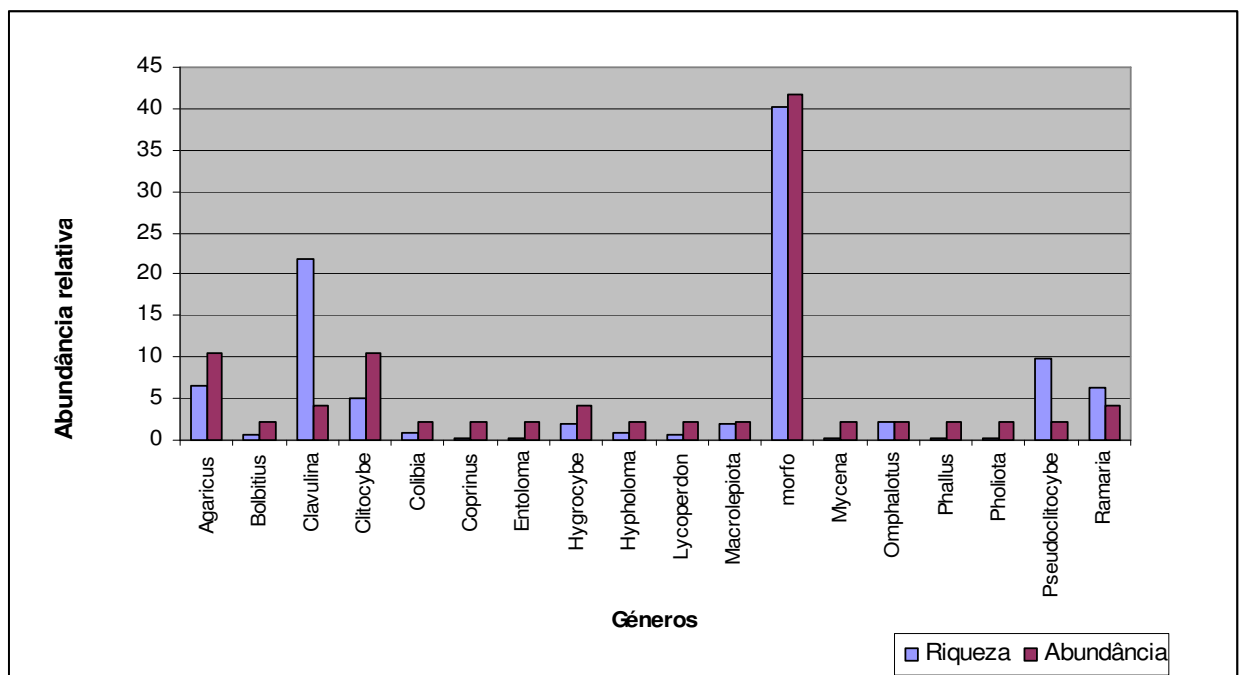


Figura 6: Riqueza (% *taxa*) e abundância (% carpóforos) dos 18 géneros de fungos sapróbios encontrados nas amostragens da Serra do Caldeirão.

O gráfico apresentado na Figura 7 mostra que tanto nos ectomicorrízicos como nos sapróbios dominam os *taxa* pouco frequentes, com baixa abundância de carpóforos.

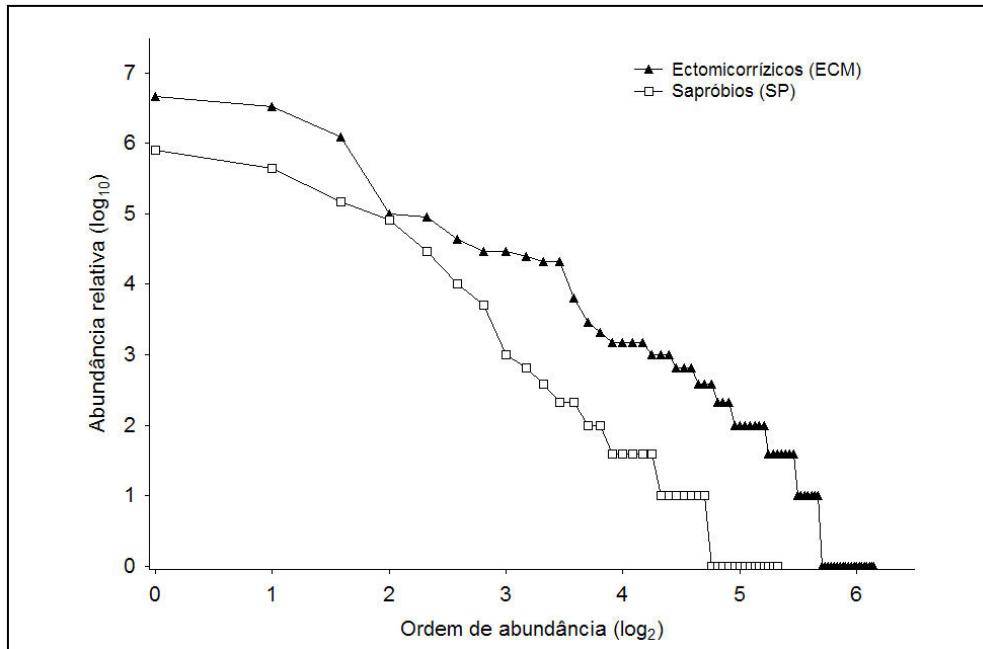


Figura 7: Curvas de dominância-diversidade para fungos ectomicorrízicos e sapróbios encontrados nas 48 parcelas, amostradas no Inverno de 2005/06.

3.2. Estimativas de densidades de carpóforos

Para as análises seguintes passa-se apenas a considerar a amostragem do Inverno 2005/2006, por ter sido uma amostragem contínua de todas as 48 parcelas.

O critério AIC utilizado na estimativa de densidade deu a indicação de que o modelo mais parcimonioso para explicar os resultados obtidos foi a exponencial negativa, que sugere um rápido decréscimo da probabilidade de detecção com a distância ao transecto. Este padrão revelou-se consistente quando se considerou uma função para o conjunto, bem como quando se analisou por estratos. Estes resultados não são habituais nas amostragens por este método, uma vez que é raro encontrar-se distribuições das

distâncias que reflectem uma exponencial negativa, estando o aparecimento deste padrão relacionado muitas vezes com problemas subjacentes aos dados. No entanto, nas amostragens de cogumelos pode ser complicado detectar os carpóforos, principalmente quando a cor se confunde com o coberto vegetal e quando esse coberto vegetal é demasiado denso. Nessas circunstâncias pode suceder que se consiga detectar mesmo junto à linha de transecto que está a ser percorrido, mas a poucos centímetros de distância já não é fácil detectar. Por outro lado, os cogumelos frutificam em padrões normalmente não lineares, o que significa que é possível não haver mesmo cogumelos a poucos centímetros de uma observação e surgirem a metros de distância do primeiro observado. De qualquer modo, para verificar as implicações desta distribuição nas estimativas de densidade, optou-se por ajustar uma função semi-normal, a qual também proporciona um modelo adequado para os dados recolhidos. A correlação encontrada entre as estimativas obtidas com as duas funções de detecção foi muito elevada ($r = 0.996$, $P < 0.0001$), sugerindo que não deverá haver problemas da utilização das estimativas de densidades como índices de abundância de macrofungos nas análises subsequentes.

Apesar da distância máxima de detecção ter sido de 8 m, algumas análises preliminares indicaram a necessidade de se proceder a uma truncatura considerável, devido à presença de distribuições de distâncias com caudas longas. Estas caudas tendem a reflectir a detecção ocasional de objectos a distâncias superiores ao que seria de esperar, devido a condições locais pouco representativas do conjunto das amostras. Esta situação na prática pode ocorrer quando se detecta pontualmente um carpóforo grande numa zona onde se verifica menor densidade da vegetação arbustiva, contrariamente a condições normais de densidade de vegetação. Assim, exploraram-se várias distâncias

de truncatura (w), tendo os resultados estabilizados para w entre os 3 e 4 metros. Considerando que os resultados eram idênticos para $w = 3,25$ e $w = 3,75$, tanto quando se utiliza a exponencial como a seminormal, optou-se por utilizar os 3,25 m como distância de truncatura.

A Figura 8 apresenta a densidade de carpóforos estimada consoante as categorias de mato e ao longo dos 100 m de amostragem.

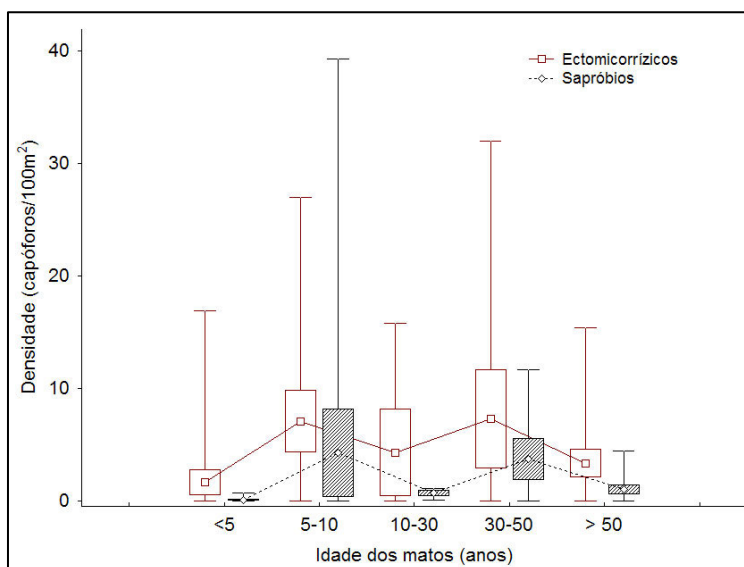


Figura 8: Estimativas da densidade de carpóforos de fungos ectomicorrízicos e sapróbios nas 48 parcelas de amostragem, no Inverno de 2005/2006.

3.3. Variação temporal das abundâncias

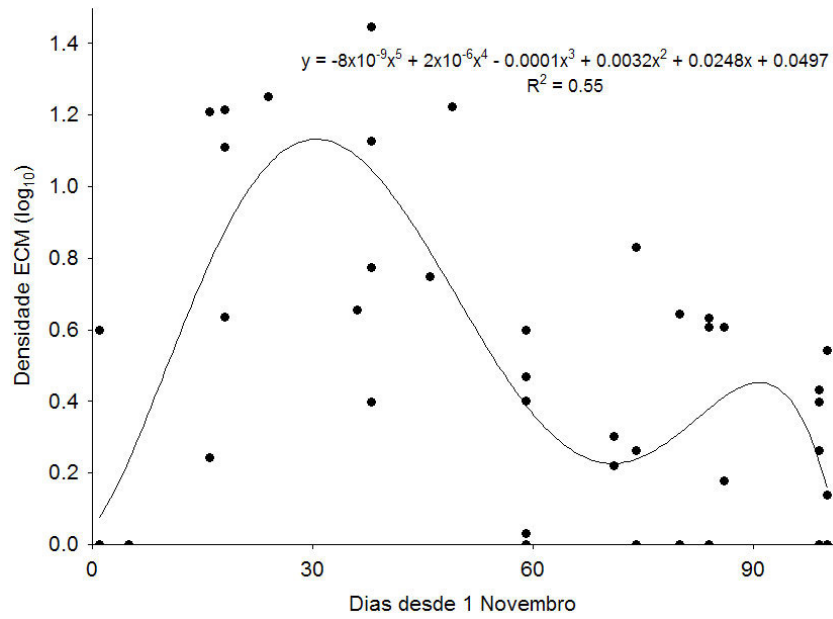
A abundância dos fungos tanto ectomicorrízicos como sapróbios apresentaram importantes variações ao longo do período de amostragens, relacionando-se com a precipitação e as próprias épocas de frutificação das diferentes famílias.

No caso dos ectomicorrízicos, a selecção do polinómio com base no critério AIC apresenta um forte suporte para uma tendência de grau 5 (Figura 9). Observa-se assim

um forte pico de abundâncias entre o final de Novembro e o início de Dezembro, correspondendo à frutificação dos *Lactarius* e *Cortinarius*, seguido por um rápido declínio até meados de Janeiro. No final de Janeiro parece ter-se registado um segundo pico de abundâncias, embora de magnitude muito inferior ao precedente, sendo uma fase em que os cogumelos tardios frutificam. Para os sapróbios, a tendência temporal é descrita por um polinómio do terceiro grau (Figura 9), revelando a presença de um pico único de abundâncias aproximadamente coincidente com o primeiro pico dos ectomicorrízicos.

Para avaliar os padrões dos géneros mais abundantes, verificou-se as tendências temporais dos *Cortinarius*, *Lactarius* e *Russula*, que são os géneros que ocorrem em mais de 10 transectos. Os restantes *taxa* surgem com baixa frequência pelo que não é possível estabelecer um padrão temporal de variação. Assim, no caso dos géneros *Cortinarius* e *Lactarius*, as tendências temporais identificadas pelo critério AIC correspondem a polinómios do terceiro grau (Figura 10). Verificou-se uma tendência para a densidade de carpóforos de ambos os grupos aumentar desde o início de Novembro, atingindo valores máximos no início de Dezembro. A partir dessa altura os valores descem lentamente, atingindo um patamar de muito baixa densidade a partir de meados de Janeiro. O pico de *Lactarius* mostra-se uns dias mais tarde do que o de *Cortinarius*, embora esta tendência seja muito ténue. Para *Russula* o padrão é mais complexo, sendo a tendência temporal descrita por um polinómio do sexto grau (Figura 10). Para este género registou-se um pico de abundância muito pronunciado no início de Dezembro, com pelo menos um segundo pico pouco pronunciado a meados de Janeiro.

a) Fungos ectomicorrízicos



b) Fungos sapróbios

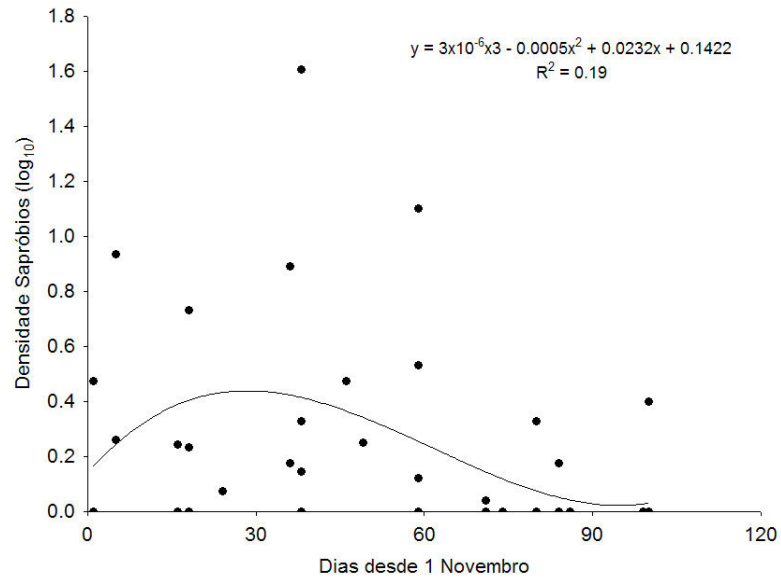
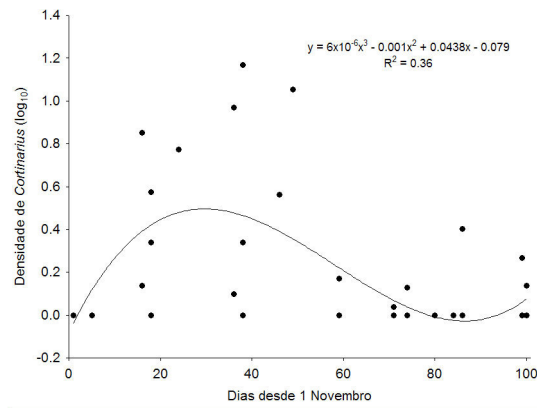
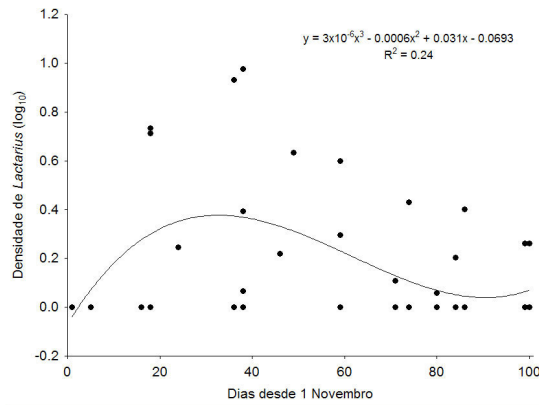


Figura 9: Variação temporal da abundância de carpóforos de fungos ectomicorrízicos (a) e sapróbios (b), encontrados nas 48 parcelas amostradas no Inverno de 2005/06.

a) *Cortinarius*



b) *Lactarius*



c) *Russula*

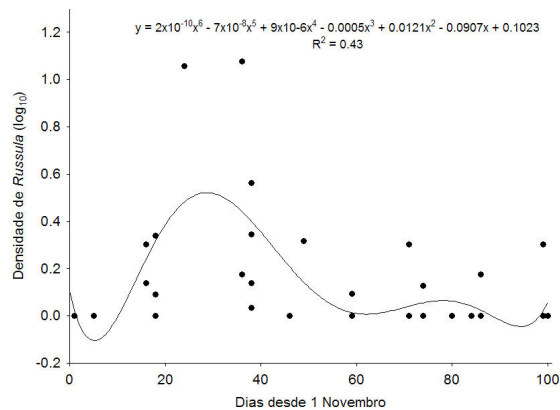


Figura 10: Variação temporal da abundância de carpóforos de fungos dos géneros *Cortinarius* (a), *Lactarius* (b) e *Russula* (c), encontrados nas 48 parcelas amostradas no Inverno de 2005/2006.

3.4. Factores que afectaram a abundância

Após corrigir a abundância de carpóforos ectomicorrízicos e sapróbios, pode constatar-se que a abundância está relacionada com variáveis de habitat que reflectem a idade, estrutura e composição dos povoamentos florestais (Tabela 3).

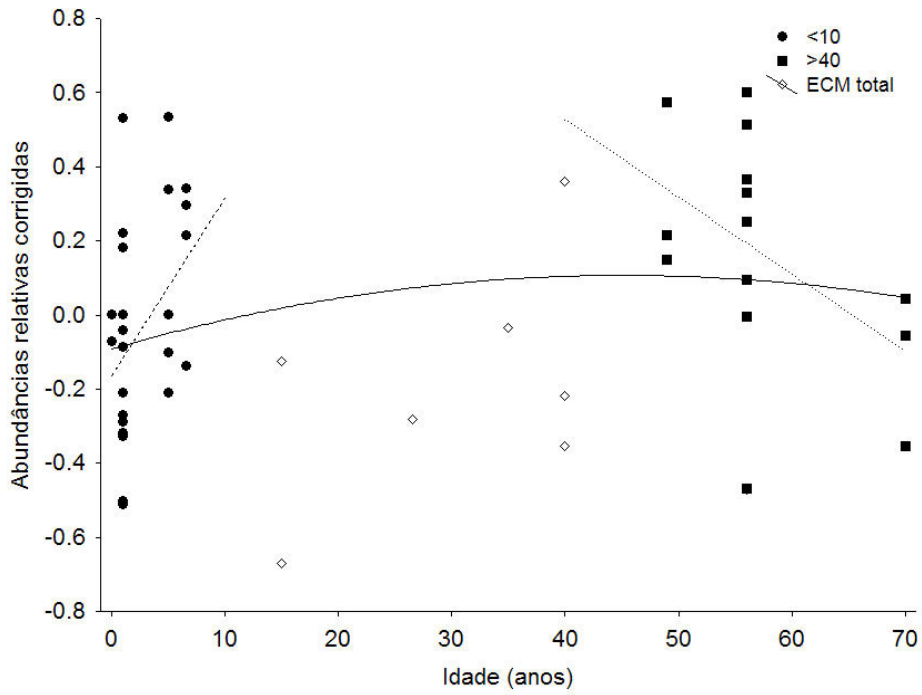
Tabela 3: Resumo das análises univariadas relacionando a abundância de fungos ectomicorrízicos e sapróbios com variáveis que reflectem a idade, composição e estrutura dos povoamentos florestais (* Efeito unimodal)

Variáveis de Habitat	Ectomicorrízicos		Sapróbios	
	R ²	P	R ²	P
Idade	5,0 (+)	0,125	15,7 *	0,021
Profundidade da folhada (cm)	4,5 (+)	0,215	15,7	0,017
Cobertura lenhosa (0-0,2m)	3,2 (+)	0,226	0,02	0,926
Cobertura lenhosa (0,2-1m)	14,4 (+)	0,008	9,1(+)	0,037
Cobertura lenhosa (1-2m)	9,8 (+)	0,030	16,5(+)	0,004
Cobertura lenhosa (2-4m)	8,4 (+)	0,045	4,4 (+)	0,151
Cobertura lenhosa (4-8m)	0,1 (-)	0,805	0,2 (-)	0,763
Cobertura lenhosa (8-16m)	0,2 (-)	0,737	1,3 (+)	0,447
Densidade de <i>Quercus suber</i> (log ₁₀)	2,9 (+)	0,244	0,04 (+)	0,891
Densidade de <i>Arbutus unedo</i> (log ₁₀)	2,5 (+)	0,282	1,6 (+)	0,395
Densidade de <i>Erica arborea</i> (log ₁₀)	3,2 (+)	0,220	3,1 (+)	0,230
Nº espécies arbóreas(log ₁₀)	1,5 (+)	0,401	5,0 (+)	0,125
Nº espécies lenhosas(log ₁₀)	11,5 *	0,033	0,6 (+)	0,605

Relativamente ao tempo desde a última desmatção, observou-se um efeito unimodal no caso dos fungos sapróbios, tendo as abundâncias máximas sido detectadas em parcelas

com cerca de 30 - 40 anos (Figura 11). No caso dos fungos ectomicorrízicos, não foi possível encontrar qualquer relação significativa linear ou unimodal. No entanto, ao analisar os dados apenas para as parcelas com idades inferiores a 10 anos obtém-se um incremento significativo da abundância com a idade, enquanto o inverso acontece quando se analisam apenas as parcelas com mais de 40 anos (Figura 11).

a) Ectomicorrízicos



b) Sapróbios

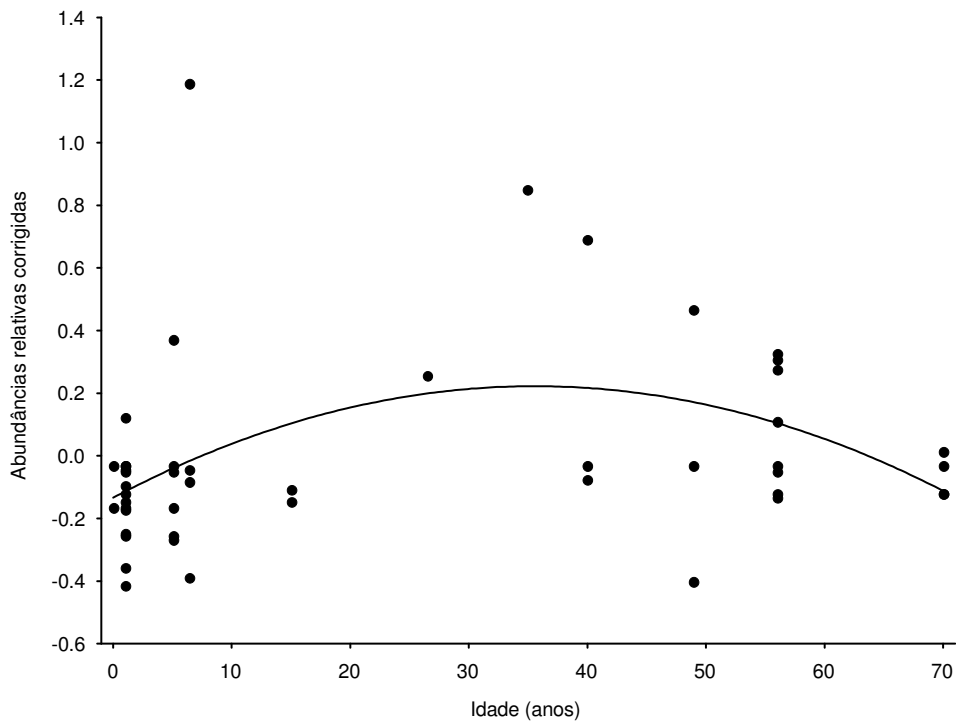


Figura 11: Variação da abundância corrigida de carpóforos de fungos ectomicorrízicos (a) e sapróbios (b), em função do tempo desde a última desmatação, nas 48 parcelas amostradas no Inverno de 2005/06.

Relativamente à interação da abundância de fungos ectomicorrízicos e sapróbios com a vegetação arbustiva, verificaram-se algumas observações interessantes. Para estratos entre 0,2 e 2 m verificou-se um incremento da abundância dos fungos, de um modo geral, com o incremento da cobertura arbustiva nesse estrato. Sendo que a máxima influência da cobertura arbustiva foi registada entre os 0,2 e 1 m, para os ectomicorrízicos e, aos 1 - 2 m para os sapróbios, conforme se pode observar na Figura 12. Para os ectomicorrízicos observou-se ainda uma resposta unimodal relativamente à riqueza de espécies lenhosas (com perímetro à altura do peito - PAP superior a 18 cm), com o máximo de abundância de fungos a corresponder a valores intermédios de riqueza específica das lenhosas. Para os sapróbios a variável mais influente foi a profundidade da folhada, registando-se um incremento da abundância de fungos nas parcelas com maior acumulação de folhada (Figura 12).

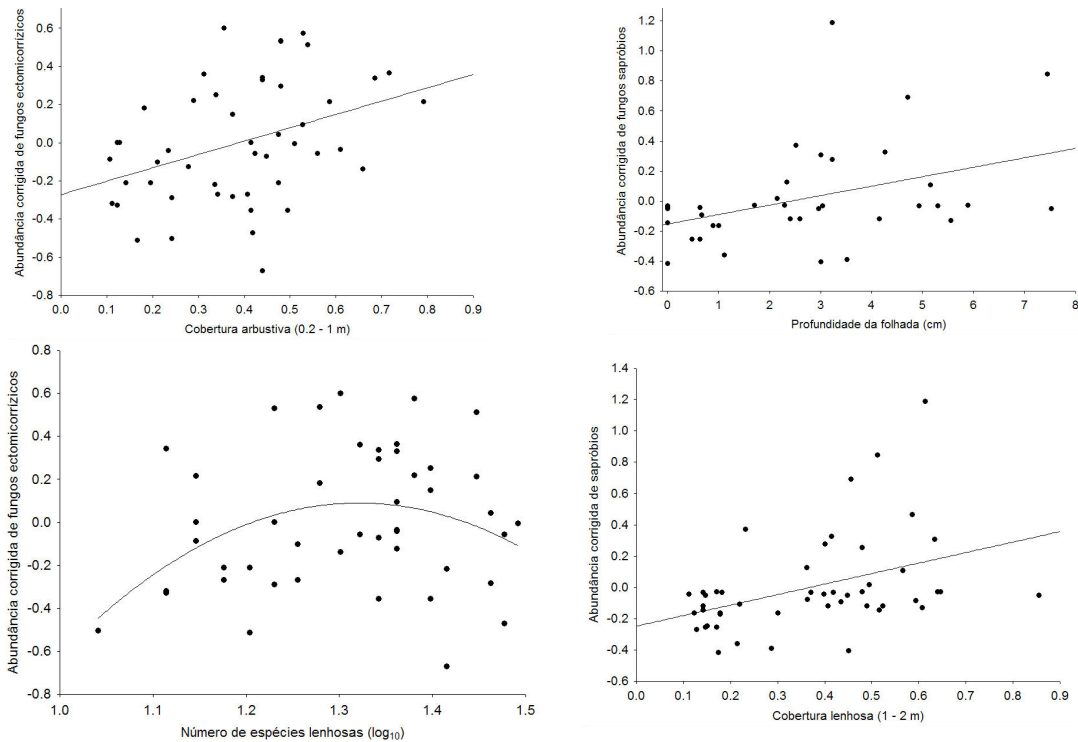


Figura 12: Principais relações encontradas entre as abundâncias corrigidas de fungos sapróbios e ectomicorrízicos, e variáveis de habitat que reflectem a estrutura e composição dos povoamentos suberícolas

A análise dos três géneros mais abundantes revelou poucas relações significativas com as variáveis de habitat. No caso do *Cortinarius*, observou-se apenas uma relação positiva marginalmente significativa ($P = 0,091$), reflectindo uma tendência para o aumento da abundância com o aumento da percentagem de cobertura lenhosa no estrato 0,2 – 1 m ($R^2 = 0,06$, $P = 0,091$). A abundância de *Lactarius* cresceu significativamente com o incremento da cobertura lenhosa no estrato 2 – 4 m (Figura 13), verificando-se também relações positivas marginalmente significativas no caso das coberturas nos estratos 0,2 – 1 m ($R^2 = 0,07$, $P = 0,062$) e 1 – 2 m ($R^2 = 0,06$, $P = 0,085$). Ainda para este género observou-se também uma relação positiva com a densidade de *Erica*

arborea (PAP > 18 cm) (Figura 13) e uma relação positiva quase significativa com a idade desde a última desmatagem ($R^2 = 0,07$, $P = 0,063$). Para o género *Russula* apenas se observou uma relação negativa marginalmente significativa com a percentagem de cobertura lenhosa no estrato 4 – 8 m ($R^2 = 0,06$, $P = 0,091$).

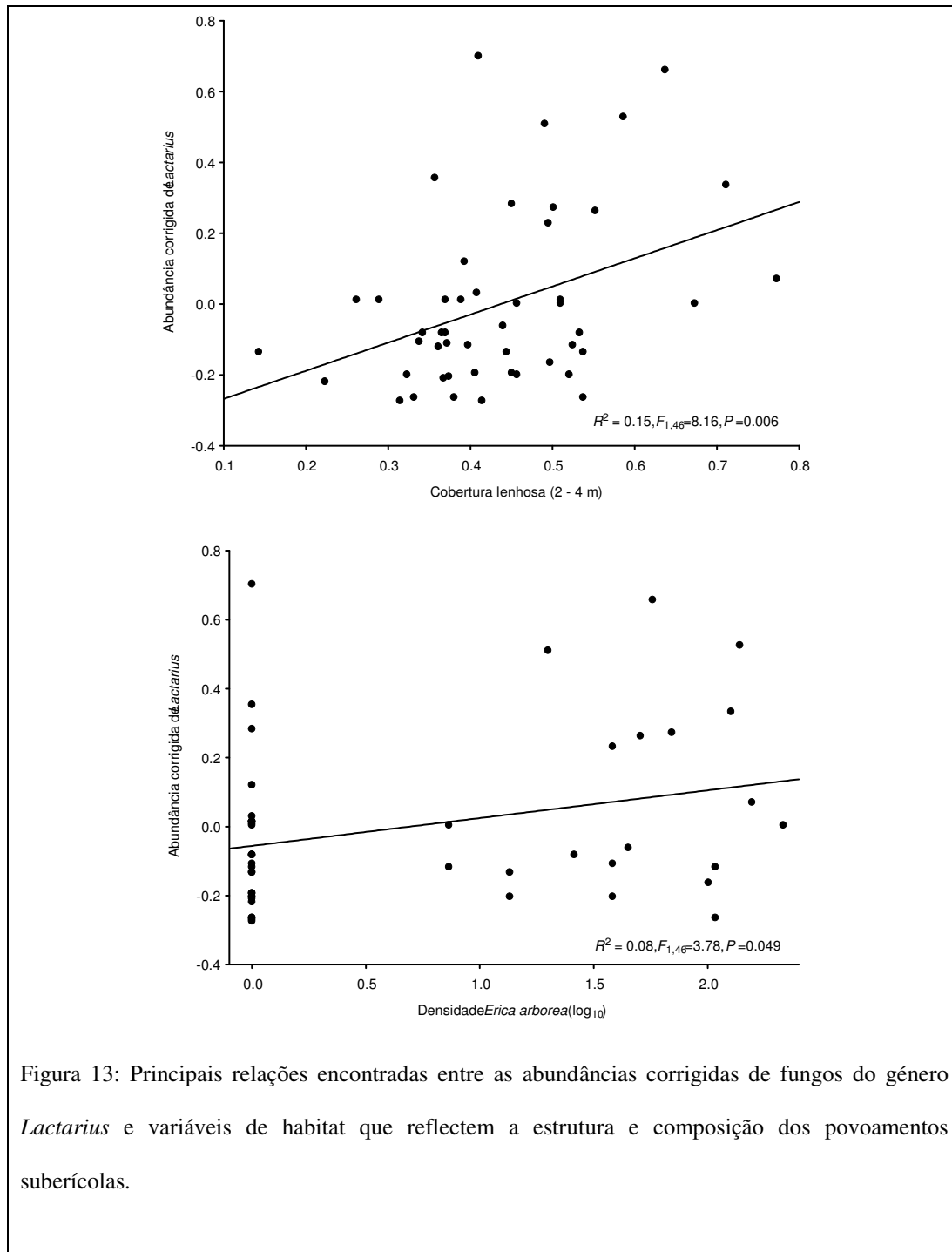


Figura 13: Principais relações encontradas entre as abundâncias corrigidas de fungos do género *Lactarius* e variáveis de habitat que reflectem a estrutura e composição dos povoamentos suberícolas.

3.5. Factores que afectaram a riqueza específica

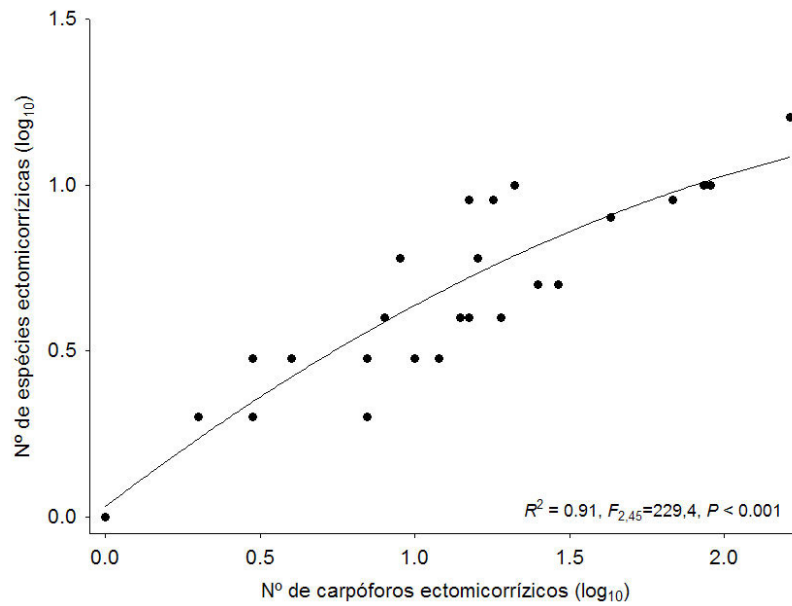
Para analisar os factores que determinaram a riqueza específica, primeiro estimou-se o efeito da abundância de carpóforos no número de espécies encontradas e, como seria de esperar, o número de espécies ectomicorrízicas e sapróbias está fortemente relacionado com o número de carpóforos encontrados (Figura 14). Em ambos os casos, a abundância explicou mais de 90 % da variação no número de espécies, ou seja, mais carpóforos encontrados significou maior diversidade de espécies. Desta forma, as análises de riqueza específica foram efectuadas sobre os resíduos das regressões relacionando o número de espécies e o número de indivíduos, eliminando assim os efeitos da abundância.

Relativamente à tendência temporal, estes resíduos não seguiam nenhuma tendência, ao contrário do que se verificou para as abundâncias. Por tal não foi necessário efectuar qualquer ajustamento significativo de um polinómio que justificasse a relação entre os resíduos das riquezas específicas e a data das colheitas.

Quando se passa à análise dos factores de habitat que determinaram as riquezas específicas corrigidas, apenas se consideraram as parcelas em que ocorreu pelo menos uma espécie. Os resultados mostram que a densidade de *Erica arborea* foi a única variável a influenciar a riqueza específica. Observou-se uma resposta unimodal, verificando-se um decréscimo acentuado da riqueza específica de fungos ectomicorrízicos em parcelas com densidades de *Erica arborea* (PAP > 18 cm) superiores a cerca de 6 indivíduos por hectare (Figura 15).

No que consta aos fungos sapróbios, apenas se verificou uma resposta significativa relativa às variáveis de habitat para este grupo funcional e que é uma relação negativa entre a riqueza de sapróbios e a densidade de sobreiro (Figura 16).

a) Fungos ectomicorrízicos



b) Fungos sapróbios

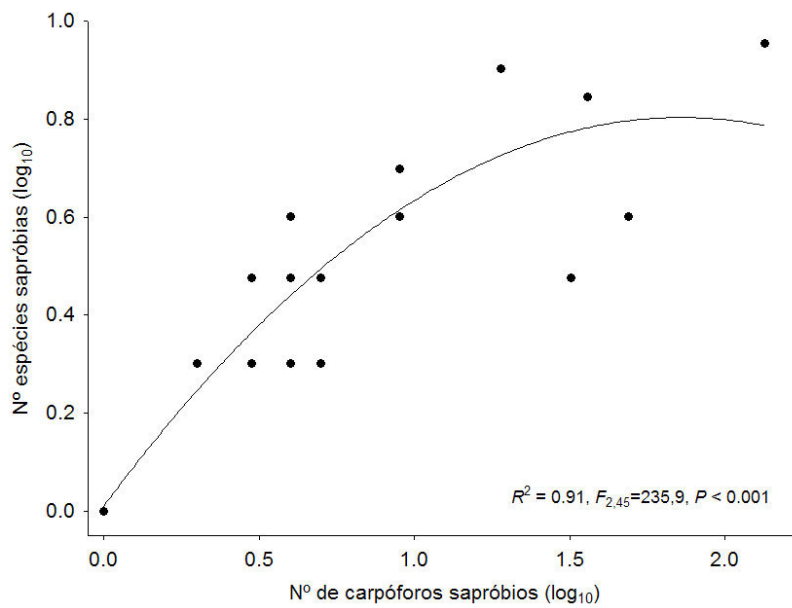


Figura 14: Relações entre o nº de espécies e o nº de carpóforos de fungos ectomicorrízicos (a) e sapróforos (b) encontrados nas 48 parcelas amostradas no Inverno de 2005/06.

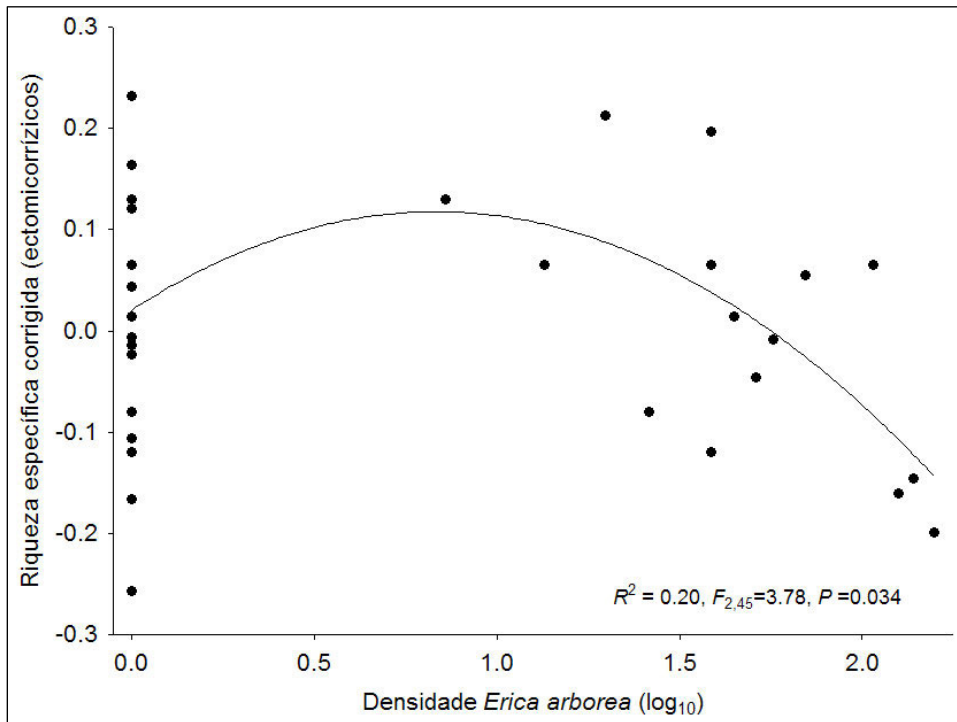


Figura 15: Relação entre a riqueza específica corrigida de fungos ectomicorrízicos e a densidade de *Erica arborea* (PAP > 18 cm), nas parcelas amostradas no Inverno de 2005/06.

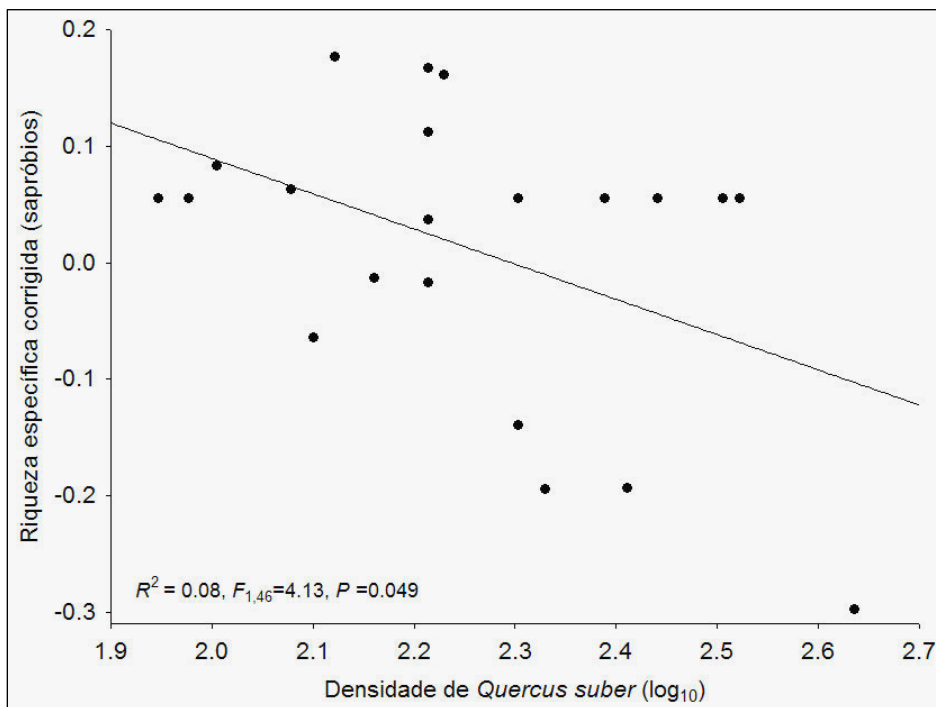


Figura 16: Relação entre a riqueza específica corrigida de fungos sapróbios e a densidade de sobreiro (PAP > 18 cm), nas parcelas amostradas no Inverno 2005/2006

3.6. Evolução da riqueza específica com a idade do mato

Para verificar esta evolução fizeram-se curvas de acumulação temporal de espécies, tanto para fungos ectomicorrízicos como sapróbios, traduzindo assim o aumento do número total de espécies distintas com o acrescento de parcelas progressivamente mais velhas. Estas curvas são comparadas com uma curva neutra de acumulação de espécies, a qual assume que o acrescento de uma parcela aumenta o número de espécies numa percentagem de $1/(\text{n}^\circ \text{Parcelas}) \times 100 \%$, como se pode observar na Figura 17.

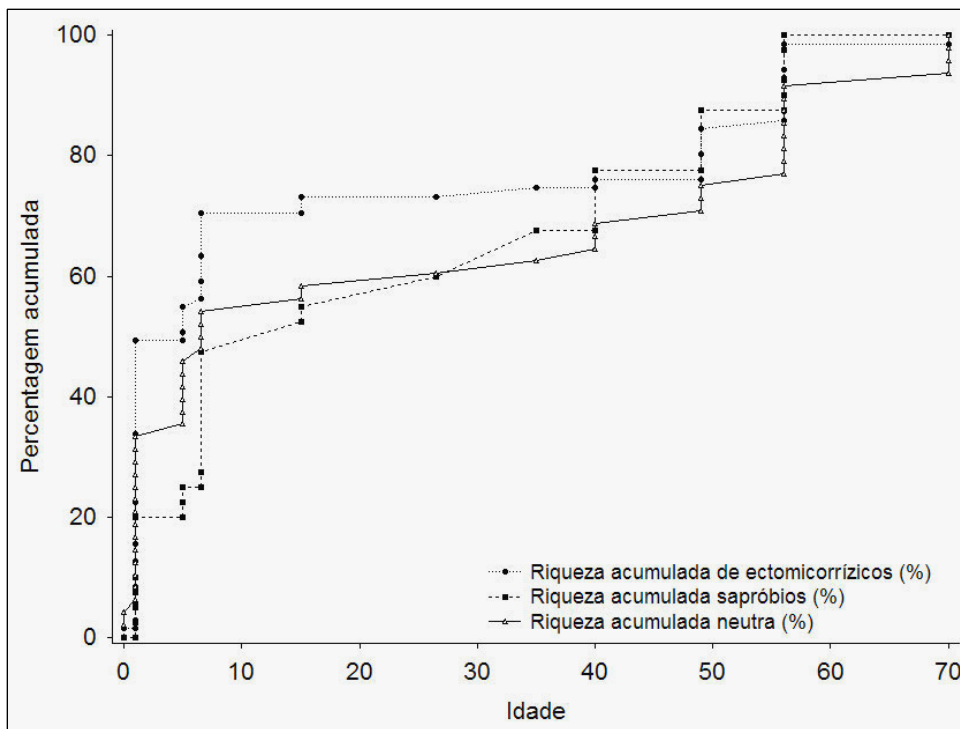


Figura 17: Curva de acumulação de novas espécies de fungos ectomicorrízicos e sapróbios em função da acumulação de parcelas progressivamente mais velhas.

No caso dos fungos ectomicorrízicos, verificou-se que para as idades baixas o aumento do número de espécies é superior ao que seria de esperar de uma curva neutra de acumulação. Assim, as parcelas até 10 anos acumulam cerca de 70 % da riqueza específica encontrada, enquanto que o valor neutro esperado seria de 54 %. A partir daí

as duas curvas tendem a convergir até cerca dos 40 anos, altura em que se dá novo incremento significativo do número de novas espécies registadas.

O padrão dos sapróbios é diferente dos ectomicorrízicos, sendo a acumulação de espécies nas idades baixas inferior ao que seria de esperar de uma distribuição neutra. A inversão do padrão acontece cerca dos 30 anos, altura em que se regista um incremento de novas espécies, superior ao esperado de uma acumulação neutra.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Diversidade do microbiota em sobreiral

As amostragens realizadas no Inverno 2004, Inverno 2005/2006 e Primavera 2006 resultaram na recolha de 1526 carpóforos de macrofungos, sendo 365 sapróbios e 1161 ectomicorrízicos. Foi possível detectar 162 *taxa*, sendo 114 ectomicorrízicos e 48 *taxa* sapróbios, no entanto apenas 78 *taxa*, no global, foram identificados ao nível da espécie. Em estudos semelhantes, por exemplo Taylor (2002) conseguiu recolher 1478 carpóforos em parcelas de 900 m² ao longo de 5 visitas com intervalos de duas semanas, enquanto O'Dell et al. (1999) conseguiram identificar 158 *taxa* de fungos sapróbios e micorrízicos, amostrados ao longo de 2 anos consecutivos em 104 transectos numa área de 2,08 ha. Ainda em estudo semelhante, Richard et al. (2004) recolheram 5382 carpóforos de 234 espécies, das quais 166 eram ectomicorrízicas e 68 sapróbias, em 78 amostragens semanais ao longo de 3 épocas consecutivas e num transecto permanente de 6400 m². No presente trabalho o delineamento de campo foi semelhante aos trabalhos referenciados, tendo ocorrido amostragem contínua em 48 parcelas, com

visitas semanais durante duas épocas consecutivas, apenas com interrupções quando os factores climáticos assim o exigiam. Embora com diferente metodologia de amostragem e sem repetição de cada parcela, os resultados foram bastante apreciáveis comparando com os trabalhos de outros autores. No entanto, considera-se que para haver uma caracterização mais completa seria necessário uma amostragem mais prolongada no tempo e intensiva em cada parcela, de modo a abranger o máximo de frutificações de cogumelos.

As amostragens realizadas na Serra do Caldeirão revelaram uma maior presença de fungos ectomicorrízicos em relação aos sapróbios, o que pode dever-se ao facto de a amostragem incidir prioritariamente sobre os fungos ectomicorrízicos por ser o objectivo inicial do trabalho; ou então significa que nas zonas de sobreiral, normalmente com elevada cobertura arbórea são predominantes os fungos ectomicorrízicos.

Nos fungos ectomicorrízicos destacou-se o Género *Russula* com 36 % dos taxa, seguindo-se o *Cortinarius*, o *Tricholoma* e o *Amanita*. Ao nível da Família destaca-se a *Russulaceae* com 45 % da diversidade ectomicorrízicas, seguida da *Cortinareaceae*, sendo que estas duas famílias juntas representam 70 % da diversidade. Em termos de abundância continuam a destacar-se as mesmas duas Famílias.

Richard et al. (2004) também obteve uma dominância da Família *Russulaceae*, no seu caso com 40,5 % dos carpóforos e 31,9 % da diversidade taxonómica. O mesmo autor verificou ainda três padrões ao nível do Género: a) riqueza específica e produtividade elevadas, como o *Russula* e *Amanita*; b) elevada riqueza específica mas baixa produtividade, como o *Tricholoma* e *Cortinarius*; e, c) baixa riqueza específica mas alta

produtividade, como o *Lactarius* e *Hydnum*. Verificou ainda que a comunidade ectomicorrízica era dominada por espécies com pouca frequência, ou seja, espécies cuja produtividade, em média, é inferior a 1 carpóforo por 1000 m².

No caso deste trabalho na Serra do Caldeirão, verificou-se que o *Russula* e *Cortinarius* enquadram-se no primeiro padrão definido por Richard et al. (2004), enquanto que *Tricholoma* e *Amanita* incluem-se no segundo padrão e o *Lactarius* no terceiro. O Género *Hydnum* não apresentou elevada diversidade nem elevada abundância na Serra do Caldeirão. As espécies pouco frequentes, que tanto em diversidade como abundância dificilmente ultrapassaram os 3 % dominaram as amostragens, sendo um resultado que ocorre também em outros estudos (Taylor 2002; Richard et al. 2004, Munguia et al. 2005, Tedersoo et al. 2006).

No caso dos fungos sapróbios, o grupo que abarca todos os «morfo» apresenta maior diversidade. De entre os *taxa* identificados, destaca-se o Género *Agaricus* e *Clitocybe* na diversidade específica e, o Género *Clavulina* na abundância de carpóforos.

4.2. Estimativas de densidade de carpóforos

A metodologia aplicada mostra que a distribuição das frutificações reflectem uma exponencial negativa, ou seja, a presença de carpóforos decresce rapidamente com a distância ao transecto, enquanto que em algumas parcelas são registadas frutificações esporádicas a 4 e 8 m do transecto. No entanto conseguiu-se observar uma estabilização entre os 3 e 4 m. Esta situação de decréscimo rápido a partir do ponto central do transecto significa que em cima da linha de transecto é fácil detectar os carpóforos, mas

assim que nos afastamos por poucos centímetros diminui a detecção. A questão que se coloca é se não se detectam porque não ocorrem, ou se não se detectam porque não se observam. A comparação de resultados com outros autores, de modo a compreender melhor esta situação não foi possível, pois a metodologia de amostragem pelas distâncias (Distance Sampling) nunca tinha sido aplicada a fungos, pelo menos em dados publicados. Assim, sugere-se que a explicação pode relacionar-se com as duas hipóteses referidas. A detecção é dificultada pelo mato desenvolvido e pelos declives acentuados; na prática muitas vezes só é possível localizar os carpóforos que estão praticamente debaixo dos nossos pés, pelo que a apenas alguns centímetros e ocultos sob a folhada e vegetação arbustiva, já não se localizam. Se o carpóforo tiver um chapéu grande e com uma coloração que sobressaia, então já é mais fácil de localizar, sendo que a detecção também é facilitada em parcelas cuja vegetação tem um desenvolvimento menor. Todos estes factores inerentes à amostragem e às características do habitat tem implicações na detecção dos carpóforos e portanto na curva de detecção.

Por outro lado, é referido por vários autores (Goodman e Trofymow 1998, Taylor 2002, Richard et al. 2004) que a frutificação dos fungos micorrízicos não segue um padrão linear, dependendo da quantidade de raízes vivas e em muitas situações apresenta mesmo uma frutificação em aglomerado («cluster»). Existem várias observações, mas não parece existir um consenso sobre o padrão de frutificação, provavelmente porque o mesmo deve depender do ecossistema em particular, da comunidade de fungos em questão, das plantas hospedeiras, etc. Desta forma, parece que o facto de a detecção decrescer rapidamente com o afastamento do transecto enquanto existem observações

até 8 m, pode representar que a frutificação nos sobreirais em estudo ocorre também em aglomerados, dependentes de determinadas variáveis de habitat não estudadas.

4.3. Variação temporal das abundâncias

A abundância de carpóforos nas amostragens revelou dois principais picos ao longo da época de frutificação 2005/2006, correspondendo a diferentes géneros. Assim, os resultados referentes aos fungos ectomicorrizicos mostraram que o primeiro pico de frutificação, que corresponde ao *Lactarius* e *Cortinarius*, acontece em Novembro – Dezembro. Depois volta a surgir outro pico de abundância em Janeiro, correspondendo ao *Russula* e *Cantharellus*. Isto não significa que só nestas alturas se recolheram indivíduos destes géneros, mas sim que estes picos de abundância devem corresponder ao óptimo de cada género, para o ano em questão. A frutificação de macrofungos não tem um padrão idêntico de ano para ano, depende de variáveis ambientais como a humidade e temperatura (O'Dell et al. 1999, Pilz e Molina 2002, Munguia 2005) e dependerá de outras variáveis não conhecidas, intrínsecas à espécie ou à comunidade. Nas amostragens da Serra do Caldeirão ocorreram determinadas espécies (exemplo: *Hygrophorus olivaceoalbus*, *Russula albonigra*) que em 2004 apresentaram elevadas abundâncias e em 2005 foram registados muito poucos exemplares (dados não apresentados). O facto de as espécies não frutificarem todos os anos e em abundâncias semelhantes não foi estudado, nem se apresenta qualquer teoria justificativa. No entanto, um estudo realizado nos Estados Unidos, em floresta de *Pseudotsuga menziesii* e *Tsuga heterophylla*, revelou que apenas 5 % das espécies frutificaram em dois anos consecutivos numa determinada parcela e que no global das parcelas, apenas 35 % das espécies frutificaram nesses dois anos. Segundo os autores, essa variação anual pode

relacionar-se com a amostragem em si, ou com a resposta da frutificação perante a variação meteorológica, ou com o facto de ocorrerem espécies anuais que não são persistentes de ano para ano (O'Dell et al., 1999).

4.4. Factores que afectaram a abundância

Os resultados obtidos permitiram verificar que existem factores bióticos que reflectem a idade, estrutura e composição dos povoamentos florestais e influenciam a abundância de carpóforos.

Para os fungos sapróbios verificou-se uma relação entre a abundância e o tempo desde a última desmatção, bem como com a profundidade da folhada, sendo a abundância favorecida aquando do incremento destes dois factores. Em relação ao factor cobertura arbustiva, a abundância foi favorecida pela percentagem de cobertura arbustiva quando a vegetação encontra-se no estrato 1 a 2 m.

Em relação aos fungos ectomicorrízicos, a idade do mato só parece influenciar quando se analisa as parcelas com desmatção até 10 anos e depois com mais de 40 anos. Assim, para ciclos de desmatção até 10 anos, a abundância de carpóforos de fungos ectomicorrízicos é tanto maior quanto mais tempo passou desde a última desmatção. Para zonas desmatadas esporadicamente, entre 10 e 40 anos, não parece haver ocorrências de frutificações suficientes para poder constatar algum padrão, também porque o número de parcelas disponível nesta classe foi bastante reduzido relativamente aos dois extremos temporais. Por fim, para zonas que não são intervencionadas há mais

de 40 anos e que muito provavelmente nunca foram desmatadas mecanicamente, observa-se um decréscimo da abundância de carpóforos com a idade do mato.

Num estudo desenvolvido na Holanda, em floresta de pinheiro silvestre (*Pinus sylvestris*) foi demonstrado que a remoção da vegetação herbácea, manta morta e húmus favorece a abundância de carpóforos de fungos ectomicorrízicos (Baar e Braak, 1995). Enquanto noutro estudo realizado nos Estados Unidos em floresta de *Pseudotsuga menziesii*, os autores ficaram surpreendidos quando verificaram que a abundância de frutificação de fungos ectomicorrízicos era superior nas parcelas jovens e intervencionadas do que nas parcelas antigas (Smith et al., 2002).

Nas amostragens da Serra do Caldeirão não se verificou uma relação positiva imediatamente após a limpeza do mato, o que se pode dever à forma como o mato é limpo, mas verificou-se uma maior frutificação em parcelas com intervenção, mas não intensiva. A cobertura arbustiva apresenta também uma influência positiva na abundância, para incremento de cobertura arbustiva entre os 0,2 e 1 m. Quando a cobertura se encontra no estrato inferior a 0,2 m provavelmente os fungos ectomicorrízicos ainda não conseguiram estabilizar nem frutificar, após a limpeza de mato. Enquanto que acima de 1 m de cobertura arbustiva a densidade de vegetação torna-se demasiado elevada o que poderá igualmente inibir a frutificação de fungos ectomicorrízicos. Relativamente à presença de espécies lenhosas, observou-se que uma riqueza específica intermédia reflecte-se numa maximização da abundância de fungos ectomicorrízicos.

Analisando agora os três Géneros mais abundantes e frequentes nas amostragens, verificam-se algumas especificidades. Para o *Cortinarius*, apenas se verifica um aumento da abundância com o aumento da cobertura lenhosa e no estrato 0,2 – 1 m. No caso do *Lactarius*, a sua abundância cresceu significativamente com a cobertura lenhosa no estrato 2 - 4 m, bem como um pouco também nos estratos 0,2 – 1 m e 1 – 2 m e, cresceu ainda com a densidade de *Erica arborea*. Este Género revela-se então muito flexível, conseguindo frutificar em matos jovens mas também em bosques mais consolidados. A relação positiva com a densidade de *Erica arborea* é um pouco surpreendente, uma vez que a *E. arborea* possui micorrizas ericoides e não ectomicorrizas (Monreal et al., 1999), pelo que as espécies em questão não se devem associar. No entanto e como já foi referido, por vezes os fungos conseguem ser muito flexíveis nas suas relações e associações, embora, seja mais provável que a influência de *E. arborea* se deva ao ensombramento ou outras condições ambientais.

O Género *Russula* não apresentou grandes influências dos factores de habitat, apenas demonstrando que a frutificação não é favorecida com a cobertura lenhosa no estrato 4 – 8 m, logo em bosques muito fechados.

4.5. Factores que afectaram a riqueza específica

Em relação aos fungos ectomicorrizicos, a única relação encontrada entre a riqueza específica e os factores de habitat foi a diminuição da riqueza aquando do incremento de densidade de *Erica arborea*, especialmente a partir de 6 indivíduos (PAP superior 18 cm) de *E. arborea* por hectare. Este resultado afigura-se coerente pelas razões já

descritas, ou seja, *E. arborea* forma micorrizas ericoides e portanto associa-se a outras espécies de fungos (Monreal, 1999).

Apesar de as amostragens realizadas neste trabalho não apresentarem resultados que relacionem a riqueza específica com a idade dos matos e das árvores, verificou-se que existem espécies que apenas surgem em parcelas com matos mais velhos enquanto outras desaparecem quando os matos se desenvolvem. Por exemplo o *Cantharellus cibarius* surgiu quase só em parcelas com mais de 40 anos e nunca com menos de 7 anos desde a última desmatação, enquanto o *Amanita caesarea* apenas surgiu em parcelas com matos jovens, com menos de 7 anos (dados não apresentados).

Outros autores já relacionaram a riqueza específica e as diferenças de comunidades ectomicorrízicas com o estágio de maturação da parcela florestal. Por exemplo, Baar e Braak (1995) demonstraram que as comunidades ectomicorrízicas são afectadas pela idade das árvores hospedeiras (*Pinus sylvestris*). Ainda na Holanda e em floresta de *Pseudotsuga menziensis*, Smit et al. (2003) mostraram que a remoção da manta morta e húmus incrementa a diversidade de fungos ectomicorrizicos, bem como altera as espécies presentes e que esses efeitos se mantêm pelo menos durante 5 anos (Smit et al., 2003).

No que se refere aos fungos sapróbios os resultados apontam para uma diminuição da riqueza específica com o aumento de densidade de sobreiro. Os fungos sapróbios necessitam de matéria orgânica para decompor e muitas vezes encontram-se preferencialmente em zonas mais abertas, o que pode justificar a sua diminuição em ecossistema fechado pelo ensombramento devido à densidade de sobreiro.

4.6. Evolução da riqueza específica com a idade do mato

Para os fungos ectomicorrizicos verificou-se que a maior parte da riqueza específica acontece quando os matos têm até 10 anos de idade após desmatção, a partir dessa altura verifica-se uma estabilidade do número de espécies que se mantém até aos 40 anos, a partir de quando volta a incrementar-se a riqueza específica. Segundo estes resultados, os fungos ectomicorrízicos em sobreirral são favorecidos por matos jovens, entre os 3 e 10 anos de idade e por bosques consolidados cujos matos não são intervencionados há pelo menos 40 anos. Como há 40 anos atrás as intervenções na Serra do Caldeirão raramente seriam mecânicas, pode-se adiantar que esses matos antigos nunca devem ter sido intervencionados mecanicamente, em termos de limpezas de mato.

Se analisarmos os dados com base nas espécies mais frequentes verificamos que o *Cortinarius trivialis* aparece em praticamente todas as idades de mato amostradas, à semelhança do *Lactarius chrysorrheus*, embora este último revele maior abundância em matos com idade igual e superior a 5 anos. Por outro lado e conforme já referido, o *Amanita caesarea* apenas aparece em matos jovens, enquanto o *Cantharellus cibarius* apenas frutifica em matos já bastante desenvolvidos. Salienta-se assim que de facto parece existir uma especificidade de algumas espécies pelo estado de desenvolvimento dos hospedeiros e do ecossistema. Relativamente ao *Cantharellus cibarius* e de acordo com os Serviços Florestais de Oregon nos Estados Unidos (informação não publicada), o género *Cantharellus* não frutifica antes de 10 a 20 anos de crescimento dos hospedeiros. Os resultados encontrados na Serra do Caldeirão vão de facto ao encontro deste padrão de frutificação, razão pela qual apenas ocorreram em parcelas com matos desenvolvidos e normalmente acima dos 40 anos sem intervenção.

Relativamente aos fungos sapróbios, não revelam muita riqueza específica em matos jovens, aumentando em matos com idade igual e superior a 30 anos. Já se verificou neste trabalho uma relação entre a abundância de sapróbios e a folhada, bem como a idade do mato, pelo que estes resultados apenas vêm confirmar essa relação.

4.7. Modelo de gestão

Nesta fase aborda-se de novo os objectivos que levaram à realização deste trabalho e, no âmbito da gestão e conservação da natureza, propõe-se então um modelo de gestão para os sobreirais da Serra do Caldeirão que concilie todos os usos que se pode potenciar neste ecossistema.

Estamos a trabalhar com um sistema suberícola cuja única exploração organizada é de facto a cortiça e portanto não há corte de árvores para exploração da madeira, nem há substituição da espécie florestal, excepto se o sobreiro de facto não crescer. Desta forma, estamos perante um sistema que tem tudo para ser sustentável e ecologicamente equilibrado. A única perturbação deste sistema consiste na limpeza de mato mecânica que pode ser realizada através de uma grade de discos que penetra alguns centímetros no solo destruindo o sistema radicular da vegetação herbácea e arbustiva, ou, através de um corta-matos que consiste numa estrutura com ou sem lâmina, que não penetra no solo e apenas corta a parte aérea da vegetação (DGF, 2003). A limpeza de matos é realizada como prevenção de incêndios florestais mas também antes da operação de tiragem de cortiça, de modo a permitir um melhor acesso às árvores. Desta forma, raramente tem ciclos inferiores a 3 anos e uma vez que a tiragem de cortiça realiza-se de

9 em 9 ou 10 em 10 anos, acabam por ser mais comuns os ciclos de 5 anos ou então apenas uma limpeza no ano anterior à tiragem.

De acordo com os dados discutidos nos pontos anteriores, esta gestão já praticada não parece muito danificadora para a diversidade e abundância de fungos florestais ectomicorrízicos, enquanto que os sapróbios já parecem ser mais afectados. No entanto, não foi considerado neste trabalho o número de limpezas de mato mecânicas que cada parcela já tinha tido, nem o tipo de intervenção mecânica. É de salientar que a Serra do Caldeirão após a campanha do trigo foi praticamente abandonada em termos de gestão de mato e neste momento muitas áreas tiveram apenas uma ou duas limpezas mecânicas em toda a sua existência, enquanto as mais antigas não devem nunca ter sido limpas mecanicamente. Assim, podemos não ter a percepção correcta da influência da maquinaria pesada nas comunidades de fungos florestais, principalmente no caso de mobilização de solo. Segundo vários autores (Ing 1996, Rydin et al. 1997, Pilz e Molina 2002, Wiensczyk et al. 2002) as mobilizações de solo utilizadas noutros sistemas florestais são prejudiciais aos fungos, então poderá ser provável que as mobilizações praticadas no nosso sistema de exploração também sejam prejudiciais, pelo menos a longo prazo.

Paralelamente devemos considerar as espécies comestíveis e comercializadas como eixo da nossa gestão, uma vez que será através delas que a floresta e os fungos florestais poderão valorizar-se. Nesse sentido, consideremos como exemplo o *Amanita caesarea* e o *Cantharellus cibarius*. São duas espécies de elevado valor comercial e muito procuradas nos mercados mundiais, ambas frutificam na Serra do Caldeirão, embora só o *C. cibarius* seja apanhado para venda. Com este exemplo temos os dois pólos opostos

da nossa estratégia de gestão, uma vez que o *A. caesarea* apenas parece frutificar em matos jovens e intervencionados, enquanto o *C. cibarius* parece desaparecer em caso de intervenção no solo.

Em termos de diversidade de fungos ectomicorrizicos verificou-se uma maior riqueza nos matos até 10 anos e depois nos matos com mais de 40 anos, relacionando-se certamente com a evolução dos hospedeiros, que podem ser tanto o sobreiro, como o medronheiro e eventualmente até a esteva. Vários autores (Baar e Braak 1995, Torres e Honrubia 1997, Smit et al. 2003, Tedersoo et al. 2006) referiram nos seus trabalhos a evolução das comunidades de fungos ectomicorrízicos consoante a evolução das espécies florestais hospedeiras.

Em relação às opções de gestão referidas noutros trabalhos, todos consideram o habitat como a base para a conservação da diversidade. No caso da Suécia, chegaram à conclusão que existem três tipos de habitat particularmente importantes para as espécies ameaçadas de macrofungos. Num dos habitats considera-se que a solução de conservação passa por uma gestão controlada, evitando limpezas e corte de árvores; noutro tipo de habitat a melhor gestão para a conservação consiste em manter algumas actividades como a pastorícia; por fim, no outro habitat a melhor gestão considerada é a manutenção de nichos específicos e de árvores antigas e cavernosas (Rydin et al. 1997).

Num estudo desenvolvido na Índia (Brown et al., 2006) onde se compararam zonas de santuário natural, áreas florestais e plantações onde anteriormente tinha sido floresta, concluiu-se que a degradação de habitat é uma ameaça mais perigosa para a diversidade de fungos do que a fragmentação. A manutenção de áreas com habitat de qualidade

parece ser a chave para uma estratégia de conservação bem sucedida. Os autores defendem que uma rede de habitats complementares deve ser mantida e protegida de modo a conservar a maior diversidade de fungos possível.

De acordo com Amaranthus (1998) a perda de diversidade de fungos ectomicorrízicos é um problema extenso e preocupante, pelo que a conservação de habitat deve ser uma prioridade na gestão florestal. Este autor defende que a conservação de uma espécie ameaçada não faz muito sentido, mas sim a conservação de uma área com elevada diversidade de fungos ectomicorrizicos. Ele considera que em alguns casos a manutenção de pequenas áreas funciona como um refúgio e como ponto de partida para a dispersão dos fungos.

Wiensczyk et al. (2002) defende algumas técnicas de gestão para manter a diversidade das comunidades ectomicorrízicas. Destaca-se a manutenção de plantas refúgio, que aqui poderá ser o medronheiro, a manutenção de árvores de grande porte e idade, bem como a manutenção de áreas de floresta antiga. O autor refere ainda que a remoção e perda de solo pode alterar a colonização das raízes das plantas pelos fungos ectomicorrízicos; que os incêndios consoante a dimensão podem ter efeitos negativos nas micorrizas; e que, após corte de árvores deve-se replantar o mais rapidamente possível de modo a não perder o inoculo micorrízico no solo.

Considerando a informação obtida dos outros estudos e os resultados obtidos no presente trabalho, claramente só pode considerar-se um modelo de gestão baseado na manutenção de zonas com diferente intervenção. A decisão deve sempre ser feita caso a caso, embora e de um modo geral, onde os matos forem antigos e desenvolvidos, mantê-

los de modo a manter a produtividade de *Cantharellus* e outras espécies que surgem nas parcelas mais antigas; onde os matos já estiverem a ser intervencionados, então estabelecer um ciclo entre 5 e 10 anos de limpezas de mato, de modo a manter os fungos que frutificam neste tipo de áreas.

De modo a sistematizar esta informação, o quadro seguinte descreve as diferentes opções consoante as características do habitat:

Características de Habitat	Opção de Gestão
Zonas de elevada densidade de sobreiros com produção de cortiça e árvores saudáveis. Inclinações moderadas e presença de cogumelos.	Provavelmente presença de algumas espécies com interesse comercial. Limpeza de mato, preferencialmente sem grade de discos e com ciclos nunca inferiores a 5 anos. Pode também aproveitar-se a utilização de gado com baixo encabeçamento, preferencialmente ovino e suíno.
Zonas com elevada densidade de sobreiro e medronheiro, inclinação elevada e mato muito desenvolvido. Encostas normalmente norte, com bastante humidade e com vegetação típica de bosque.	Provavelmente bom habitat de <i>Cantharellus cibarius</i> , uma das espécies fulcrais na gestão considerada. Assim, preconiza-se que estas zonas devam manter-se sem intervenção mecânica. Se for necessário intervir, então fazê-lo através de trabalho manual.
Zonas de baixa densidade de sobreiro e/ou com mortalidade de sobreiro. Vegetação arbustiva dominada por esteva e tojo, com solo bastante pedregoso e com sinais de erosão.	Provavelmente uma zona onde se encontram poucos cogumelos, principalmente ectomicorrízicos. As limpezas de mato devem ter ciclos mais longos, talvez 10 anos e se possível adensar a propriedade com sobreiro e/ou medronheiro.

Este tipo de gestão pode ser realizada pelo proprietário florestal dentro da sua propriedade, ou pelo gestor de propriedade. Actualmente está a desenvolver-se outra ferramenta de gestão da propriedade denominada por Zona de Intervenção Florestal (ZIF), que consiste na união de uma área com um mínimo de 1000 ha e 50 proprietários, geridos por uma única entidade, em prol dos interesses comuns dos proprietários florestais dessa área. Assim, se estivermos perante uma área inserida numa ZIF, então a entidade gestora deverá ter em consideração as opções de gestão aconselhadas neste trabalho, de modo a conseguir melhor produtividade da área.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo desenvolveu-se num sistema suberícola, caracterizado por elevada densidade de árvores e declives elevados, contrastando com áreas em que a mortalidade de sobreiro existe e está a aumentar. Neste sistema a base da gestão florestal é o sobreiro e a produção de cortiça, pelo que as acções de protecção e gestão florestal focam o risco de incêndio e o melhor acesso às árvores. As limpezas de mato mecânicas, através de tractores entre os 90 e 120 Hp, com grade de discos ou cortamatos, são a forma comum de manutenção da vegetação arbustiva competidora do sobreiro.

Perante este sistema florestal estudou-se a frutificação dos fungos florestais ectomicorrízicos e sapróbios, relacionando-se com as características do habitat consoante a gestão da vegetação arbustiva. Os fungos florestais, nomeadamente os ectomicorrízicos são um pilar fulcral na manutenção da saúde e vitalidade dos ecossistemas florestais, devido à relação benéfica recíproca que mantêm com as árvores.

As amostragens realizadas neste estudo revelam duas fases em que os fungos ectomicorrízicos são favorecidos. Em matos com idade até 10 anos a abundância e a riqueza específica de carpóforos aumentam com a idade. Depois, os matos antigos que provavelmente nunca foram limpos mecanicamente, ou seja, com idade superior a 40 anos, apresentam menor abundância de carpóforos, mas um incremento na riqueza específica. Assim, parece que em matos jovens a frutificação de espécies ectomicorrízicas é incentivada, enquanto que em matos antigos e desenvolvidos existe riqueza específica considerável embora menos abundância de cada espécie. A cobertura arbustiva mostra-se favorável à frutificação mas dentro da faixa de 0,2 a 1 m de altura.

No caso dos fungos sapróbios, a sua importância relaciona-se com o facto de decompor a matéria orgânica imprescindível à manutenção dos ciclos vitais à floresta, como o ciclo do carbono. Para estes fungos, as amostragens mostraram que as limpezas de mato não favorecem a sua frutificação, embora a cobertura arbórea densa também não seja muito favorável. De qualquer modo, a riqueza específica destes fungos aumenta quando o mato ultrapassa os 30 anos de idade, sendo que a abundância também é incrementada com a idade do mato.

A diversidade e composição da comunidade ectomicorrízica parece guiar-se pelo desenvolvimento da vegetação arbustiva e arbórea, com quem se relaciona. Verificou-se que alguns géneros conseguem aparecer em quase todas as idades de mato, enquanto outros são mais específicos nas características do habitat. Por outro lado, existe uma variação temporal ao longo da época e principalmente de ano para ano, que pode por vezes confundir algumas conclusões sobre a ecologia das comunidades ectomicorrízicas. Por tal, seria importante a continuidade deste tipo de trabalho,

estendendo-se a um período de amostragem mais longo, bem como a características de habitat mais restritas.

Em termos de sugestões sobre a gestão florestal, especificou-se no ponto anterior algumas considerações de modo a conservar o micobiota e a criar condições para uma sustentável exploração de cogumelos silvestres, como complemento da actual exploração florestal. De um modo geral, conclui-se que a manutenção das zonas com as características das parcelas com matos antigos e desenvolvidos, sem intervenção mecânica seria um factor importante. Sempre que a intervenção em matos desenvolvidos for necessária, então manter os medronheiros como armazenamento de inóculo micorrízico. Em termos de intervenção mecânica aconselha-se a utilização de corta-matos de modo a interagir minimamente com os sistemas radiculares das hospedeiras. No entanto, também se afigura importante e interessante para a diversidade do micobiota, continuar a intervir no sub-coberto em zonas onde já é realizado, bem como em zonas estrategicamente posicionadas como defesa contra incêndios florestais. Seja qual for a estratégia de gestão da propriedade florestal, é vital introduzir nos conceitos e preocupações do proprietário ou gestor, a importância dos fungos florestais para a saúde e vitalidade do seu ecossistema, bem como a necessidade urgente de conservar as comunidades instaladas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ▶ Amaranthus, M. (1998). The importance and conservation of ectomycorrhizal fungal diversity in forest ecosystems: lessons from Europe and the Pacific Northwest. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-431. Portland. OR: US. Department of Agriculture, Forest Service. Pacific Northwest Research Station. 15 p.

- ▶ Atlas do Ambiente (2002). Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território do Algarve. [página Web]. «(www.dra-alg.min-amb.pt)».

- ▶ Azul, A.M. & Freitas, H. (1999). Mycorrhizal Fungi and their application to forestation programmes with Cork Oak (*Quercus suber* L.). Actas I Congreso Hongos: Micorrización. Cáceres.

- ▶ Baar, J. e Braak, C. (1995). Ectomycorrhizal sporocarps occurrence as affected by manipulation of litter and humus layers in Scot pine stands of different age. *Applied Soil Ecology* 4: 61-73.

- ▶ Bielli, E. (1998). Guía práctica para conocer e identificar todas las setas. El Gran Libro de Las Setas. Editorial Planeta. Córcega. ISBN 84-08-02747-6.

- ▶ Bon, M. (2004). **Guía de Campo de los Hongos de España e Europa**. Ediciones Omega. Barcelona. ISBN 84-282-1336-4.

- ▶ Brasier, C.M. (1992). Oak mortality in Iberia. *Nature* 360, 539.

- ▶ Brown, N.; Bhagwat, S. e Watkinson, S. (2006). Macrofungal diversity in fragmented and disturbed forests of the Western Ghats of India. *Journal of Applied Ecology* 43: 11-17.

- ▶ Buckland, S.; Anderson, D.; Burnham, K.; Laake, J.; Borchers, D. e Thomas, L. (2001) Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, Oxford. 448 pp

- ▶ Burnham, K.P. & Anderson, D.R. (1998) Model Selection and Inference. A Practical Information-Theoretic Approach. Springer, New York, NY.

- ▶ Campbell, N. & Reece, J. (2002). Biology. Sixth Edition. University of California. Riverside & Palo Alto. California. Pearson Education, Inc.. 1247 pp.

- ▶ Deacon, J. (1997). Modern Mycology. 3th Edition. Institute of Cell & Molecular Biology. University of Edinburgh.

- ▶ DGF, Divisão Serviços de Valorização do Património Florestal. (2003). Princípios de Boas Práticas Florestais. Lisboa. ISBN 972-8097-51-4.

- ▶ DGRF (2006). Plano Regional de Ordenamento Florestal do Algarve. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. (Publicação) Decreto Regulamentar nº17/2006 de 20 Outubro.

- ▶ Frutuoso, A. (2003). Caracterização da exploração de cogumelos silvestres em S. Marcos da Serra e Monchique. Estudo das condições para uma gestão sustentável. Relatório da disciplina de Projecto Tecnológico – Engenharia do Ambiente. Universidade do Algarve. Portugal

- ▶ Goodman, D.M.; Trofymow, J.A. (1998). Distribution of ectomycorrhizas in microhabitats in mature and old-growth stands of Douglas-Fir on Southeastern Vancouver Island. *Soil Biol. Biochem.* Vol. 30, Nº14, pp. 2127 – 2138.

- ▶ Honrubia García, M. Gomez, A. e Espejo G. (2002). Dinamismo del componente fúngico micorrízico y su incidência en la regeneración del bosque mediterráneo. *In* Charco Garcia. La regeneración natural del bosque mediterráneo en la Península Ibérica – Evaluación de Problemas y Propuesta de Soluciones. Asociación para la Recuperación de los Bosques Autóctonos. ISBN: 84-922095-50.

- ▶ Ing, B. (1996). Red Data Lists and decline in fruiting of macromycetes in relation to pollution and loss of habitat *In* Frankland, J., Magan, N. & Gadd, G. - *Fungi and Environmental Changes*. Symposium of the British Mycological Society Held at Cranfield University. 351pp

- ▶ Kirk, P.; Cannon, P.; David, J. & Stalpers, J. (2001). Ainsworth and Bisby's. Dictionary of the Fungi, 9th Edition. CABI Bioscience. U.K. 655 pp.

- ▶ Legendre, P. & Legendre, L. (1998) Numerical Ecology. 2nd edn. Elsevier, Amsterdam.

- ▶ Luoma D.; Eberhart J. e Amaranthus M. (1996). Response of Ectomycorrhizal Fungi to Forest Management Treatments: Implications for Long-Term Ecosystem Productivity In Pilz, D. & Molina, R.- *Managing Forest Ecosystems to Conserve Fungus Diversity and Sustain Wild Mushroom Harvests*. U.S. Department of Agriculture Forest Service. Portland. Oregon. USA. 104 pp

- ▶ Marques, G. (2003). Diversidade Ectomicorrízica em viveiros e ecossistemas florestais. Tese de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. Portugal.

- ▶ Monreal, M.; Berch, S.; Berbee, M. (1999). Molecular diversity of ericoid mycorrhizal fungi. *Canadian Journal Botany* 77: 1580-1594.

- ▶ Moore–Landecker, E. (1996). *Fundamentals of the Fungi*. 4th Edition. Rowan College of New Jersey. 574pp.

- ▶ Munguia, P.; Guzmán, G. e Ramírez-Guillén, F. (2005). Seasonal community structure of macromycetes in Veracruz, México. *Ecography* 28. pp 1-9.

- ▶ O’Dell, T.; Ammirati J. e Schreiner, E. (1999). Species richness and abundance of ectomycorrhizal basidiomycete sporocarps on a moisture gradient in the *Tsuga heterophylla* zone. *Canadian Journal of Botany* 77: 1699 – 1711.

- ▶ Pilz, D. & Molina, R. (1996). *Managing Forest Ecosystems to Conserve Fungus Diversity and Sustain Wild Mushroom Harvests*. U.S. Department of Agriculture Forest Service. Portland. Oregon. USA. 104 pp

- ▶ Pilz, D. & Molina, R., 2002. Commercial harvests of edible mushrooms from the forests of the Pacific Northwest United States: issues, management, and monitoring for sustainability. *Forest Ecology and Management*, 5593, 1-14.

- ▶ Pinho-Almeida, F.; Melo, I.; Cardoso, J.; Basílio, M.C. & Baptista-Ferreira, J.L. (1999). Caracterização da Flora e da Fauna do Montado da Herdade da Ribeira Abaixo (Grândola-Baixo Alentejo). Eds. M. Santos-Reis & A.I. Correia, Centro de Biologia Ambiental, Lisboa. Pp 9-34.

- ▶ Purves, W.; Sadava, D.; Orians, G. & Heller, H. (2001). *Life: The Science of Biology*. 6th Edition. Sinauer Associates Inc. USA. 1044pp.

- ▶ Quilchano, C & Marañón, T (2002). Dehydrogenase activity in Mediterranean forest soils. *Biol Fertil Soils* (2002) 35:102–107 DOI 10.1007/s00374-002-0446-8.

- ▶ Richard, F., Moreau, P.-A., Selosse, M.-A. & Gardes, M., (2004). Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi in an old-growth Mediterranean forest dominated by *Quercus ilex* L.. *Canadian Journal of Botany*, 82, 1711- 1729.

- ▶ Rodriguez, J.; Frade, B.; Alfonso, A.; Rodriguez, J.; Prieto, O.; Martin, E. E Gerald, T. (1999). Guia de Hongos de la Península Ibérica. 3ª. Edição. Editorial Celarayn. Leon. Espanha.

- ▶ Rydin, H.; Diekmann, M. e Hallingback, T. (1997). Biological Characteristics, Habitat Associations and Distribution of Macrofungi in Sweden. *Conservation Biology*, Vol. 11, N°3, pp: 628 – 640.

- ▶ Sanchez, F. (1997). Hongos Ectomicorrísicos de el Maestrazgo: Estudios Taxonómico, Ecológico e Fisiológico. Universidade de Murcia.

- ▶ Smit, E.; Veenman, C.; Baar, J. (2003). Molecular analysis of ectomycorrhizal basidiomycete communities in a *Pinus sylvestris* L. stand reveals long-term increased diversity after removal of litter and humus layers. *FEMS. Microbiology Ecology* 45: 49-57.

- ▶ Smith, J.; Molina, R.; Huso, M.; Luoma, D.; Mackay, D.; Castellano, M.; Lebel, T.; Valachovic, Y. (2002). Species richness, abundance, and composition of hypogeous and epigeous ectomycorrhizal fungal sporocarps in young, rotation-age, and old-growth stands os Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in the Cascade Range of Oregon, USA. *Canadian Journal of Botany*, 80: 186-204.

- ▶ Tagu, D.; Lapeyrie, F.; Martin, F. (2001). The ectomycorrhizal symbiosis: genetics and development. *Plant and Soil* 244: 97-105. 2002 Kluwer Academic Publishers.

- ▶ Taylor, A. (2002). Fungal diversity in ectomycorrhizal communities: sampling effort and species detection. *Plant and Soil* 244: 19 – 28. Kluwer Academic Publishers.

- ▶ Tedersoo, L.; Suvi, T.; Larsson, E.; Koljalg, U. (2006). Diversity and community structure of ectomycorrhizal fungi in a wooded meadow. *Mycological Research* 110: 734-748

- ▶ Thomas, L., Laake, J.L., Strindberg, S., Marques, F.F.C., Buckland, S.T., Borchers, D.L., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Hedley, S.L., Pollard, J.H., Bishop, J.R.B. and Marques, T.A. (2005). Distance 5.0. beta 6. Research Unit for Wildlife Population Assessment. University of St. Andrews, UK.
<http://www.ruwpa.stand.ac.uk/distance/>

- ▶ Torres, P.; Honrubia, M. (1997). Changes and effects of a natural fire on ectomycorrhizal inoculum potential of soil in a *Pinus halepensis* forest. *Forest Ecology and Management* 96: 189-196.

- ▶ University of Sydney (2004). Fungal Biology. [página web]
<http://bugs.bio.usyd.edu.au/Mycology/>

- ▶ Wiensczik, A.M., Gamiet, S., Durall, D.M., Jones, M.D., Simard, S.W., (2002). Ectomycorrhizae and forestry in British Columbia: a summary of current research and conservation strategies. *B.C. Journal of Ecosystems and Management*, 2, 1-20.

ANEXOS

Anexo I

Listagem das Espécies de fungos sapróbios e ectomicorrízicos encontrados nas 48 parcelas de amostragem, desde Novembro de 2004 a Abril de 2006.

Fungos Ectomicorrízicos	Fungos Sapróbios
Amanita caesarea	Agaricus bisporus
Amanita pantherina	Agaricus campestris
Amanita phalloides	Agaricus romagnesii
Amanita rubescens	Agaricus sp1
Amanita sp.1	Agaricus sp2
Amanita vaginata	Bolbitius vitellinus
Amanita virosa	Clavulina cinerea
Boletus aereus	Clavulina cristata
Boletus edulis	Clitocybe costata
Boletus queletii	Clitocybe odora
Boletus sp. (secção Appendiculati)	Clitocybe sp.
Boletus sp.1	Clitocybe sp1
Cantharellus cibarius	Clitocybe trullaeformis
Clitocybe font-queri	Colibia butyracea
Clitocybe sp.1	Coprinus sp.
Cortinarius elatior	Entoloma lividum
Cortinarius pseudosalor	Hygrocybe cónica
Cortinarius rufoolivaceus	Hygrocybe sp.1
Cortinarius sp.	Hypholoma fasciculare
Cortinarius sp.1	Lycoperdon sp.
Cortinarius sp (secção Armillati)	Macrolepiota procera
Cortinarius sp (secção Cyanophylli)	morfo 1
Cortinarius sp (secção Leprocybe)	morfo 10
Cortinarius sp (secção Myxacium)	morfo 11
Cortinarius sp (secção Triumphantes)	morfo 12
Cortinarius sp. (secção Tenuiores)	morfo 13
	morfo 14
Cortinarius sp.2	morfo 15
Cortinarius sp.3	morfo 16
Cortinarius sp.4	morfo 17
Cortinarius sp.5	morfo 18
Cortinarius sp.6	morfo 19
Cortinarius sp.7	morfo 2
Cortinarius sp.8	morfo 20
Cortinarius trivialis	morfo 3
Craterellus cornucopioides	morfo 4
Hebeloma crustuliniforme	morfo 5
Hebeloma sp1.	morfo 6
Hydnum repandum var. rufescens	morfo 7
Hygrophorus chrysodon	morfo 8
Hygrophorus cossus	morfo 9
Hygrophorus eburneus	Mycena sp1. (provável M. filopes)
Hygrophorus olivaceoalbus	Omphalatus illudens

Fungos Ectomicorrízicos	Fungos Sapróbios
Hygrophorus sp.	Phallus impudicus
Inocybe lacera	Pholiota sp1
Inocybe sp	Pseudoclitocybe cyathiformis
Inocybe sp1 (semelhante I. geophylla)	Ramaria sp.
Inocybe sp2.	Ramaria stricta
Inocybe sp3.	
Laccaria lacatta	
Lactarius acerrimus	
Lactarius atlanticus	
Lactarius badiosanguineos	
Lactarius chrysorrheus	
Lactarius piperatus	
Lactarius sp.	
Lactarius sp.1	
Lactarius sp2 (semelhante L. subdulcis)	
Lactarius sp3 (secção Tabidi)	
Lactarius subumbonatus	
Russula amoenolens	
Russula albonigra	
Russula alutacea	
Russula artesiana	
Russula aurea	
Russula brunneoviolacea	
Russula chloroides	
Russula curtipes	
Russula cyanoxantha	
Russula delica	
Russula foetens	
Russula fragilis	
Russula heterophylla	
Russula integra	
Russula lepida	
Russula melliolens	
Russula risigallina	
Russula sp.	
Russula sp. (secção Fragiles)	
Russula sp. (secção Atropurpurinae)	
Russula sp. (secção Compactae)	
Russula sp. (secção Insidiosae)	
Russula sp. (secção Lilaceae)	
Russula sp. (secção Polychromae))	
Russula sp. (secção Tenellae)	
Russula sp. (subsecção Nigricantinae)	
Russula sp. (vermelha)	
Russula sp.1	
Russula sp. 2	
Russula sp.3	
Russula sp.4	
Russula sp.5	
Russula sp.6	
Russula sp. (secção Heterophyllae)	

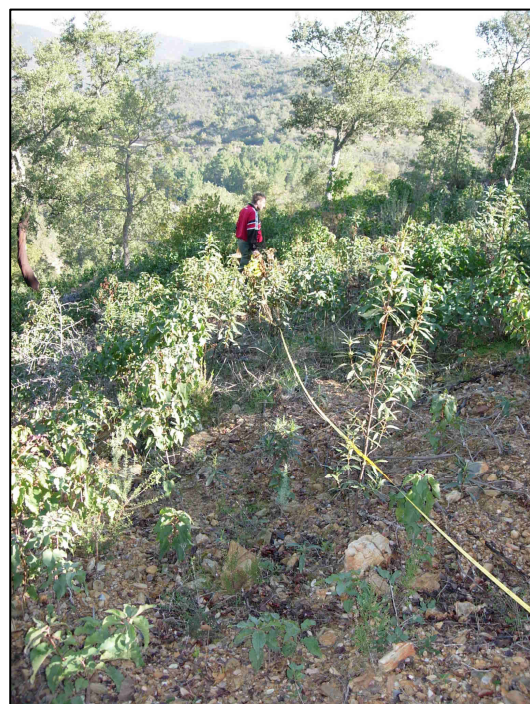
Fungos Ectomicorrízicos
Russula sp.7(todas as russulas desconhecidas)
Russula sp8. (semelhante R. betularum)
Russula sp9 (secção Tenellae ou Atropurpurinae)
Russula sp10 (secção compactae)
Russula sp11
Russula sp12
Russula violácea
Suillus bellini
Tricholoma atosquamosum
Tricholoma atosquamosum var. squarrulosum
Tricholoma portentosum
Tricholoma saponaceum
Tricholoma scalpturatum
Tricholoma sp.
Tricholoma sp.1
Tricholoma sulphureum
Tricholoma ustale
Xerocomus chrysenteron
Xerocomus porosporus
Xerocomus subtomentosus

Anexo II

Fotografias exemplo de quatro categorias de parcelas de amostragem



Idade 1



Idade 2



Idade 4



Idade 6

Anexo III

Fotografias de algumas espécies de fungos florestais encontradas nas amostragens da Serra do Cadeirão



Amanta pantherina (ectomicorrízico)



Macrolepiota procera (sapróbio)



Cantharellus cibarius (ectomicorrízico)



Russula aurea (ectomicorrízico)



Lactarius piperatus (ectomicorrízico)



Russula sp. (ectomicorrízico)