


# Formação sobre Sanidade no Montado

5ª edição 2024

 26, 27, 28 de Setembro

 Beja, Mértola, Beja



Organização



Financiamento



Apoio



## Índice

### **Principais Doenças do Montado**

Joana Henriques e Helena Bragança, INIAV .....3

### **Principais Pragas do Montado**

Luís Bonifácio, Miguel Pimpão, Pedro Naves e Edmundo Sousa – INIAV .....14

### **Interação entre o Sobreiro e P. Cinnamomi – Aspetos Genéticos**

Ana Cristina Coelho .....25

### **Formas de Mitigar o Impacto de Phytophthora Cinnamomi**

Ana Cristina Moreira – INIAV .....35

### **Pastoreio e Gestão da Pastagem**

Elvira Sales-Baptista – MED/ UÉvora .....50

### **A Importância das comunidades fúngicas num Montado Saudável**

Celeste Santos e Silva, MED/ UÉvora .....57

### **Conhecer o microbioma do solo e a sua importância**

Ricardo Boavida Ferreira, ISA/ULisboa .....64

### **O Sucesso de Reflorestações no Montado**

Cristina Branquinho, cE3c – FCUL .....71

### **Recomendações para uma Gestão Adaptativa do Montado**

Carla Nogueira – UNAC .....95

### **Gestão do Solo e Fertilidade**

Mário de Carvalho – MED/UÉvora.....108

### **(Micro)Biologia do Solo**

Isabel Brito – MED/UÉvora .....138



## Principais Doenças do Montado

Joana Henriques e Helena Bragança, INIAV

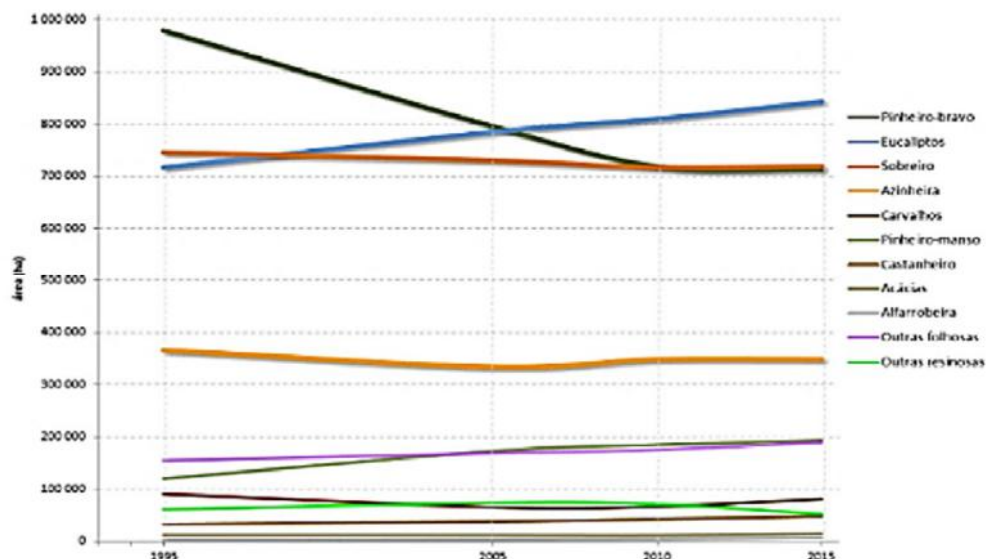


[joana.henriques@iniav.pt](mailto:joana.henriques@iniav.pt)

A distribuição do montado situa-se na zona mediterrânica da Península Ibérica. Caraterizada por um clima temperado: verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos. O clima mediterrâneo está entre os mais afetados pelas mudanças do clima, em particular pelas secas cada vez mais frequentes e severas. As duas espécies características do montado mediterrânico apresentam distribuições distintas: o sobreiro mais presente no litoral, a azinheira no interior.



Apesar de as áreas totais dos povoamentos de ambas as espécies se manterem relativamente estáveis nas últimas décadas, verifica-se uma marcada diminuição nas densidades destes povoamentos.



Fonte: IFN6, ICNF 2019

Como um ecossistema, o Montado deve ser encarado na sua complexidade de elementos – árvores, espécies arbustivas, pastagem, animais de produção, fauna selvagem, polinizadores, solo, água, etc... E, neste sentido, o estudo e análise do seu declínio deve também ter em conta os diferentes fatores de perturbação em jogo:

- Condições de base e práticas de gestão dos solos e dos povoamentos arbóreos;
- Fatores climáticos, cada vez mais imprevisíveis e impactantes;
- Fenómenos de perturbação pontual ou persistente, como a poluição ou os incêndios;
- Pragas e doenças, e os seus impactos e mecanismos de ação;





No que toca à expressão das doenças do Montado, esta será condicionada por três fatores principais:

- Ambiente: as condições edafo-climáticas que influenciam todo o sistema, tanto ao nível do estado ecofisiológico e sanitário da planta como ao nível dos fatores que condicionam o desenvolvimento dos agentes patogénicos e das doenças (temperatura, humidade, condição dos solos);
- Planta: estado geral de saúde da planta e a sua suscetibilidade à infeção, ou capacidade de combate à doença;
- Agente Patogénico: infecciosidade, abundância, modo de ação.



## **Quais as principais doenças que afetam o montado de sobro?**

### **I – Doenças da parte aérea**

- *Diplodia corticola*
- Outras *Diplodia* (ex. *Diplodia quercivora*)
- Ophiostomatales
- *Biscogniauxia mediterranea* – carvão do entrecasco
- *Cryphonectria naterciae* – ferrugem alaranjada
- *Microsphaera* spp. / *Oidium* spp. - oídio dos carvalhos
- *Brenneria goodwinii* – bactéria AOD



### **II – Doenças da raiz**

- *Phytophthora cinnamomi* - fitóftora
- *Armillaria mellea* - podridão agárica

## I – Doenças da parte aérea

### **Diplodia corticola – Seca dos Ramos**

Tipo de Organismo: fungo patogénico

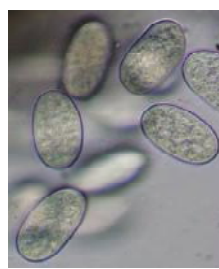
Órgão atacado: tronco, ramos, raminhos

Sintomas iniciais são a clorose (amarelecimento) das folhas e ligeira desfoliação, progredindo para a seca de ramos, raminhos e folhas e também para necroses, fendilhamento e cancro nos ramos e tronco.



Na Primavera, sobre os órgãos atacados, aparecem as frutificações negras do fungo que contêm os esporos responsáveis pela sua dispersão

Em boas condições de humidade e temperatura, os esporos são disseminados pela chuva e pelo vento.



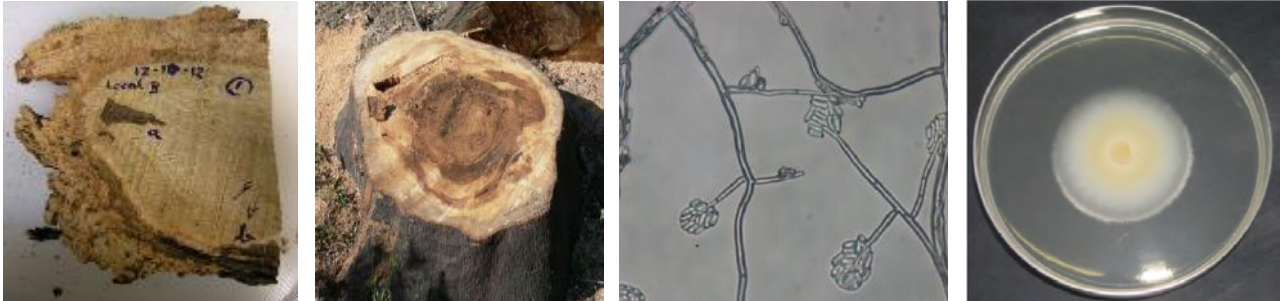
Neste momento, este fungo patogénico primário encontra-se amplamente disperso pelos povoamentos de sobreiro em território nacional, existindo também outras espécies de *Diplodia* a afetar as árvores, nomeadamente *D. quercivora*, no entanto a sua ação patogénica é menos severa.

### **Referências:**

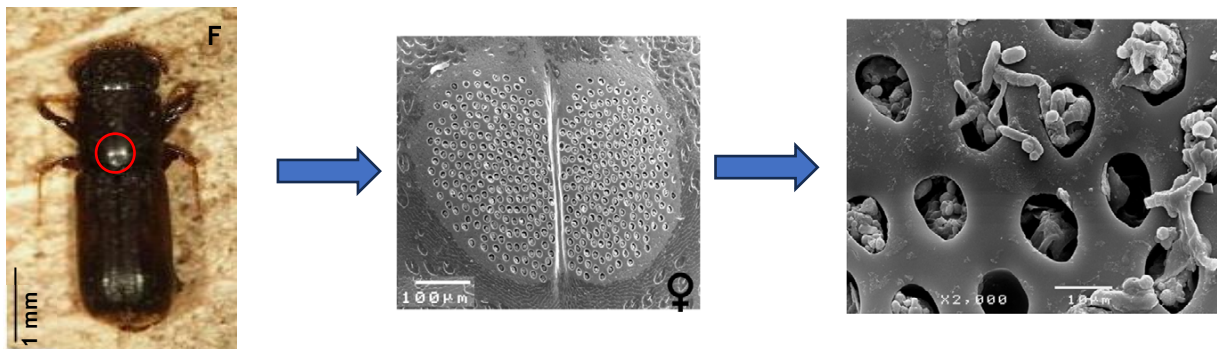
- Santos 1995. Phytopathological situation of cork oak (*Quercus suber* L.) in Portugal. OILB/wprs Bull. 18: 38-42.
- Alves et al. 2004. *Botryosphaeria corticola*, sp. nov. on *Quercus* species, with notes and description of *Botryosphaeria stevensii* and its anamorph, *Diplodia mutila*. Mycologia 96: 598-613.
- Bragança et al. 2016. First Report of *Diplodia quercivora* Causing Dieback on *Quercus suber* and in Europe. Plant Disease 100: 2166.

### **Ophiostomatales – Fungos Ambrósia**

Grupo de fungos patogénicos que atacam várias espécies lenhosas, incluindo várias espécies da família das quercíneas. São propagados através da ação de vetores insetos, nomeadamente o plátipo\* e o xileboro.



\*O plátipo (*Platypus cylindrus*) é um pequeno inseto que se alimenta de fungos, transportando os seus esporos de árvore em árvore em órgãos próprios chamados micângios, garantido a inoculação interna das galerias que vai escavando nas árvores e a alimentação das novas gerações



Existem várias espécies de fungos propagadas pelo plátipo, sendo algumas delas agentes patogénicos dos sobreiros, nomeadamente:

- *Raffaelea* spp.: da família Ophiostomatales, patogénicos para diferentes espécies lenhosas;
- *Diplodia* sp.;
- *Biscogniauxia* sp.: carvão do entrecasco.

Para além dos fungos, o plátipo transporta ainda várias espécies de bactérias, algumas com potencial patogénico para o sobreiro.

### ***Referências:***

- Inácio et al. 2021. *Raffaelea quercina* sp. nov. associated with cork oak (*Quercus suber* L.) decline in Portugal. *Forests*, 12, 513.
- Inácio et al. 2022. *Ceratocystiopsis quercina* sp. nov. associated with *Platypus cylindrus* on declining *Quercus suber* in Portugal. *Biology*, 11: 750.
- Nones et al. 2022. Bacterial community associated with the ambrosia beetle *Platypus cylindrus* on declining *Quercus suber* trees in the Alentejo region of Portugal. *Plant Pathology*, 71: 966-979.



**Bischofia mediterranea – Carvão do Entrecasco**

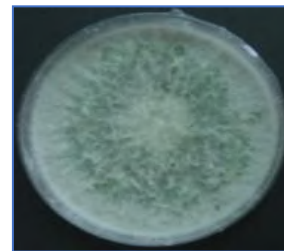
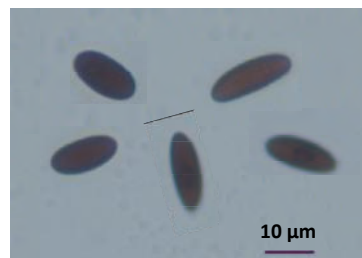
Tipo de Organismo: fungo patogénico

Órgão afetado: tronco e ramos

- Descoloração e rarefação progressiva da copa
- Fendilhamento do tronco e ramos
- Presença de estroma carbonáceo / massa castanha pulverulenta



O fungo desenvolve-se assintomaticamente nos hospedeiros, tornando-se patogénico sob condições de stress como seca, ataque de pragas ou outros agentes nocivos, fogo ou poluição. Assim sendo, as previsões de alterações climáticas para a região mediterrânica favorecem o agravamento da sua ação.



Nos últimos anos tem sido detetado com alguma frequência em plantações jovens de sobreiros que vão morrendo "em linha" e apresentam a expressão atípica da doença (massa de esporos castanha).

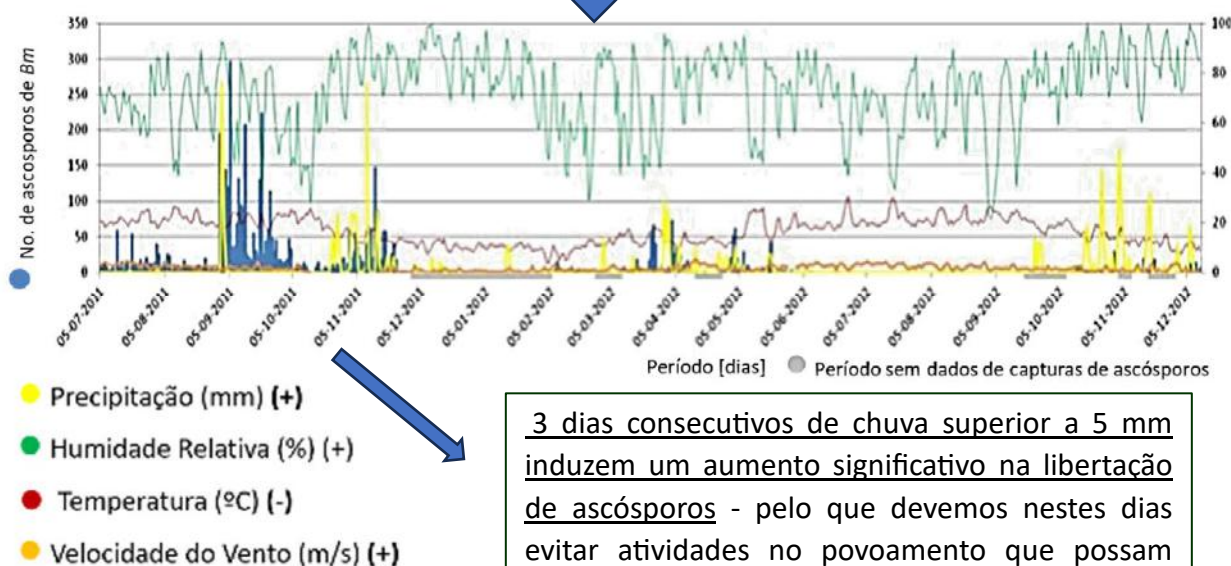


### Fatores de Dispersão (Henriques et al. 2014)

Os esporos são dispersos por ação humana (por exemplo aquando da movimentação de lenha contaminada no povoamento ou na utilização de ferramentas de poda ou descortiçamento contaminadas), do vento, chuva ou insetos.



Ensaio com capta-esporos Burkard e estação meteorológica instalados na região de Grândola (2011 e 2012).



### Transmissão por Sementes

O fungo foi detetado nos tecidos exteriores e de reserva das bolotas, mas não no embrião.

– NÃO OCORRE INFEÇÃO DAS PLANTAS GERMINADAS –

Desinfecção das bolotas antes da sementeira (hipoclorito de sódio 1,5% / 5 min)





Ao nível da regeneração natural de povoamentos afetados, verificou-se apenas a infeção em 1 em 100 plantas com menos de três anos. Quanto à regeneração a partir de toijas de árvores infetadas, não se verificou qualquer infeção em rebentos com menos de 3 anos.



### Referências:

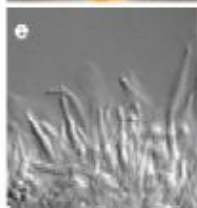
- Henriques et al. 2012. New outbreaks of charcoal canker on young cork oak trees in Portugal. IOBC/wprs Bull. 76: 85-88
- Henriques et al. 2016. Analysis of the genetic diversity and phylogenetic relationships of *Biscogniauxia mediterranea* isolates associated with cork oak. Phytoparasitica 44: 19–34.
- Henriques et al. 2014. Factors affecting the dispersion of *Biscogniauxia mediterranea* in Portuguese cork oak stands. Silva Lusitana 22: 83-97.

### Outras Doenças da Parte Aérea

#### **Cryphonectria naterciae – Ferrugem Alaranjada**

Fungo patogénico que afeta tecidos lenhosos de *Quercus suber*, podendo provocar a seca de ramos, geralmente associado a práticas de descortiçamento excessivo ou mal executado, afetando árvores já debilitadas.

Visualmente, pode ser identificado pelo aparecimento de cirros e frutificações alaranjadas no tronco, mais facilmente observáveis no descortiçamento.



### Referências:

- Bragança et al. Cryphonectria naterciae: A new species in the Cryphonectria–Endothia complex and diagnostic molecular markers based on microsatellite-primed PCR. Fungal Biology, 115: 852-861.



### **Microsphaera spp./ Oidium spp. – Oídio dos Carvalhos**

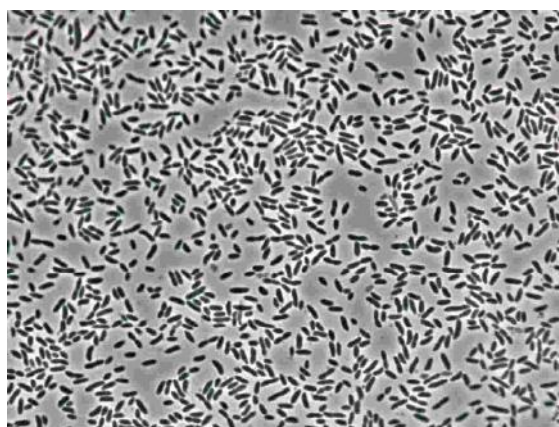
Espécies de fungos patogénicos, que se desenvolve em condições de humidade relativa elevada. Geralmente ocorrem em plantas jovens, apresentando por isso uma grande relevância em viveiros e novos povoamentos.

Caracteriza-se pelo aparecimento de um “pó” acinzentado na página superior das folhas e em raminhos jovens (esporos do fungo), podendo causar deformações e diminuição do crescimento ou mesmo a morte das plantas.



### **Brenneria goodwinii**

Bactéria patogénica, identificada recentemente pela comunidade científica. Está associada ao fenómeno descrito como AOD (*Acute Oak Decline*), no Reino Unido. Recentemente, em 2022, esta bactéria foi isolada a partir de um sobreiro com sintomas de declínio na zona de Alcácer do Sal. A sintomatologia associada é similar à de muitos agentes patogénicos já conhecidos: folhas acastanhadas, exsudados sobre o tronco e manchas necróticas no interior do lenho.



### **Referências:**

- Fernandes et al. 2022. First report of *Brenneria goodwinii* causing acute oak decline on *Quercus suber* in Portugal. J. Plant Pathol. 104: 837–838

### ***Doenças da Parte Aérea – Medidas de Controlo***

Apesar de não existir estratégia definida para o controlo específico de cada uma das patologias referidas, podem ser indicadas algumas diretrizes gerais, baseadas na prevenção:

- Adotar medidas de gestão que contribuam para o bom estado fisiológico das árvores e proteção/ melhoria do solo;
- Fazer a poda e a remoção dos ramos afetados, sempre em períodos de clima mais seco;
- Abate e remoção ou destruição/ cobertura das árvores mortas;
- Desinfecção de instrumentos de poda e descortçamento (álcool 70%);
- Desinfecção e proteção das feridas de poda com pasta cicatrizante;
- Evitar fazer podas sanitárias e podas de manutenção na mesma altura.

## **II – Doenças da Raiz**

**[*Phytophthora cinnamomi* – fitóftora → Será abordada noutra apresentação/ capítulo.]**

### **Armillaria mellea – Podridão Agárica**

Macrofungo patogénico que coloniza as raízes e o tronco das árvores. As árvores afetadas apresentam raízes apodrecidas, fracas e pouco resistentes, sendo os troncos afetados por uma podridão branca do lenho associada a excreções gomosas. Ao nível do colo, pode ser identificado o micélio branco-cremoso do fungo, em forma de leque, presente também sobre a epiderme das raízes. Progressivamente, a árvore revela seca da copa, apresentando folhas pequenas, esparsas e cloróticas (despigmentadas).

Esta espécie de fungo é um saprófito preferencial, isto é, consome matéria vegetal em decomposição, podendo, no entanto, tornar-se parasita e patogénica em situações favoráveis ao seu desenvolvimento (árvores debilitadas, com feridas abertas ou raízes cortadas). No Outono podem surgir frutificações junto ao solo a partir do micélio das plantas afetadas. Como medida de controlo preventiva deve evitar-se a disseminação do fungo durante a preparação do solo.



### ***Referências:***

- Bragança et al. 2004. Identification of Portuguese Armillaria Isolates by Classic Mating-Tests and RFLP-PCR Analysis of the ITS1 Region of Ribosomal DNA. Silva Lusitana, 12: 67-75.

## Considerações Finais

Em floresta a irradicação de agentes causadores de doenças é uma utopia!

- A luta química não é por si só viável para o combate dos agentes descritos;
- É fundamental o diagnóstico correto dos organismos envolvidos;
- É fundamental conhecer a biologia dos organismos e as suas interações;
- Como base, devem ser sempre promovidas as condições mais favoráveis às árvores;
- Gestão florestal adequada por forma a evitar stress, dispersão e aumento de inóculos;
- Utilização de material vegetal de boa qualidade e em bom estado sanitário;
- Promover a micorrização;
- Melhoramento adequado sem nunca descurar o fator BIODIVERSIDADE.

## Material de Apoio



[Descarregar](#)



[Descarregar](#)



[Descarregar](#)



## Principais Pragas do Montado

Luís Bonifácio, Miguel Pimpão, Pedro Naves e Edmundo Sousa – INIAV



[luís.bonifacio@iniav.pt](mailto:luís.bonifacio@iniav.pt)

Agrupamento dos principais insetos que atacam o montado de sobreiro, segundo o órgão afetado na árvore:

### I - Insetos das folhas e gomos

- Lagarta do sobreiro (*Lymantria dispar*)
- Burgo (*Tortrix viridana*)
- Portésia (*Euproctis chrysorrhoea*)

### II - Insetos dos frutos

- Lagarta da castanha (*Cydia splendana*)
- Balanino (*Curculio elephas*)

### III – Insetos dos ramos

- Cobrilha dos ramos (*Coroebus florentinus*)

### IV – Insetos do Tronco

- Cobrilha da cortiça (*Coroebus undatus*)
- Plátipo (*Platypus cylindrus*)
- Broca ou Longicórneo (*Cerambyx* spp.)
- Broca vermelha (*Cossus cossus*)












## I. Insetos das Folhas e Gomos

As espécies identificadas são essencialmente lagartas, isto é, formas larvares de borboletas, que se alimentam das folhas e gomos das árvores.

### • *Lymantria dispar* – Lagarta do Sobreiro

Consome toda a folha causando frequentemente a desfolha completa da árvore. Em geral depois da desfolha completa na Primavera a árvore rebenta de novo e poucos meses após o ataque, só a presença dos restos das pupas e as posturas, por vezes bem visíveis, assinalam que a árvore foi atacada.



Ocorrência no parquenteiro		Sintomas /Indícios	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
			Inverno			Primavera			Verão			Outono		
 quase nula  pouco provável  provável  muito provável	 plantão  jovem  adulto  decrépito	massas creme no tronco - posturas												
		desfolha da copa												

O combate à lagarta do sobreiro pode ser feito essencialmente através de duas abordagens:


- 1- Biotécnica, utilizando armadilhas com feromona sexual, para captura de machos reprodutores;
- 2- Química, utilizando pesticidas, nomeadamente a bactéria *Bacillus thuringiensis*;



- ***Tortrix viridana* - Burgo**

O aspeto da árvore atacada é diferente da desfolha causada pela lagarta do sobreiro, pois ao contrário desta, em geral permanecem os pecíolos, o que dá à copa uma tonalidade esverdeada.



Ocorrência no povoamento		Sintomas /Indícios	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
			Inverno			Primavera		Verão			Outono			
 <div>plantação</div> <div>jovem</div> <div>adulto</div> <div>decrépito</div>	<div><div></div>quase nula</div> <div><div></div>pouco provável</div> <div><div></div>provável</div> <div><div></div>muito provável</div>	folhas enroladas com teias de seda												
	destruição dos gomos													
	desfolha													

- ***Euproctis chrysorrhoea* – Portésia**

Ataca preferencialmente sobreiro, sendo o período de atividade das lagartas os meses de Verão (Junho-Setembro).



Ocorrência no povoamento		Sintomas /Indícios	J	F	M	A	M	J	JJ	A	S	O	N	D
			Inverno			Primavera		Verão			Outono			
<div><div>quase nula</div><div>pouco provável</div><div>provável</div><div>muito provável</div></div>		ninhos de folhas e fios de seda	■■■■■					■				■■		



## II. Insetos dos Frutos

Ambos os insetos descritos são organismos que consomem os frutos (bolotas) durante uma fase do seu ciclo de vida. Ambos as pragas podem surgir em povoamentos de sobre e azinho, no entanto não são consideradas pragas de grande prevalência ou gravidade.

- ***Cydia splendana* - Lagarta da Castanha**

Ataca preferencialmente castanheiros, mas também a azinheira e o sobreiro. Período de voo no final do Verão e Outono. Após a postura dos adultos, as pequenas lagartas desenvolvem-se no interior dos frutos, comendo toda a semente.

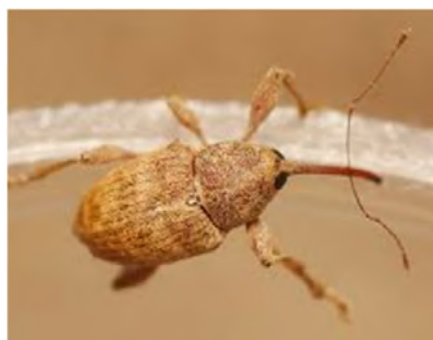




	Ocorrência ao longo do ano	Sintomas /Indícios	J	F	M	A	M	J	JI	A	S	O	N	D
			Inverno			Primavera			Verão			Outono		
	<div> <div>quase nula</div> <div>pouco provável</div> <div>provável</div> <div>muito provável</div> </div>	lagartas no interior dos frutos												
		destruição dos frutos												
		ouriços avermelhados												

A maneira mais eficaz de controlar as populações deste inseto é através da luta biotécnica, utilizando armadilhas tipo DELTA, com feromonas sexuais. Estas armadilhas deverão ser colocadas no Verão e Outono, de maneira a capturar quaisquer insetos em voo, impedindo a reprodução e consequente postura de uma nova geração.



# • *Curculio elephas* – Balanino



	Intensidade do fenómeno	Sintomas /Indícios	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
			Inverno			Primavera			Verão			Outono		
 quase nula pouco provável provável muito provável		lagartas no interior dos frutos												
	 plantação jovem adulto decrépito		destruição dos frutos											

Ambas as espécies pupam no solo, quando as lagartas caem da árvore e se enterram, ficando em hibernação até à emergência da forma adulta reprodutora no final da primavera. Durante esta fase, a mobilização do solo, a uma profundidade de 10-15 cm debaixo da copa das árvores, permite a exposição e a destruição das larvas hibernantes, baixando assim as suas populações.







Contudo, esta prática deve ser evitada em áreas com risco de infeção pela doença-da-tinta (*Phytophthora cinnamomi*).

### III. Insetos dos Ramos

- ***Coroebus florentinus* – Cobrilha dos Ramos**

Pequenos insetos que fazem a sua postura em ramos e pernas bem desenvolvidos. Após emergência, as lagartas consomem o lenho debaixo da casca, provocando seca e desfolhamento pontual, tal como a *Diplodia* sp., podendo matar pernas inteiras.



		Sintomas /Indícios	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
			Inverno	Primavera			Verão			Outono				
<div>Contribuição na pernosca</div> <div><div>quase nula</div><div>pouco provável</div><div>provável</div><div>muito provável</div></div> <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>plantação</div><div>jovem</div><div>adulto</div><div>decrépito</div></div>		levantamento da casca dos ramos												
		folhas avermelhadas e seca dos ramos												



#### IV. Insetos do Tronco


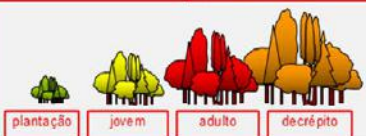
- ***Coroebus undatus* – Cobrilha da Cortiça**

Apesar de não apresentar impactos de maior ao nível da sobrevivência e saúde das árvores, este organismo tem um enorme impacto em montados de sobre sob exploração corticeira, danificando a matéria-prima ao ponto de ser praticamente inutilizável pela indústria.

A postura dos ovos é feita pelo menos dois anos após descortiçamento. A lagarta desenvolve-se no interior da cortiça, abrindo galerias extensas.

É um inseto muito difícil de encontrar e capturar. As lagartas, são muito pequenas e sensíveis, sendo por isso muito difícil de manter populações para estudo em laboratório e, consequentemente, meios de luta adequados e eficazes.



 <p>Os níveis de infestação são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>quase nula</li> <li>pouco provável</li> <li>provável</li> <li>muito provável</li> </ul>		Sintomas /Indícios	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
			Inverno			Primavera			Verão			Outono		
 <p>plantação   jovem   adulto   decrépito</p>		galerias larvares no entrecasco												
		manchas amareladas ou negras na casca												

No momento presente, o desenvolvimento de estratégias de combate assenta no desenvolvimento de armadilhas cromotrópicas para captura de adultos, o que se tem revelado muito complicado e pouco eficaz.

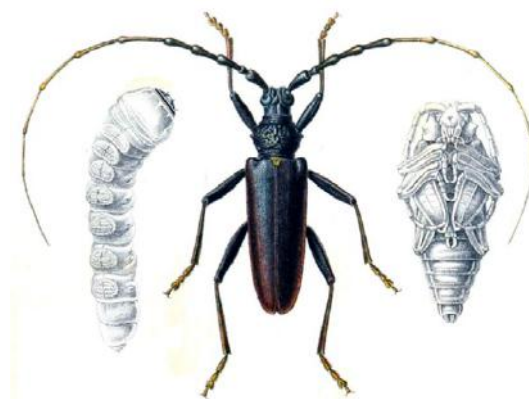
Do ponto de vista do afastamento dos adultos, têm sido ensaiados produtos repelentes para barrar nos troncos após o descortiçamento, sendo, no entanto, difícil de encontrar um equilíbrio entre substâncias eficazes durante a janela de infestação, e a sua permanência na cortiça (produtos químicos persistentes podem ficar impregnados no tecido, inviabilizando a sua utilização posterior). A aposta neste momento é sobre produtos de origem natural, com propriedades repelentes, como o alho, ou o cravinho.



- ***Cerambyx* spp. - Broca ou Longicórneo**

Género de coleópteros xilófagos, que se alimentam de madeira de árvores envelhecidas. Os adultos são visíveis a partir dos finais da Primavera ou, depois, nos princípios do Outono. Após a fecundação, a fêmea deposita os ovos nas fendas profundas da cortiça, quer do tronco, quer dos ramos. Cada fêmea pode pôr entre 100 e 400 ovos por ano. As larvas eclodem após 8 a 12 dias; após uns dias na cortiça, encaminham-se para o interior do tronco, onde vivem entre 2 e 4 anos escavando galerias.

Fatores ainda não determinados fazem com que, em determinados contextos, estes insetos alterem a sua preferência por árvores envelhecidas e comecem a atacar árvores jovens. Alterações nos padrões anuais de temperatura e humidade podem ser a origem deste comportamento, que compromete a saúde dos povoamentos afetados.





- ***Cossus cossus* – Broca Vermelha**

Espécie de lepidóptero, xilófago em fase larvar, que escava galerias profundas na madeira de várias espécies de árvores (prunóideas, pereiras, amendoeiras, choupos, carvalhos).



O seu controlo pode ser feito através da utilização de armadilhas com feromonas sexuais para captura de machos reprodutores.



- ***Platypus cylindrus* – Plátipo**

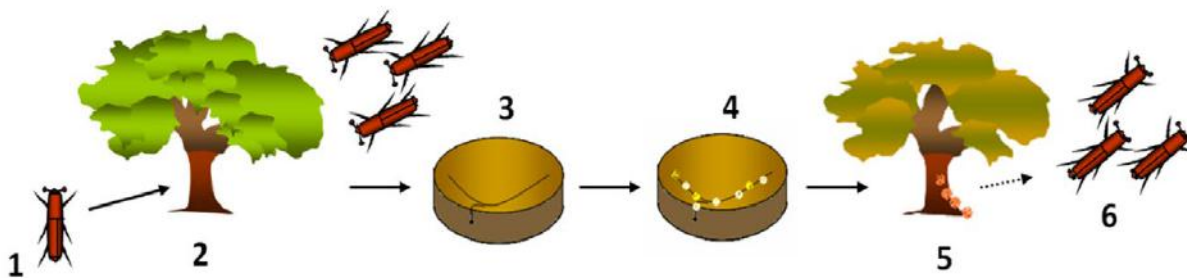
Inseto ambrósia (alimenta-se de fungos ambrósia – ophiostomatales - principal género Raffaelea/ Ophiostoma), possuindo órgãos específicos (micângios) para o transporte de esporos até às árvores onde faz as posturas. O aparecimento de serrim alaranjado nos troncos é indício de um ataque.



	<b>Frequência no povoamento</b> <div> <div></div>quase nula  <div></div>pouco provável  <div></div>provável  <div></div>muito provável </div>	<b>Sintomas /Indícios</b>	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
			Inverno			Primavera			Verão			Outono		
		folhas avermelhadas-castanhas e depois caem												
		galerias sinuosas no lenho												
		orifícios circulares no tronco e serrim laranja												



### **Ciclo de Vida**



1. Seleção de sobreiros suscetíveis por machos pioneiros;
2. Colonização: feromona de agregação emitida pelos machos (atração de mais machos), galeria de acasalamento, inoculação inicial de fungos pelos machos;
3. Estridulação pelos machos para atrair fêmeas e acasalamento (1 macho: 1 fêmea), abertura de galerias pelas fêmeas;
4. Inoculação de fungos pelas fêmeas;
5. Postura dos ovos em cada galeria, larvas alimentam-se dos fungos até pupação;
6. Emergência dos novos adultos, voo para localização de novos hospedeiros.

O controlo das populações de plátipo é feito através de meios biotécnicos, nomeadamente armadilhas com feromonas de agregação de machos, colocadas com distâncias de 50 metros entre si e com uma densidade ideal de 4 por hectare. A feromona tem uma duração de 6 semanas.



Deve ser frisado que as armadilhas devem ser colocadas apenas em zonas de montado já afetadas, sob o risco de inadvertidamente atrair indivíduos para zonas saudáveis do povoamento.

Em caso de infestação, as árvores afetadas devem ser abatidas e os sobrantes devem ser eliminados do terreno (queimados). Os cepos das árvores afetadas são focos potenciais de propagação, por ainda terem indivíduos vivos no seu interior. Neste sentido, é recomendado que sejam cobertos com rede inseticida, com plástico grosso (para solarização), ou simplesmente cobertos de terra (solução mais prática e económica).

### Acumulação de Serrim no Cepo



Sem tratamento



Rede inseticida



Solarização



Enterramento

### Recursos Adicionais:



[Relatório Final Projeto PLATISOR](#)



[Vídeo Documentário PLATISOR |  
Apresentação de Resultados Final](#)



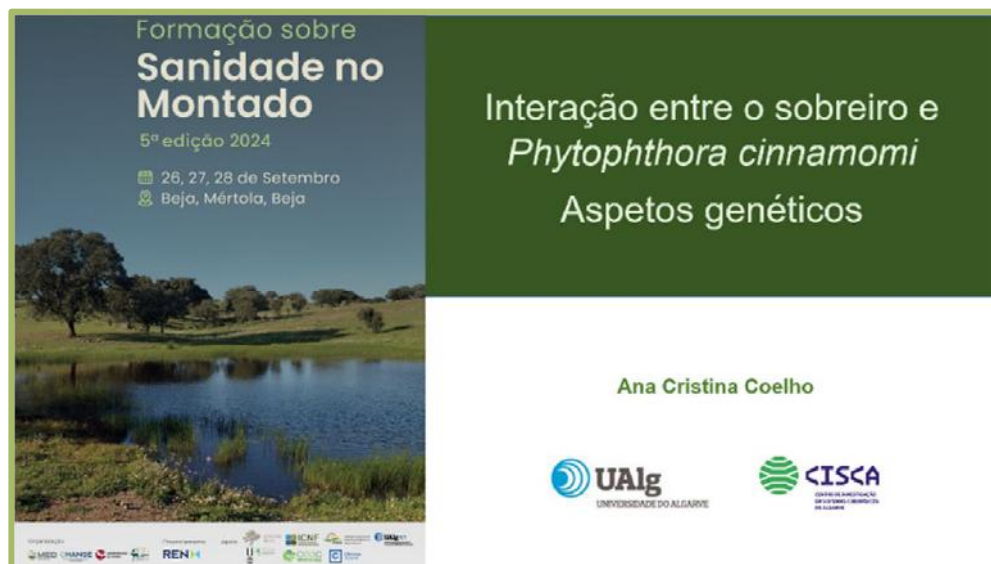
[Guia de Campo - Identificação da  
Cobrilha da Cortiça \(GO UNDERCORK\)](#)



[Manual Técnico - Fatores de Incidência da  
Cobrilha da Cortiça \(GO UNDERCORK\)](#)

# Interação entre o Sobreiro e *P. Cinnamomi* – Aspectos Genéticos

Ana Cristina Coelho



[acoelho@ualg.pt](mailto:acoelho@ualg.pt)

## Introdução

Numa abordagem científica um investigador tem como ponto de partida a **observação** de um determinado padrão ou acontecimento. Essas observações motivam a formulação de **questões** cujas respostas se visam encontrar através dos projetos de investigação. O investigador irá usar os métodos que tem disponíveis para tentar chegar a um conjunto de **respostas**, que possam trazer mais informações sobre algo que até então era pouco conhecido.

No caso concreto apresentado, foram abordados os seguintes aspetos:



- Padrões de manifestação do declínio do sobreiro
- Fatores responsáveis pela perda de vitalidade
- Interação do sobreiro com *Phytophthora cinnamomi*
- Formas de defesa do sobreiro
- Novas ferramentas moleculares de diagnóstico



**Observação: diferentes formas de expressão do declínio do sobreiro.**

Existem duas formas de manifestação do declínio do sobreiro, isto é, do enfraquecimento e perda de vitalidade das árvores, podendo este processo estar associadas a múltiplos fatores, tais como, doenças, pragas, seca, alterações climáticas e más práticas agrícolas.

O **declínio lento** caracteriza-se pela perda de folhas nas extremidades dos ramos, pela diminuição da área da copa, aparecimento de exsudações no tronco, apodrecimento e desaparecimento das raízes finas. Há um gradual enfraquecimento das árvores, inviabilizando a tiragem da cortiça, afetando, quase sempre, árvores maduras, bem adaptadas ao local onde vegetam (Figura 1).

A **morte súbita**, identificável pela seca total das copas das árvores num espaço de poucas semanas, ocorre com mais frequência após o verão (Figura 1).

Em muitos contextos, podemos observar que as árvores jovens acabam por não conseguir atingir a maturidade, sendo muitas vezes vítimas de morte súbita, sendo este fenómeno contrariado em parte através da regeneração natural.

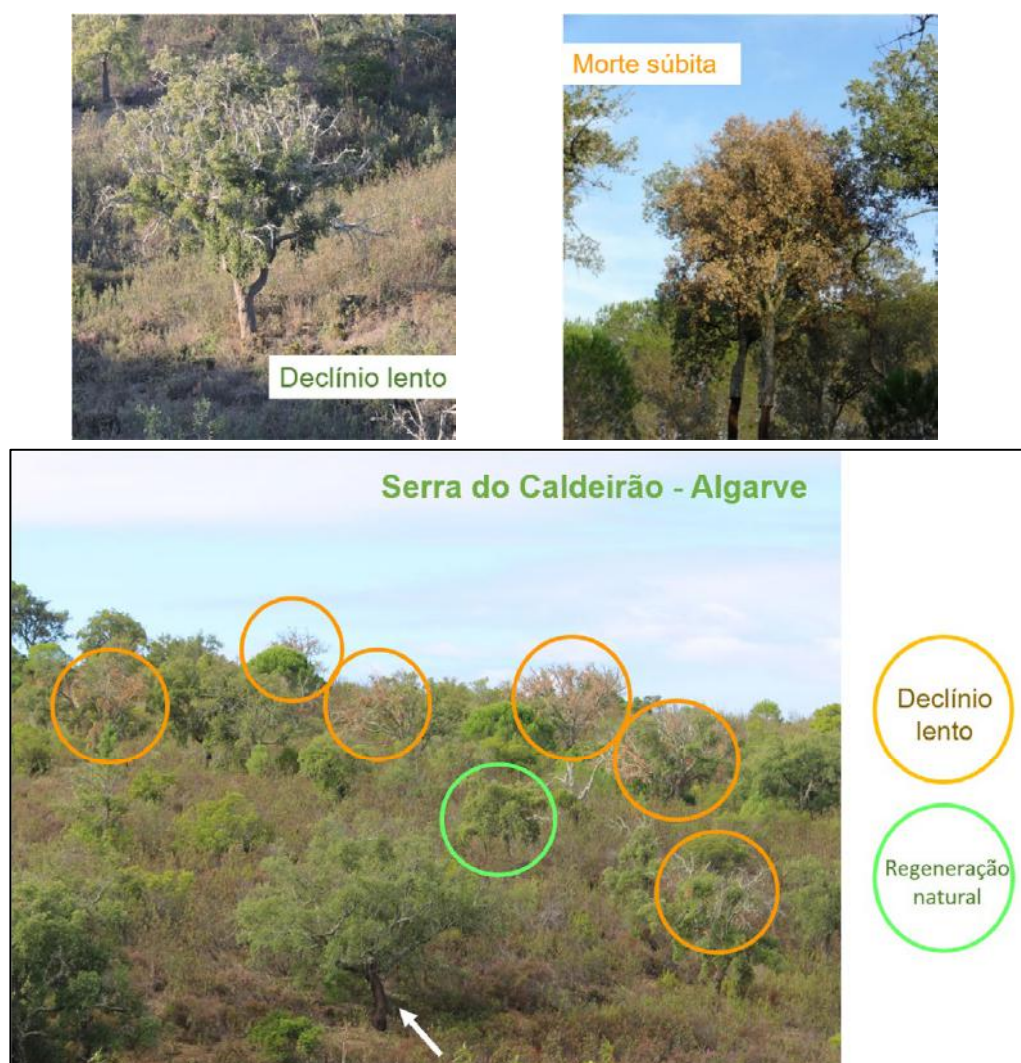


Figura 1. Observação das formas de expressão do declínio do sobreiro.

**Questões motivadas pela observação:**

**-Porque apresentam as árvores formas distintas de expressão do declínio?**

**-Porquê que umas árvores perdem a vitalidade lentamente e outras morrem subitamente?**

A resposta a esta questão poderá estar relacionada com os aspetos genéticos e a variabilidade existente entre diferentes povoamentos e indivíduos.

Uma análise da variabilidade genética de diferentes povoamentos de sobreiro, do norte ao sul de Portugal, revelou que existe um nível muito elevado de variabilidade genética (71%) entre sobreiros. Mostrou ainda que a diversidade genética é semelhante nas populações estudadas do Algarve, Alentejo e Trás-os-Montes e que a variação genética entre indivíduos, no interior das populações, é muito superior (96%) à variação genética entre populações (3,6%) (Figura 2). Ou seja, que existe muito pouca diferenciação entre as populações ao longo das regiões numa extensão de 700 km. Apesar da elevada variabilidade genética, 60% do genoma era partilhado por todos os indivíduos amostrados.

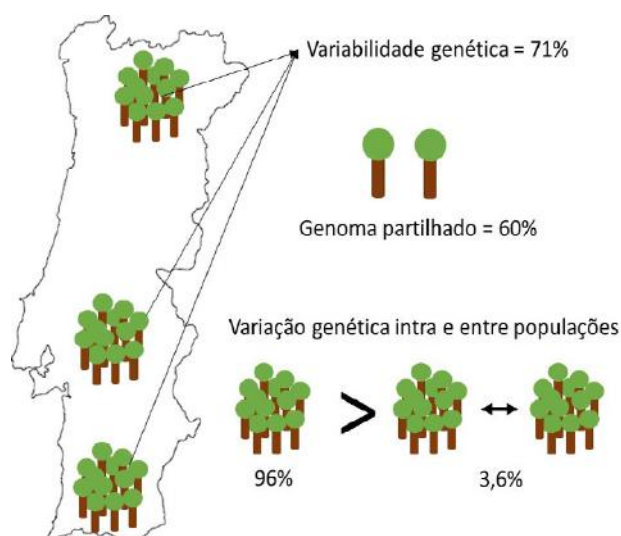


Figura 2. Diversidade genética das populações de sobreiros em Portugal.

No mesmo estudo também foram amostradas azinheiras, tendo-se observado que o grau de variabilidade genética é mais elevado do que no sobreiro, não tendo sido possível identificar um conjunto de marcadores genéticos comuns entre as árvores amostradas!

No projeto de sequenciação do transcriptoma do sobreiro, sendo o transcriptoma uma representação do que se expressa do genoma do sobreiro, relata-se a deteção de um elevado número de genes específicos da espécie, ou seja, de genes que não têm correspondência no genoma de outras espécies de plantas e realça-se a importância que a heterogeneidade genética das amostras pode ter tido no resultado (Figura 3).

Em jeito de *resposta* pode-se dizer que parece haver uma correspondência entre a diversidade de padrões de resposta dos indivíduos à doença do declínio do sobreiro e a estrutura genética da espécie que se apresenta como muito polimórfica, ou seja, com várias formas do um mesmo gene associadas à expressão de uma determinada característica, que resulta em variabilidade de expressão e variabilidade fenotípica (Figura 3).

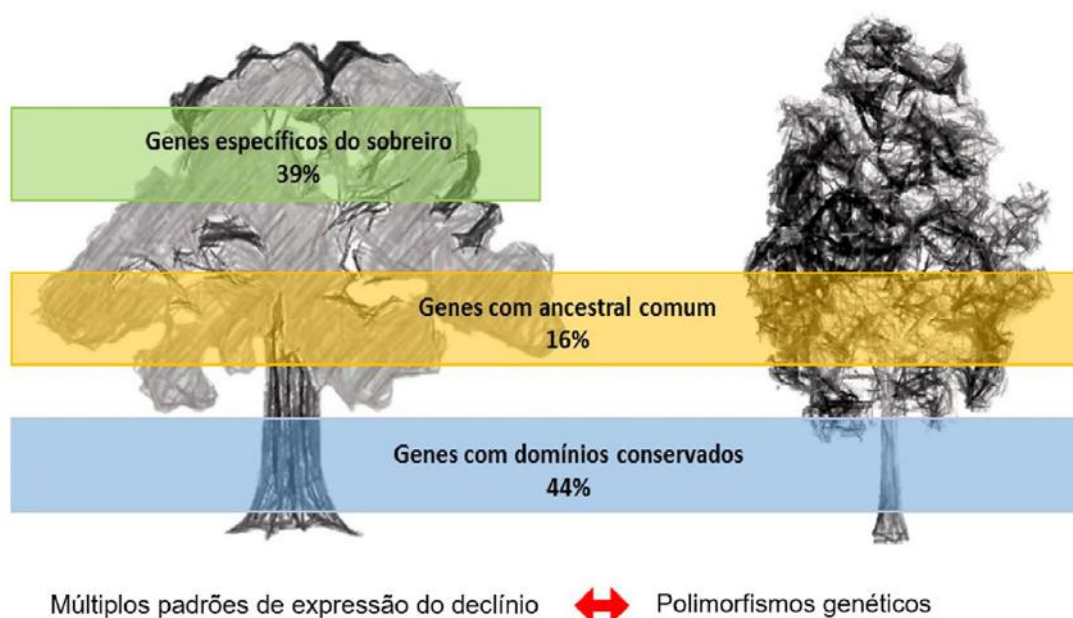


Figura 3. Distribuição das classes de genes no sobreiro; relação com outras espécies de plantas.

### Referências:

- Coelho, A.C., Lima, M.B., Neves, D. and Cravador, A. (2006). Genetic diversity of two evergreen Oaks [*Quercus suber* (L.) and *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia* (Lam.)] in Portugal using AFLP markers. *Silvae Genetica*, **55** (3): 105-118.
- Pereira-Leal et al. (2014). A comprehensive assessment of the transcriptome of cork oak (*Quercus suber*) through EST sequencing. *BMC Genomics*, 15:371. DOI: 10.1186/1471-2164-15-371. <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/15/371>



**Observação: o meio natural de um montado ou sobreiral.**

Os habitats de sobreiro apresentam problemas de fitossanidade relacionados com a presença de fungos, insetos e outros agentes patogénicos, bem como problemas associados à degradação dos solos, a más práticas agrícolas e às alterações climáticas, caracterizando-se por um aumento das temperaturas médias e uma diminuição da pluviosidade (Figura 4).



Figura 4. Troncos de árvore com sinais de interação com agentes patogénicos e terrenos que foram sujeitos a lavra com grade de discos.

**Questão motivada pela observação: que fatores são predominantes na perda de vitalidade das árvores?**

Sabemos, para já, que existe uma rede complexa de fatores associados aos fenómenos de perda de vitalidade das árvores, podendo estes ser agrupados em três categorias distintas, que se interrelacionam, as alterações climáticas, gestão do montado/floresta e stresses bióticos e abióticos (Figura 5). *Phytophthora cinnamomi* foi um oomiceta isolado de forma sistemática dos solos associados a sobreiros com sintomas da doença, levando a crer que este agente biológico seria um dos principais responsáveis pela doença (Figura 5).

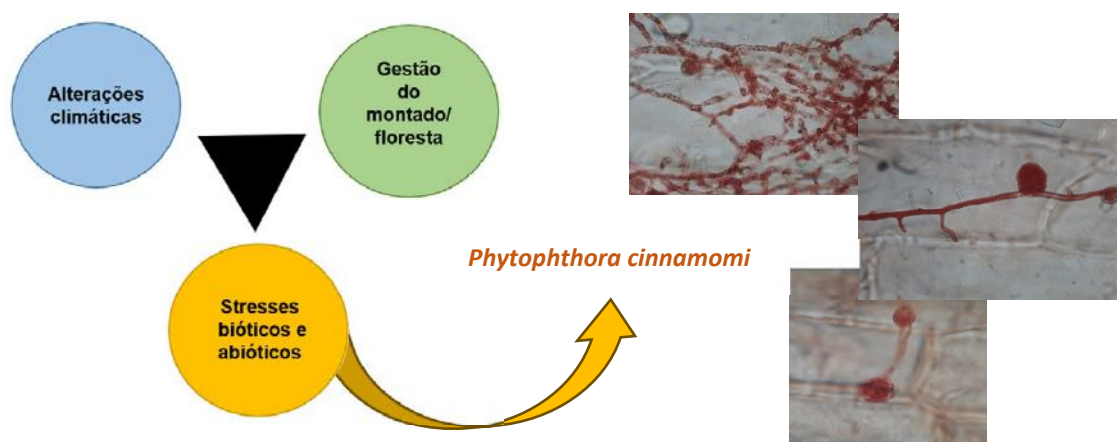


Figura 5. Fatores associados aos fenómenos de perda de vitalidade das árvores, salientando-se a interação com o oomiceta *Phytophthora cinnamomi*.

**Observação: os efeitos da interação do sobreiro com *Phytophthora cinnamomi*.**

Apesar de o sobreiro ser um hospedeiro de *P. cinnamomi*, este microrganismo é um oomiceta muito pouco restrito, infectando centenas de outras plantas.

No caso do sobreiro, bastam apenas 48 horas para se observarem necroses na superfície das raízes de plantas jovens inoculadas por contacto com *P. cinnamomi*. Oito meses após a inoculação, a planta não apresenta sinais de stresse na parte superior, mas, ao nível das raízes, quando dissecadas, existem necroses internas em grandes extensões (Figura 6).

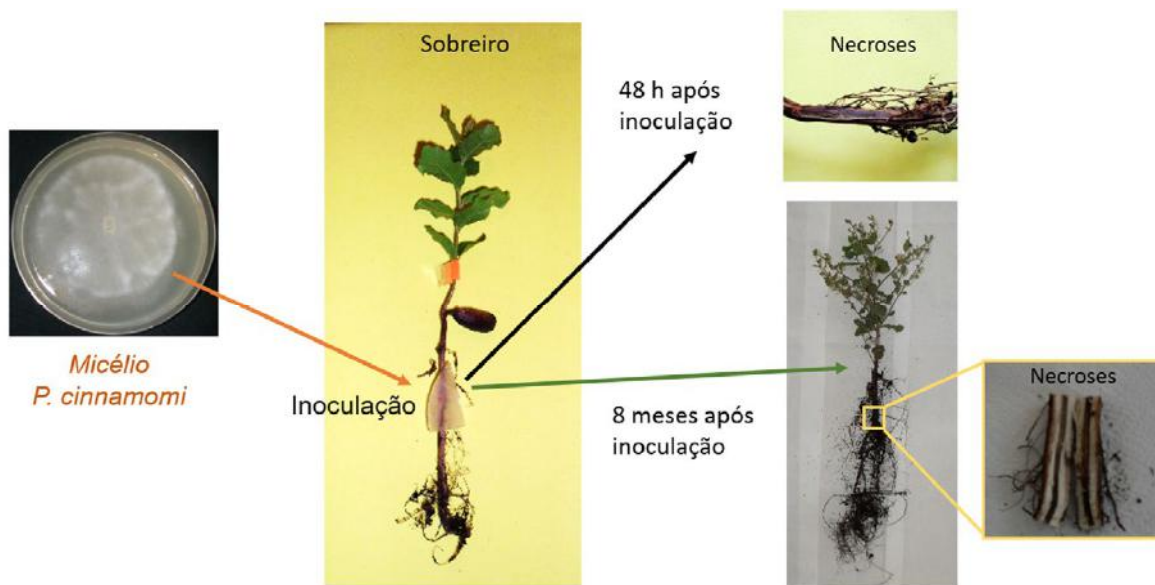


Figura 6. Ensaio de inoculação da raiz de plantas jovens de sobreiro com *P. cinnamomi* e observação das necroses produzidas.

**Questão motivada pela observação: o que acontece durante a interação entre o microorganismo e o hospedeiro?**

Durante a interação, *P. cinnamomi* invade os tecidos da raiz do hospedeiro crescendo entre as células e no interior das células. O hospedeiro reconhece a perturbação e desencadeia uma série de ações que visam, por um lado, controlar o avanço do parasita no local da infeção e, por outro, enviar sinais para toda a planta que visam a ativação generalizada dos sistemas de defesa. A rapidez de resposta da planta no reconhecimento do agente patogénico e na emissão dos sinais de alerta às outras partes da planta pode variar de indivíduo para indivíduo, podendo este nível de resposta condicionar a resistência associada a cada árvore.

Na resposta imune do sobreiro prevê-se (Figura 7):

- o reconhecimento do agente patogénico, i.e., a planta tem de reconhecer que está a ser infetada;
- a produção de proteínas e de moléculas envolvidas na ativação dos mecanismos de defesa;
- o reforço das paredes celulares, para impedir a progressão do agente patogénico;
- a regulação dos genes de defesa, garantindo a resposta imune ao longo do tempo;
- a inativação de substâncias tóxicas produzidas pelo agente patogénico;
- a emissão de sinais para locais distantes do local de infeção, para ativar o sistema imunológico sistémico;
- a ativação de morte celular programada, como estratégia de privar o invasor de nutrientes;

Todos estes processos assentam numa reprogramação dos ciclos metabólicos com vista à “convivência” com o agente infeccioso, isto é, com a manutenção de mecanismos de defesa constantemente ativados que impeçam a progressão da infeção. Este novo estado homeostático tem custos para a planta e torna-a num hospedeiro mais vulnerável a outros fatores de stresse.



Figura 7. Ilustração das ações promovidas nas células do sobreiro durante interação com *P. cinnamomi*.



**Questão motivada pela observação: será possível saber se um sobreiro está infetado com *P. cinnamomi* sem recorrer à avaliação das raízes?**

A investigação relacionada com a interação entre o sobreiro e *P. cinnamomi* têm incidido em análises radiculares de plantas jovens, criadas em viveiro e inoculadas em laboratório pelos muitos constrangimentos que existem em estudar raízes de plantas adultas, que vegetem no campo.

Tendo em consideração que a resposta de defesa se projeta para além do local de infeção, deverá ser possível confirmar que uma árvore está infetada recorrendo-se ao reconhecimento das modificações bioquímicas que vão existir ao nível das folhas. Com este objetivo, desenhou-se um ensaio experimental com dois grupos de sobreiros, um grupo inoculado com *P. cinnamomi* e outro grupo não inoculado, para comparar os perfis de proteínas produzidas ao nível das folhas, oito meses após a inoculação (Figura 8).

Observou-se que existe uma diferença clara no perfil e na quantidade de proteínas produzidas nas folhas de plantas infetadas quando comparadas com as folhas de plantas não infetadas, apesar de não existir nenhum sintoma de infeção, visível na parte superior das plantas (Figura 8).

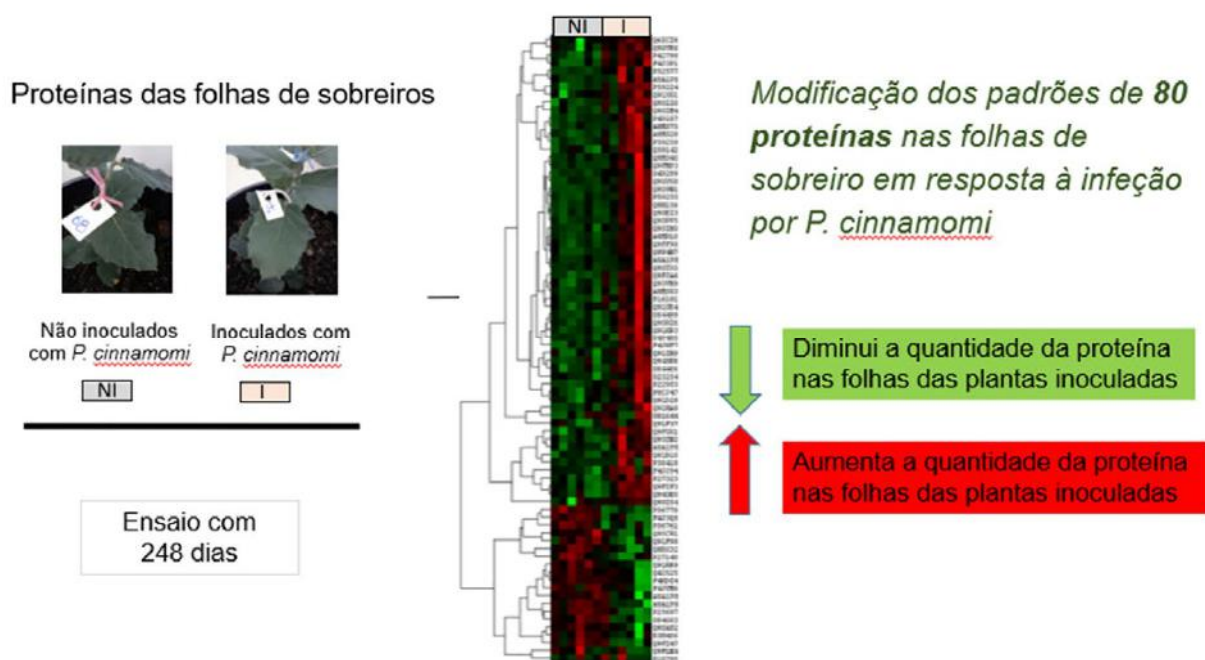


Figura 8. Modificação dos padrões de 80 proteínas nas folhas de sobreiro em resposta à infeção por *P. cinnamomi*.

Uma vez que o conjunto de 80 proteínas identificadas era demasiado grande para ser adotado como conjunto de biomarcadores da interação do sobreiro com *P. cinnamomi*, aplicou-se um modelo matemático a este conjunto de proteínas com o objetivo de encontrar o(s) grupo(s) de proteínas que mais contribuíam para a separação entre as plantas infetadas das não infetadas. Desta abordagem resultou a seleção de um grupo com 29 proteínas que constitui o conjunto ótimo de marcadores biológicos a usar no diagnóstico de sobreiros que estejam em interação com *P. cinnamomi*.

Os gráficos da figura 9 mostram que o perfil de produção dos 29 marcadores proteicos é significativamente diferente entre as plantas controlo e as plantas infetadas, confirmando que é possível saber se um sobreiro está infetado com *P. cinnamomi* sem recorrer à avaliação das raízes, podendo obter-se a resposta através da análise das proteínas presentes nas folhas.

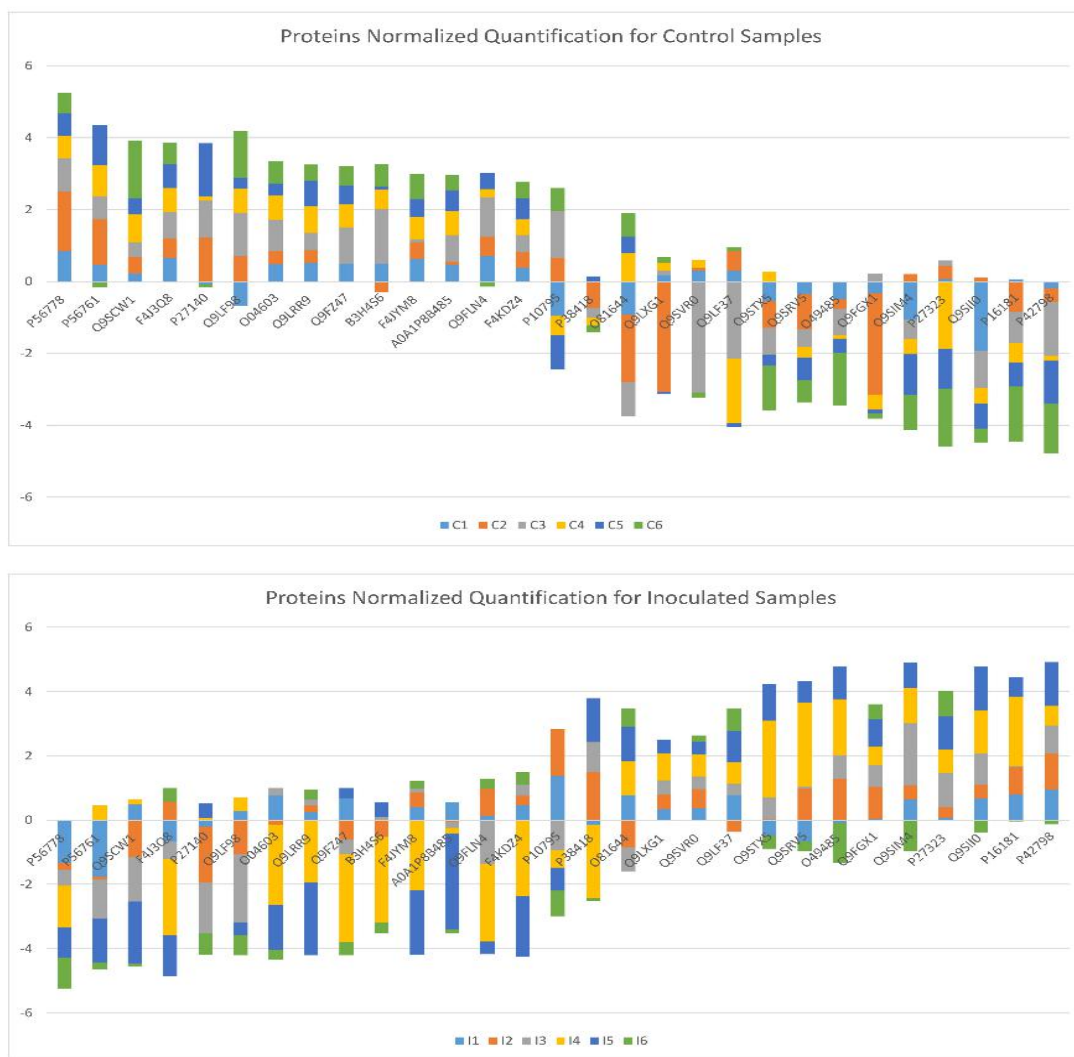


Figura 9. Padrão de produção dos 29 biomarcadores nas plantas inoculadas e não inoculadas com *P. cinnamomi*.

### Referências:

- Coelho AC, Pires R, Schütz G, Santa C, Manadas B, Pinto P (2021) Disclosing proteins in the leaves of cork oak plants associated with the immune response to *Phytophthora cinnamomi* inoculation in the roots: A long-term proteomics approach. PLoS ONE 16(1): e0245148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245148>
- Coelho, A.C.; Schütz, G. Protein Markers for the Identification of Cork Oak Plants Infected with *Phytophthora cinnamomi* by Applying an (a, b)-k-Feature Set Approach. Forests 2022, 13, 940. <https://doi.org/10.3390/f13060940>

Estes resultados são relevantes para a gestão do montado/sobreiral uma vez que permitem a monitorização do estado fitossanitário de um determinado povoamento, sinalizando quais os indivíduos infetados com *P. cinnamomi* antes que estes manifestem sintomas visíveis ao nível da copa (Figura 10). Também é pertinente a possibilidade de identificação de indivíduos que revelem maior resistência à infeção, podendo ser estudados a nível genético ou até considerados como árvores preferenciais para recolha de landes e propagação seminal.



Figura 10. A aplicabilidade destes biomarcadores na gestão do montado.

### ***E agora?... É preciso mudar sensibilidades***

Os estudos referenciados revelam a utilização de biomarcadores como uma **ferramenta muito útil e com aplicação prática** na gestão de pragas e doenças ao nível do montado. É preciso, portanto, assumir que estas novas metodologias têm uma **enorme potencialidade para a seleção de árvores resistentes ao declínio**. Para tal, é necessário **encorajar financeiramente a transferência deste conhecimento** para os povoamentos naturais.

### **Considerações Finais**

- O declínio do sobreiro conta com vários fatores que contribuem para o fenómeno.
- A interação do sobreiro com *P. cinnamomi* destaca-se como fator decisivo para o declínio.
- A confirmação de uma infeção por *P. cinnamomi* pode passar a ser feita através da determinação do padrão de proteínas presentes nas folhas.
- O perfil bioquímico das árvores deverá refletir a variabilidade de formas de expressão do declínio.
- Os biomarcadores (proteínas) devem ser entendidos como novas ferramentas moleculares, importantes para a gestão do montado.
- A potencialidade desta ferramenta só pode ser validada quando for possível implementá-la em povoamentos naturais.



## Formas de Mitigar o Impacto de *Phytophthora Cinnamomi*

Ana Cristina Moreira – INIAV



[cristina.moreira@iniav.pt](mailto:cristina.moreira@iniav.pt)

### Introdução

Durante as últimas décadas, o declínio do sobreiro e da azinheira tem sido uma séria ameaça à conservação dos montados. O patógeno *Phytophthora cinnamomi* (Fitóftora) tem sido detetado na maioria das áreas afetadas por declínio e encontra-se presente nos solos portugueses. A sua atividade está associada a diversos fatores abióticos (teor de água no solo, tipo de solo, vegetação, exposição, topografia, etc.). ***P. cinnamomi* é considerada uma das 100 espécies introduzidas mais nefastas no mundo (UICN).** *P. cinnamomi* infecta as raízes do sobreiro e da azinheira (Fig.1), como de outras espécies lenhosas e herbáceas presentes nos ecossistemas, causando a sua inoperacionalidade ou podridão, levando à morte do hospedeiro por incapacidade de absorção de água e nutrientes.

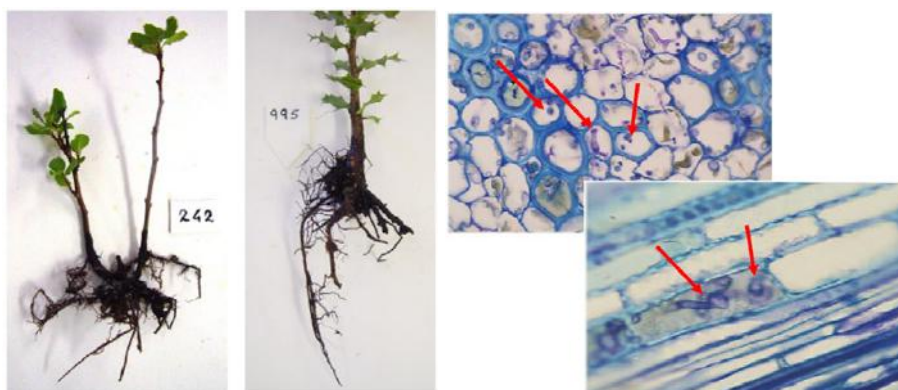


Fig.1 - Plantas de sobreiro e de azinheira onde é possível ver as raízes infetadas por *P. cinnamomi*. Secções de raízes de sobreiro infetadas onde se vê a colonização dos vasos xilémicos pelas hifas do patógeno. (Fotos ACMoreira e Clara Medeira).

### Ciclo de vida de *Phytophthora cinnamomi*

Este microrganismo, classificado como um oomiceta, habita no solo, apresentando um ciclo de vida policíclico (Fig.2), isto é, sempre que existam condições favoráveis de humidade e temperatura, o organismo continua a produzir esporos (esporângios e zoósporos), responsáveis pela sua disseminação e por novas infeções.

Em condições menos propícias, como em alturas de seca, são formados os clamidósporos que são estruturas de resistência que podem ficar dormentes durante longos períodos até que haja condições ambientais favoráveis que permitam a sua germinação com a formação de novo micélio. Em alguns períodos podem existir centenas de milhares de esporos numa pequena área de solo.

Estas características, aliadas à sua capacidade de infetar mais de 5000 espécies de plantas, fazem da *P. cinnamomi* um organismo extremamente difícil de controlar.

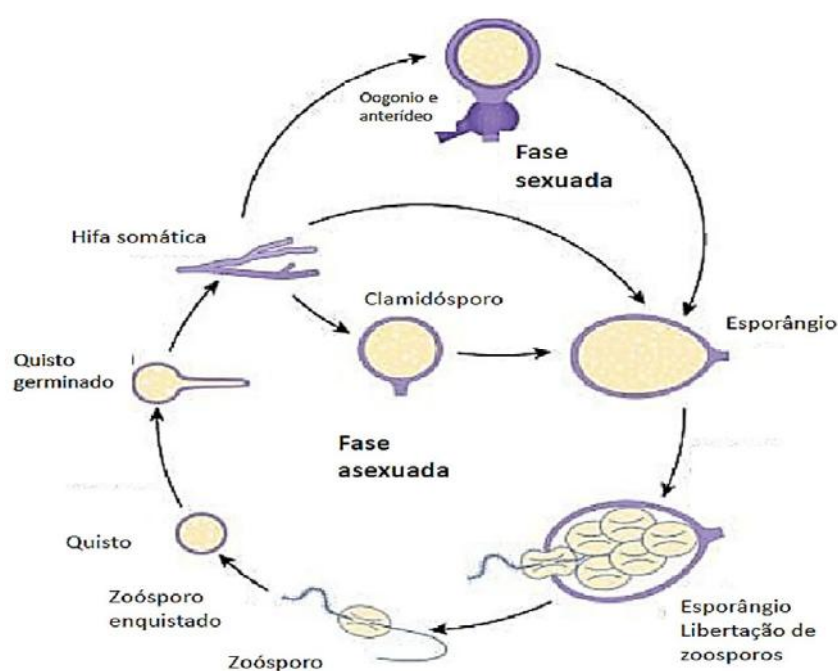


Figura 2- Ciclo de vida de *Phytophthora cinnamomi*. Este organismo apresenta duas formas de reprodução: sexuada e assexuada, sendo esta última a mais comum. *Molecular Plant Pathology*, Volume: 6, Issue: 6, Pages: 589-604, First published: 23 November 2005, DOI: (10.1111/j.1364-3703.2005.00308.x)

### Fatores associados à doença e perda de vitalidade

É de frisar que, na manifestação de um foco de doença e da perda de vitalidade de um dado arvoredo, existe um conjunto de fatores em jogo que vão para além da ação direta do agente patogénico: fatores abióticos – como as características dos solos, as práticas culturais, a exposição solar, a topografia e o clima – fatores bióticos – como o microbioma do solo, a vegetação natural – e fatores relacionados com os hospedeiros vegetais e a sua suscetibilidade à infeção. Todos estes fatores atuam sobre um denominador comum, o tempo.

Tendo em conta os tipos de solo com maior incidência de infeções por *P. cinnamomi*, são os Regossolos e os Leptossolos os que se destacam (Fig.3):

**Regossolos** – solos com desenvolvimento pobre a partir de material fino e não consolidado; em particular em áreas áridas e semi-áridas.

**Leptosolos** – solos muito delgados, pouco desenvolvidos, formados tipicamente em rocha calcária ou de materiais altamente calcários.

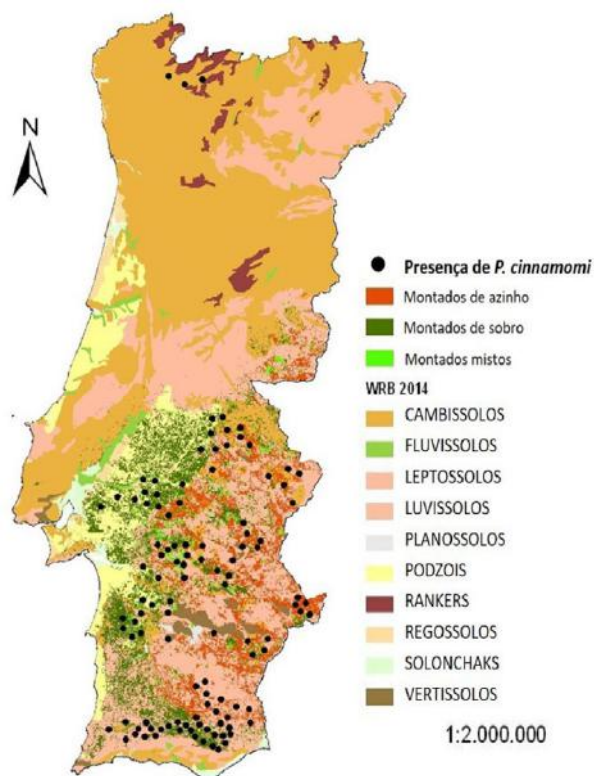


Figura 3- Locais onde foram detectados focos de *P. cinnamomi*. (ACMoreira & Paulo Godinho, 2018)

Também as práticas culturais se revelam muito impactantes ao nível das comunidades vegetais e, consequentemente, da sua suscetibilidade à infeção.

São elencadas como as mais danosas as mobilizações profundas de solos, a presença de gado bovino com excesso de encabeçamento e a sementeira de tremocilha, um hospedeiro e vetor de dispersão de *P. cinnamomi* (Fig.4).

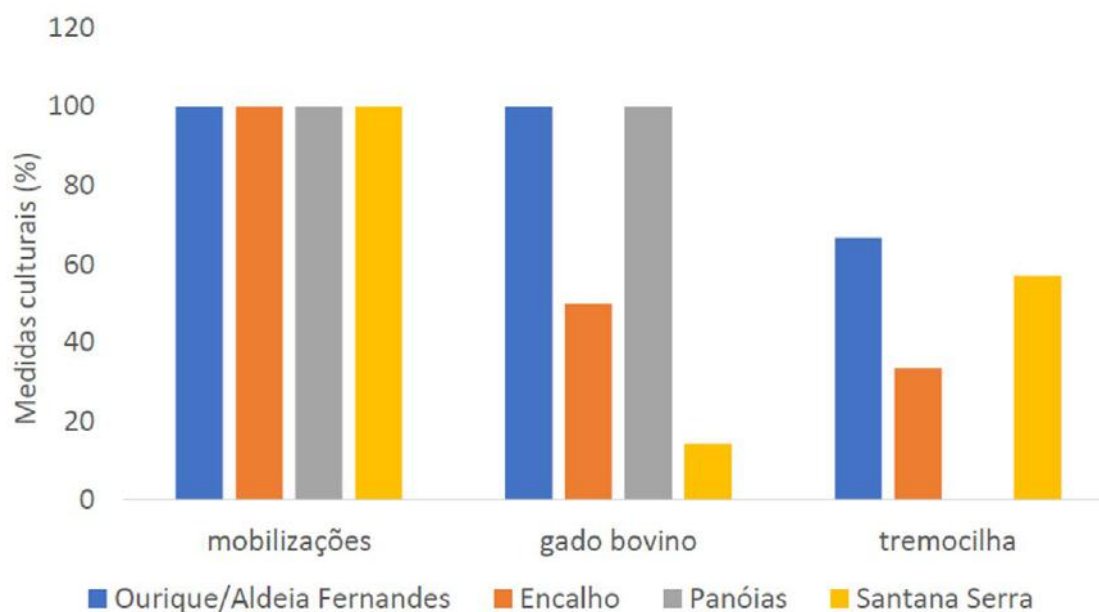


Figura 4-Medidas culturais comuns nos montados (valores avaliados no concelho de Ourique).



Tendo em conta todos estes fatores, e a presença generalizada deste microrganismo nos solos portugueses, a sua erradicação é muito difícil, se não impossível.

Os esforços deverão ser direcionados para a mitigação do seu impacto sobre os agroecossistemas, através de estratégias integradas num plano global de prevenção, adaptadas a cada local e situação, e com foco na **redução da quantidade de inóculo disponível** e na **criação das condições mais favoráveis para o desenvolvimento e saúde das plantas**. Ambas as linhas de ação estão ultimamente relacionadas com a **saúde do solo**.

## Relações Solo – Planta, e Alelopatia

O solo, considerado um importante repositório de biodiversidade, é um recurso finito, limitado e não renovável. Engloba uma componente mineral, e uma componente orgânica (matéria orgânica em decomposição + organismos vivos), bem como ar e água em proporções variáveis consoante o contexto e momento.

As plantas, para além de dependerem do solo como meio de suporte mecânico e de provisão de água e minerais, estabelecem com a sua componente orgânica, particularmente com o microbioma do solo, relações muito importantes de interdependência ao nível da rizosfera, responsáveis por processos fundamentais para a manutenção dos processos de circulação e disponibilização de nutrientes, bem como para a inativação de compostos tóxicos, infiltração e acumulação de água, desenvolvimento e senescência vegetal e fixação de carbono, p. ex (Fig.5).

As plantas podem influenciar a comunidade microbiológica da rizosfera através dos compostos exsudados pelas suas raízes, e alguns destes compostos apresentam propriedades antimicrobianas.

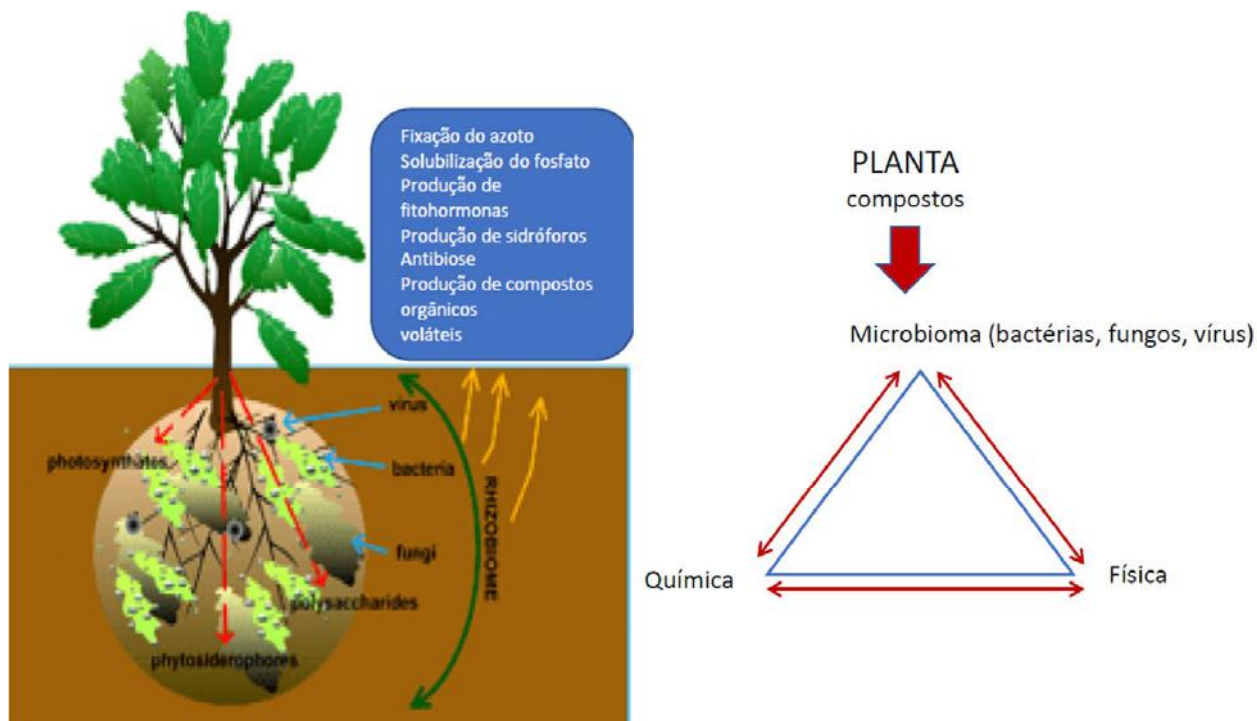


Figura 5- Esquema das interações existentes entre as várias componentes do solo (química, física e microbioma) e as plantas.

A este fenómeno dá-se o nome de **alelopatia**: a interação química das plantas entre si e com os micróbios do solo (Fig.6).

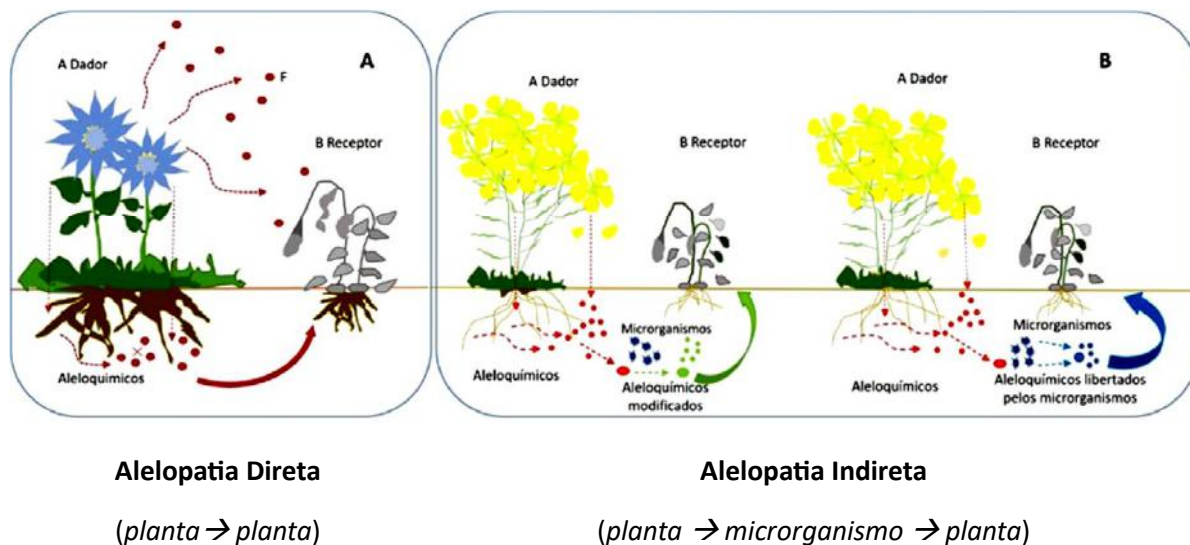


Figura 6- Esquema das diferentes formas de alelopatia (Adaptado de Soltys et al. (2013))

Aos compostos libertados pelas plantas dá-se o nome de **aleloquímicos**, e estes podem estar presentes nas folhas, ramos e raízes das plantas, podendo ainda ser libertados diretamente na fase aquosa do solo, sendo voláteis na atmosfera.

Uma estratégia para reduzir a densidade e a atividade da população de *P. cinnamomi* e melhorar a qualidade e a saúde do solo e das plantas poderá, assim, assentar na utilização de espécies vegetais com efeito alelopático.

Nesse sentido, no âmbito do projeto **GO – Declínio do Montado**, foi feito um levantamento florístico das espécies mais comuns na vegetação do montado.

Foram identificadas **122 espécies** diferentes, pertencentes a **29 famílias** botânicas, com uma predominância de espécies anuais (92%), perenes (árvores e arbustos) (6%) e, finalmente, vivazes (bolbos) (2%).

FAGACEAE	}	Arbóreas
PINACEAE		
CUPRESSACEAE		
LAMIACEAE		Arbustivas
ERICACEAE		
MYRTACEAE		Herbaceas
CISTACEAE		
BRASSICACEAE		
FABACEAE		
POACEAE		

Nessas espécies, foi feito um estudo por família, e tipo, sobre a sua suscetibilidade e tolerância à infeção, i.e, se eram ou não hospedeiras de *P. cinnamomi*, e que sintomatologia apresentavam (Fig.7).

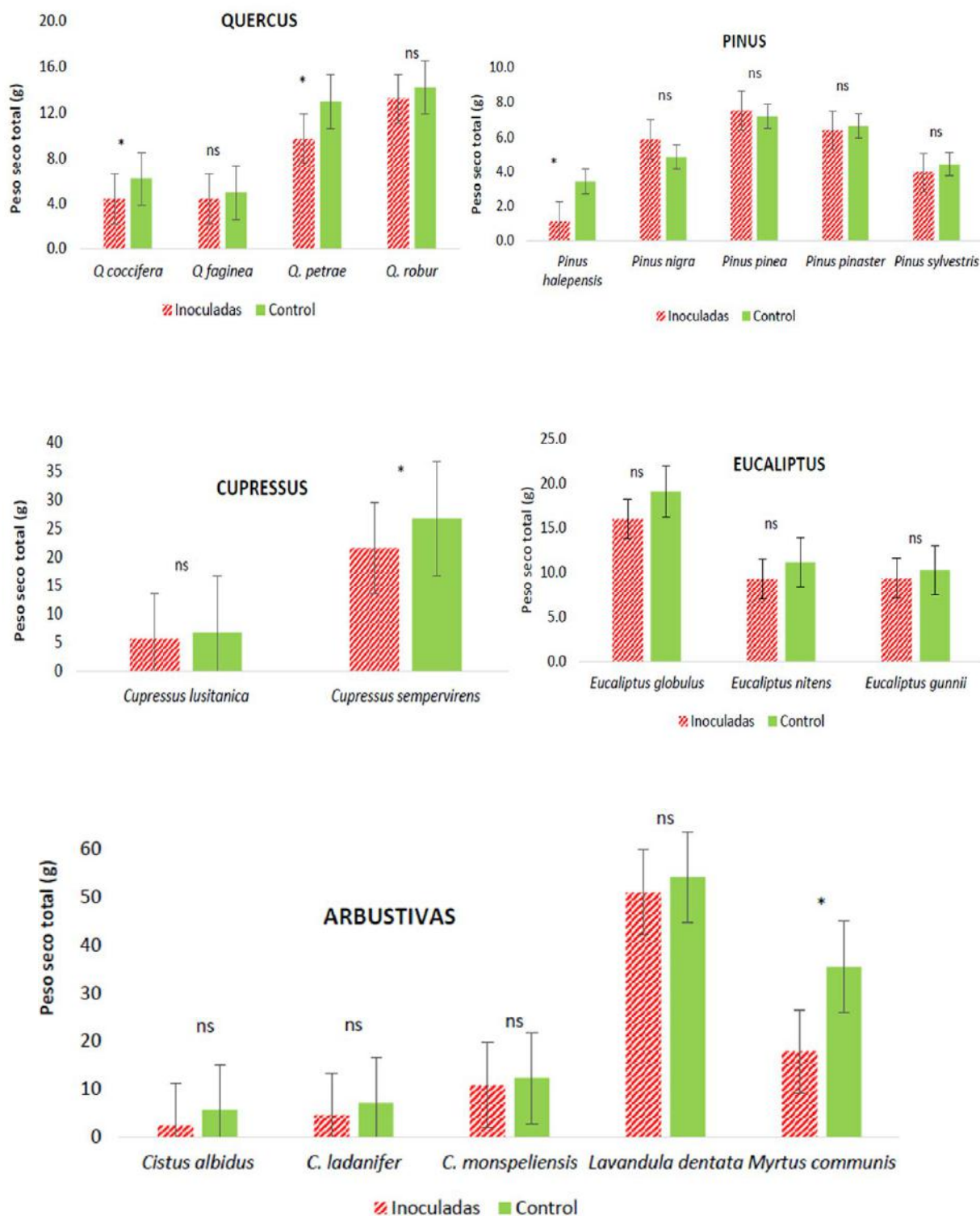


Figura 7- Comparação da biomassa produzida por plantas arbóreas e arbustivas infectadas e não infectadas por *P. cinnamomi*. Moreira et al, Ecologies, 2024.



Os resultados dos testes às espécies arbóreas e arbustivas revelaram que, de entre as arbóreas, destacam-se o pinheiro-de-alepo (*Pinus halepensis*), o carrasco (*Quercus coccifera*) e o carvalho-branco (*Q. petrae*) por evidenciarem elevada suscetibilidade à infeção por Fitóftora (Fig.8).

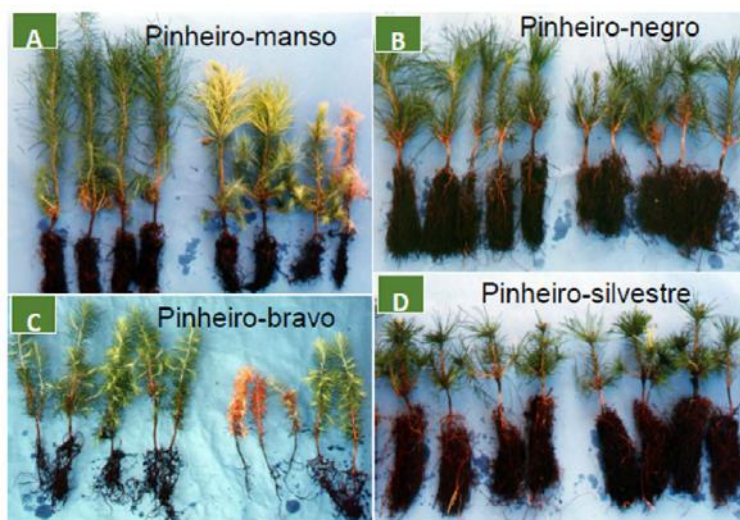


Figura 8 -Aspeto geral das plantas de Pinus testadas: plantas infetadas direita; plantas não infetadas esquerda.

No caso das arbustivas registadas como hospedeiras, em condições controladas, algumas apresentam sintomas evidentes da doença (folhas cloróticas, plantas ananizadas e seca parcial ou total da planta), como por exemplo, a esteva (*Cistus ladanifer*) e a roselha-grande (*Cistus albidus*) (Fig.9).

Nas arbustivas, não hospedeiras (não infetadas), destaca-se as plantas de perpétua-das-areias (*Helichrysum stoechas*), de rosmaninho-maior (*Lavandula pedunculata*), de marioila (*Phlomis purpurea*), de rosmaninho (*L. stoechas*), de alfazema-brava (*L. dentata*) e de trovisco (*Daphne gnidium*), as quais não foram infetadas no campo, (em condições naturais), em áreas de montados muito afetados e com os solos infestados por Fitóftora. Por essa razão, podem ser consideradas espécies muito tolerantes. A marioila encontra-se mais presente em zonas de serra e preferencialmente em solos calcários.



Figura 9- Imagens de algumas espécies de plantas arbustivas presentes no sub-coberto e hospedeiras de *P. cinnamomi*

Considerando as espécies herbáceas, verificou-se que, apesar de estarem em contato com o patógeno, a maioria não foi infetada. Das poucas espécies infetadas (barras vermelhas com riscas), só as plantas de *L. luteus* apresentaram sintomas evidentes de doença (Fig.10).

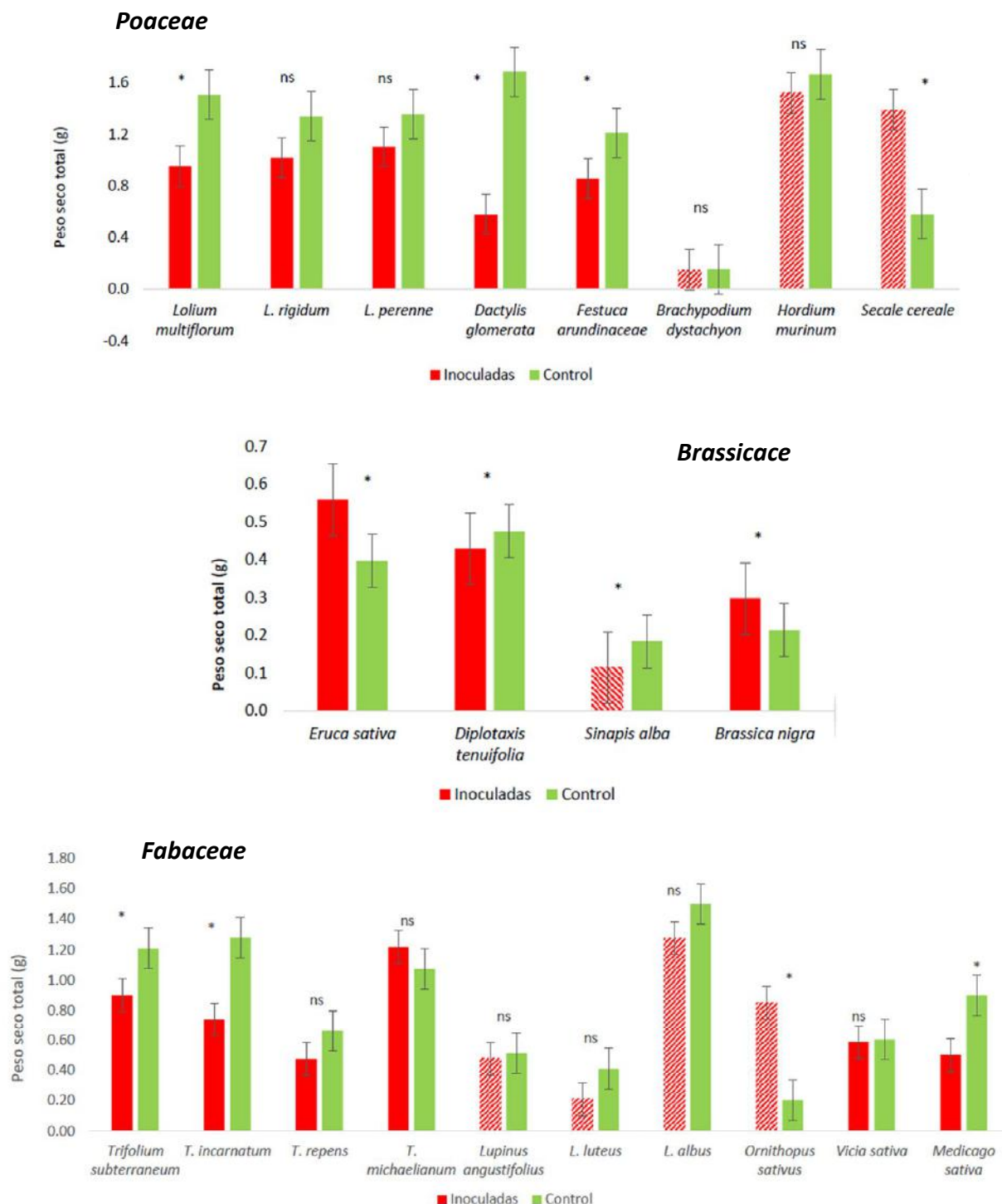


Figura 10- Comparação da biomassa produzida pelas espécies herbáceas testadas à infeção por *P. cinnamomi*. Moreira et al, Ecologies, 2024.

Na família Poaceae a maioria das espécies testadas revelaram não ser hospedeiras de Fitóftora, pois o patógeno não foi reisolado das suas raízes. No entanto, algumas destas espécies em contacto com o patógeno manifestaram alterações, como redução do seu desenvolvimento.

As espécies da família Brassicaceae são referidas como plantas alelopáticas que por serem ricas em glucosinolatos (compostos que contêm enxofre, encontrados naturalmente nas brássicas, como brócolos, repolho, etc.) apresentam características antagonistas para o patógeno, podendo assim, contribuir para a sua mitigação. Cinco espécies desta família foram testadas. As plantas de mostarda (*Sinapis arvensis*) e de mostarda branca (*S. alba*), ficaram infetadas, e apresentaram sintomas.

Por outro lado, as plantas de mostrada-negra (*Brassica nigra*) e de oruga-brava (*D. tenuifolia*) não apresentaram qualquer sintoma de infeção, mostrando apenas uma leve redução no crescimento, enquanto a rúcula (*E. sativa*) mostrou mesmo um ligeiro incremento no crescimento das plantas do solo infestado, relativamente às do não-infestado. Estas três espécies, não hospedeiras de Fitóftora, podem considerar-se muito tolerantes, pois não foram infetadas.

Nas espécies da família Fabaceae e em condições controladas (estufa), as plantas de *Lupinus* spp., tremocilha (*Lupinus luteus*), tremoço (*L. albus*) e o tremoço-bravo (*L. angustifolius*) mostraram ser hospedeiras de Fitóftora, mas evidenciando diferente sensibilidade. As plantas de tremoço e de tremoço-bravo apresentaram sintomas ligeiros, enquanto as plantas de tremocilha mostraram elevada sensibilidade. A ervilhaca (*Vicia sativa*), natural da flora ibérica, não mostrou infeção, nem sintomas na parte aérea ou nas raízes das plantas que cresceram no solo infestado.

Em conclusão, os resultados deste estudo indicam que algumas espécies testadas mostraram suscetibilidade em condições controladas, mas não em condições de campo, como no caso de espécies arbóreas. Nas espécies hospedeiras há que ter em atenção a sua utilização no campo em áreas predispostas à doença. Algumas espécies herbáceas mostraram ser tolerantes, podendo ser utilizadas no campo sem que causem problemas na epidemiologia da doença. A ervilhaca (*V. sativa*), parece uma boa opção como substituto da tremocilha (*L. luteus*), já sugerida em outros estudos. O centeio (*S. cereale*), a serradela (*O. sativus*) e o braquipódio (*B. dystachion*), embora tenham sido infetados mostraram ter ultrapassado a infeção, em condições favoráveis à doença e com elevado nível de inóculo, sem evidenciarem sintomas ou redução do crescimento. A serradela e o centeio, apresentaram mesmo, um crescimento compensatório, o que indica, que poderão ter um comportamento favorável no campo e não influenciar a disseminação da doença.

As espécies de trevo e de azevém testadas à infeção, em condições controladas, evidenciaram pequenas alterações no seu desenvolvimento, sem, contudo, se encontrarem infetadas, o que indica não serem suscetíveis à Fitóftora podendo ser utilizadas normalmente em sementeira. A procura de novas estratégias de gestão do montado, que comportem soluções eficazes, como sejam, métodos culturais e biológicos, indica que os compostos “aleloquímicos” podem constituir uma possível alternativa aos compostos químicos sintetizados.



Associado ao conhecimento da suscetibilidade de cada uma das espécies analisadas, é importante perceber quais os impactos destas na quantidade de inóculo no solo, isto é, se o seu desenvolvimento contribui para um aumento da quantidade de Fitóftora nos solos agrícolas, independentemente se serem plantas hospedeiras ou não.

Após isolamento de propágulos de *P. cinnamomi* dos solos onde foram cultivadas as plantas em estudo, verificou-se que a mostarda-negra (*B. nigra*), o centeio (*S. cereale*), o tremoção-bravo (*L. angustifolius*), a tremocilha (*L. luteus*) e a serradela (*O. sativus*) contribuíam para o aumento do número de colónias por unidade de solo (Fig.11).

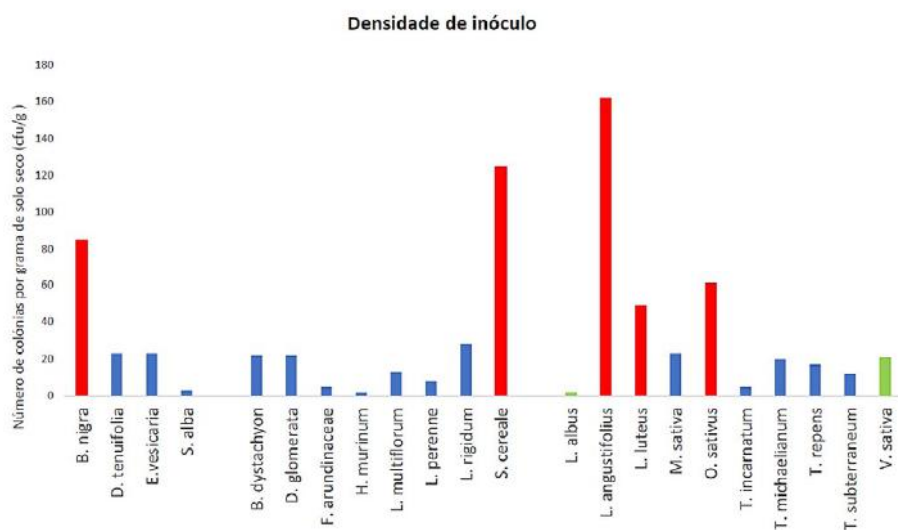


Figura 11- Densidade do inóculo de *P. cinnamomi* no solo expressa em número de colónias por grama de solo seco

### Avaliação do Efeito Inibitório de Compostos Alelopáticos

Numa fase posterior do estudo, foi analisado o efeito *in vitro* de extratos aquosos de raiz (EAR) de plantas no desenvolvimento de *P. cinnamomi*. Concluiu-se que as espécies *Diplotaxis tenuifolia*, *Eruca vesicaria* e *Raphanus raphanistrum* (Fig.12) apresentavam um efeito de inibição, quer ao nível do desenvolvimento do micélio, quer na produção e germinação de esporos.

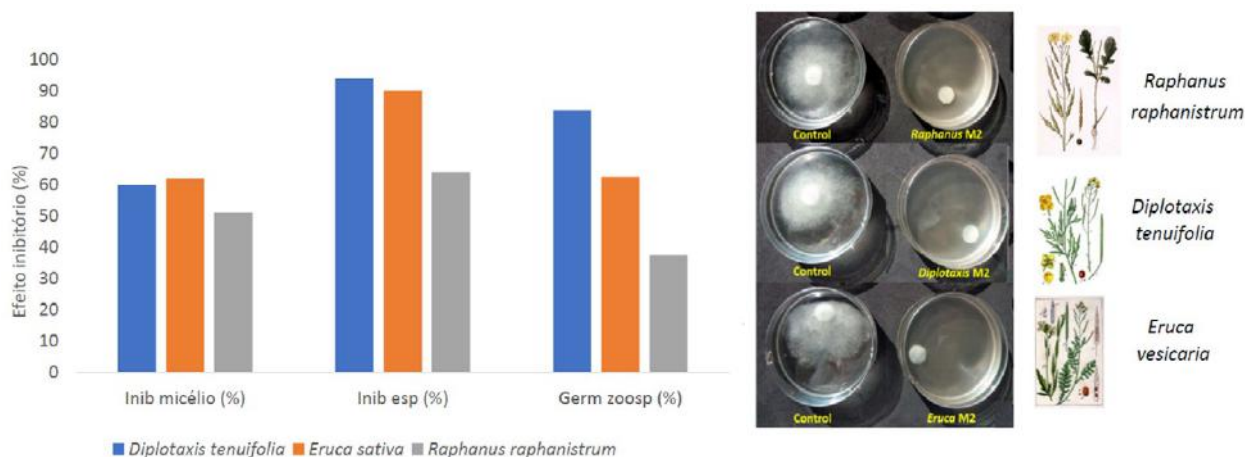


Figura 12- Efeito inibitório dos extratos aquosos radiculares de *Diplotaxis tenuifolia*, *Eruca sativa* e *Raphanus raphanistrum* na produção de micélio e de esporângios.

Seguidamente, foi feita uma análise *in vivo*, utilizando solos infetados por *P. cinnamomi* onde foram plantados exemplares de *Quercus suber*, *Q. ilex* e *Q. faginea*, em associação com *Diplotaxis tenuifolia*, *Eruca sativa* e *Lupinus luteus* (Fig.13).

As conclusões deste estudo revelaram que a presença das espécies alelopáticas (*D. tenuifolia* e *E. sativa*) induziram um efeito protetor nas plantas de *Quercus*, reduzindo os níveis de fenóis produzidos (folhas) quando em presença de *Pc*, o que não ocorreu com *L.luteus* (tremocilha). Os níveis de stress foram muito reduzidos em presença das espécies alelopáticas. Dois anos após o início do ensaio foi ainda possível reisolar *P.cinnamomi* do solo e de raízes das plantas (Sb;Az;Qf) que estiveram nos vasos associados à tremocilha (*L. luteus*).



Figura 13- Plantas de *Quercus* associadas às herbáceas (M. Romero- Rodriguez, et al, *Forests*, 2021)-

Testes preliminares *in planta* usando suspensão de solo não estéril suplementado com EAR de *Diplotaxis tenuifolia* (Fig.14) mostraram capacidade do extrato proteger raízes de plântulas de sobreiro e de azinheira contra a infeção por *Pc* mesmo utilizando baixas concentrações.

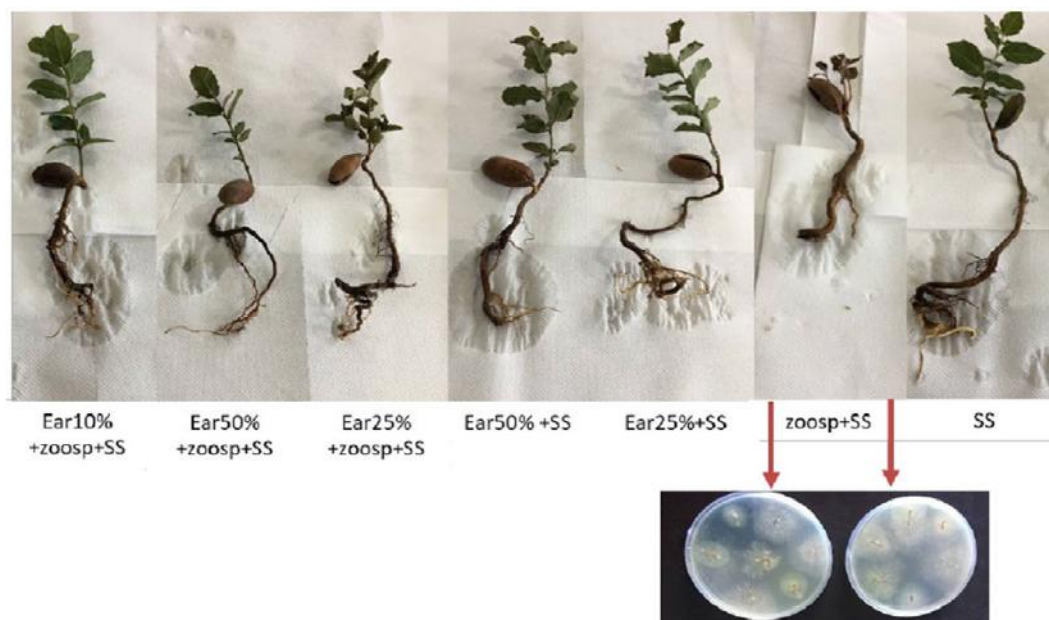


Figura 14- Efeito do extracto radicular de *Diplotaxis tenuifolia*, na infeção radicular em plântulas de sobreiro e de azinheira causada por zoósporos de Fitóftora.

## Quais os principais efeitos dos EAR nos solos?

Os EAR estimulam o desenvolvimento bacteriano, sendo este efeito observado em todos os tratamentos suplementados com extratos + *Pc* (SS+EAR+*Pc*) (Fig.15). O isolamento e sequenciação dos extratos bacterianos revelaram uma maior diversidade de grupos de bactérias nas amostras suplementadas.



Figura 15- Placas com suspensão de solo não estéril inoculadas com *P. cinnamomi*, com os extractos aquosos radiculares (D,E, R) adicionados e sem extractos adicionados (*Pc*).

## Avaliação em Campo

A avaliação do crescimento radial anual de sobreiros e azinheiras em dois montados (Montes Altos e Laborela), ambos com presença de *P. cinnamomi* no solo, revelou discrepâncias entre árvores nos dois povoamentos (Fig.16). É de notar que ambas as parcelas tinham sido sujeitas a diferentes práticas de gestão: em Montes Altos, o solo foi sujeito a uma fertilização e uma calagem, tendo ocorrido também a sementeira de uma pastagem melhorada. No caso da Laborela, não houve quaisquer intervenções ao nível do solo.

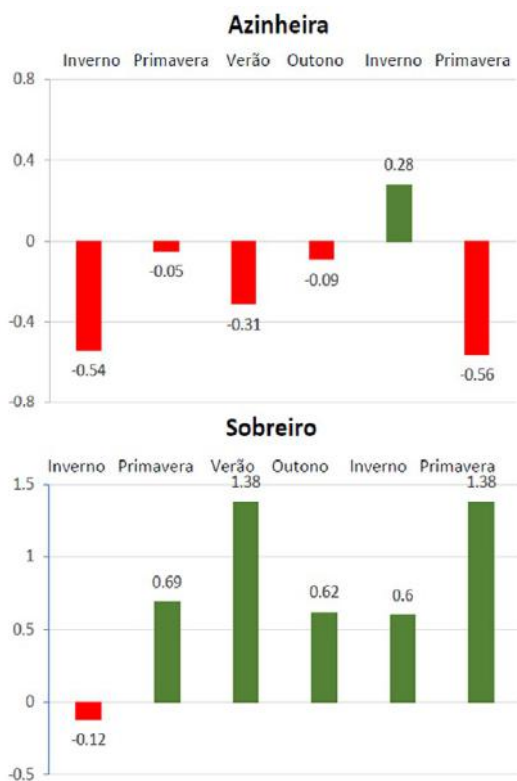


Figura 16- Média dos valores do diâmetro do caule das plantas de sobreiro e de azinheira observados durante 2 anos consecutivos. As diferenças entre as 2 espécies são evidentes. Costa & Moreira, Ecologies, 2023.

-As azinheiras apresentaram uma diminuição sazonal do diâmetro do caule em duas temporadas consecutivas, nos dois montados avaliados.

-Foi na Laborela, onde se observou um maior decréscimo anual que evoluiu para um decréscimo perene ao longo dos 2 anos consecutivos.

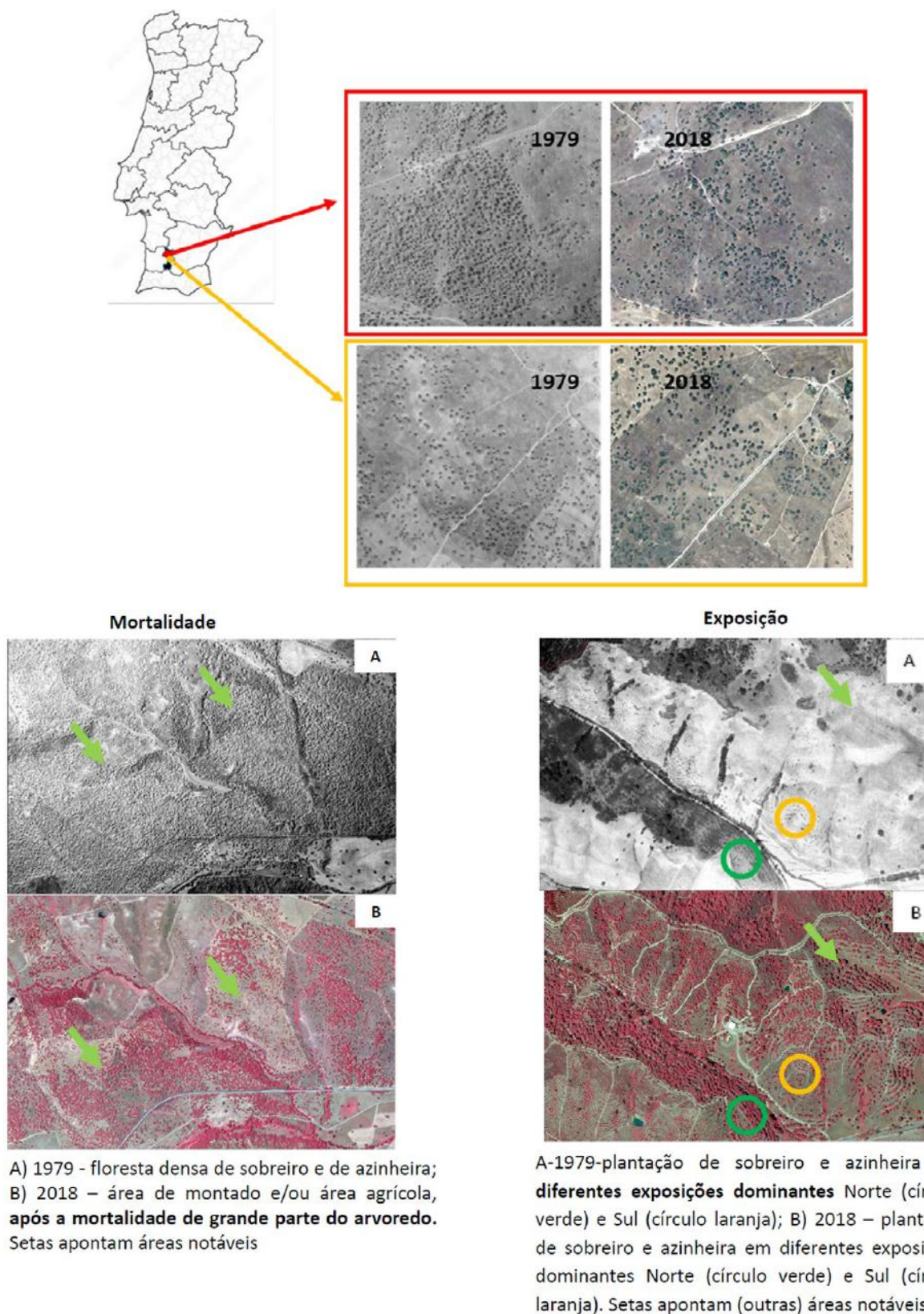
-Em contraste, nos Montes Altos, em média, as azinheiras retomaram o crescimento no outono de 2022, após o período de repouso (verão).

-Estes resultados estão de acordo com relatos anteriores da interação entre *Pc* e fatores abióticos (stress hídrico ou outras condições microambientais) que restringem a disponibilidade de água e nutrientes no solo, conduzindo ao declínio.

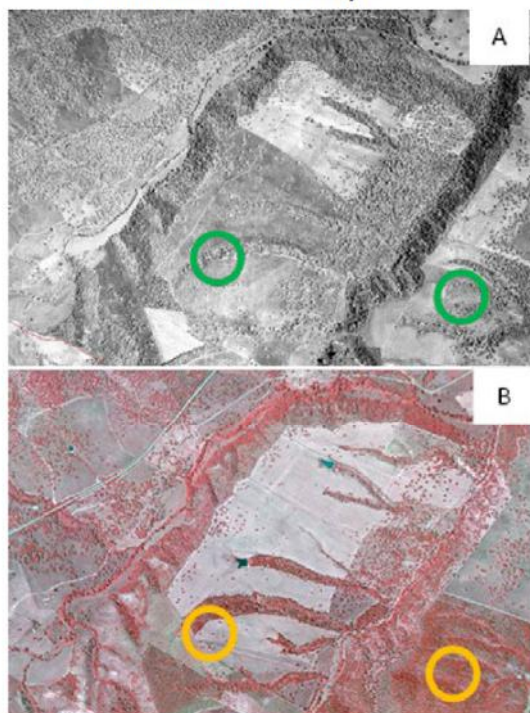


### Aspetos da comparação de áreas de montado entre 1979 e 2018 no concelho de Ourique.

Monte da Laborela (vermelho) e Montes Altos (amarelo). Fotos das aéreas do ano de 1979 (preto e branco) e de 2018 (RGB). As alterações de densidade observadas no arvoredado estão relacionadas com os povoamentos de azinho, as clareiras e redução da densidade são o resultado da morte das árvores, sendo mais evidente no Monte da Laborela.

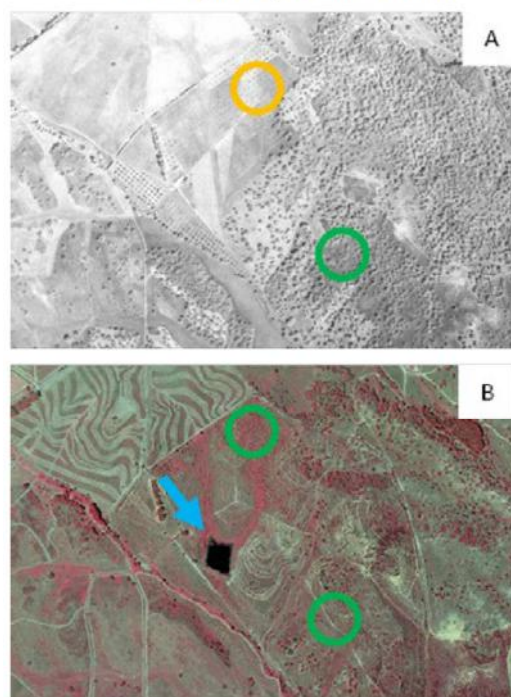


### Povoamentos de eucalipto



A) 1979 – montado de sobre e azinho (círculo verde); B) 2018 – **povoamento de eucalipto e intensificação da cultura agrícola** (círculo laranja).

### Novas plantações de sobreiro



A) 1979 – olival (círculo laranja) e montado denso de sobre e azinho (círculo verde); B) 2018 – **novas plantações de sobreiro** (círculos verdes). Ponto central é a charca (seta).

### Alteração de Uso do Solo

- Diminuição da área de montado de sobre e azinho
- Aumento da área de matos / pousios
- Aumento da área agrícola
- Aumento da área de pinhal manso
- Aumento da área de eucalipto

### Área de Montado de Sobre e Azinho

- Áreas com novas instalações com sobreiro (25000 ha) e azinheira (16000 ha)
- A fisiografia influencia o crescimento e vitalidade do arvoredo (por exemplo: exposição a sul e maior declive) e ainda no declínio
- Diminuição da densidade dos povoamentos
- Maior incidência de mortalidade nos Leptosolos



## Notas Finais

- O conhecimento de que existem plantas que produzem compostos alelopáticos que podem induzir a redução da população e da atividade da *Pc* pode ser de grande interesse. A libertação de compostos alelopáticos irá interagir com o microbioma o que poderá favorecer a prevenção e controlo da infeção.
- As espécies alelopáticas (*D. tenuifolia*, *E. sativa* e *R. raphanistrum*) podem enriquecer pastagens já conhecidas e semeadas.
- Esta medida contribui também para o melhoramento da qualidade do solo e para o desenvolvimento de um microbioma antagonista para os patogénicos do solo.
- Evitar semear/ plantar espécies que sejam hospedeiras de *Pc*, em particular nas áreas mais suscetíveis à infeção para evitar a manutenção do patógeno e a sua disseminação (p. ex. substituir a tremocilha pela ervilhaca).
- O decrescimento radial anual observado na azinheira na zona de Ourique pode estar relacionado com a presença de *Pc* nas raízes dessas plantas, uma vez que é um hospedeiro muito suscetível. Este parâmetro pode servir de referência como indicador de possível infeção.
- A gestão do montado deve de ser adaptada às condições ecológicas de cada local (condições climáticas, tipo de solo, características do coberto arbóreo e do subcoberto, topografia, exposição, etc.).
- O conhecimento das áreas afetadas pelo declínio e das zonas com maior risco de infeção permite, não só, tomar medidas adequadas em áreas já afetadas, como medidas preventivas em plantações já instaladas ou a instalar, evitando futuras infeções.

## Divulgação:



[Gestão e Prevenção de Áreas de Montado com Fitóftora](#)



[Gestão e Prevenção da Doença Causada por  
\*P. cinnamomi\* em Montados e Dehesas](#)



[A Vegetação dos Montados em Áreas Afetadas  
por Declínio. Situação de Ourique.](#)

## Referências:

- Moreira, A. C.;Rodríguez-Romero,M.;Neno, J.;Rodrigues, A.; Calha, I. Response of Herbaceous and Woody Plant Species in Southern Portugal to Cope Oak Decline Associated to *Phytophthora cinnamomi*. *Ecologies* **2024**. 5 (3), 432-454. <https://doi.org/10.3390/ecologies5030027>
- Rodríguez-Romero M, B. Godoy, J. Neno, Calha IM, Passarinho JM, Moreira AC (2019). 9th Meeting IUFRO Working Party -Phytophthoradiseases on forest trees 17-25 Oct, La Maddalena, Sardinia, Italy
- Manuela Rodríguez-Romero, Belén Godoy- Cancho, Isabel M.Calha, José António Passarinho and Ana Cristina Moreira. **2021**. Allelopathic effects of three herb species on *Phytophthora cinnamomi*, a pathogen causing severe oak decline in Mediterranean wood pastures. *Forests* 2021, 12, 285. <https://doi.org/10.3390/f12030285>
- Augusta Costa and Ana Cristina Moreira. Stem Diameter Decrement in Holm Oak (*Quercus rotundifolia*): Insights into Tree Decline Pathways in Endangered Woodlands of Southern Portugal. *Ecologies* 2023, 4 (2), 229-241; <https://doi.org/10.3390/ecologies4020016>
- Moreira, A.C.; Calha, I.; Rodríguez-Romero, M.; Costa, A.; Neno, J.; Passarinho, J.A. A Vegetação dos Montados em Áreas Afetadas por Declínio—Situação de Ourique; Moreira, A.C., Ed.; INIAV, I.P.: Oeiras, Portugal, 2023; 75p, ISBN 978-972-579-074-8.



## Pastoreio e Gestão da Pastagem

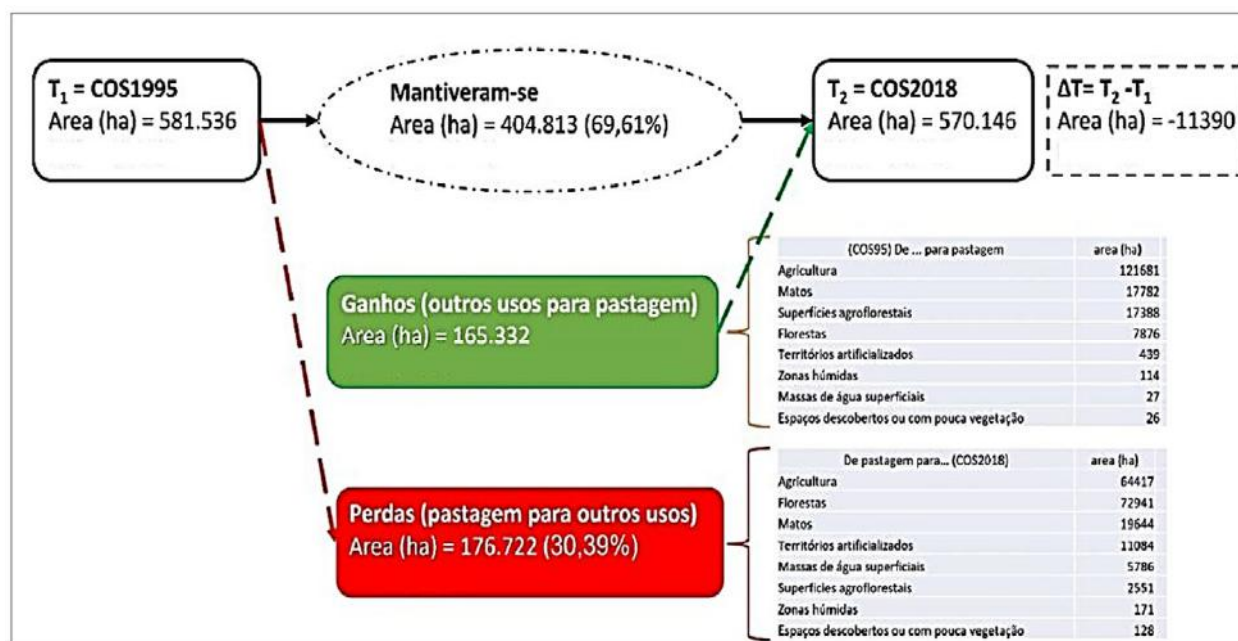
Elvira Sales-Baptista – MED/ UÉvora



[elsaba@uevora.pt](mailto:elsaba@uevora.pt)

### Olhando para o Sistema...

O sistema Montado é um sistema silvopastoril com vários componentes que interagem e se influenciam mutuamente: a pastagem, os animais e as árvores.



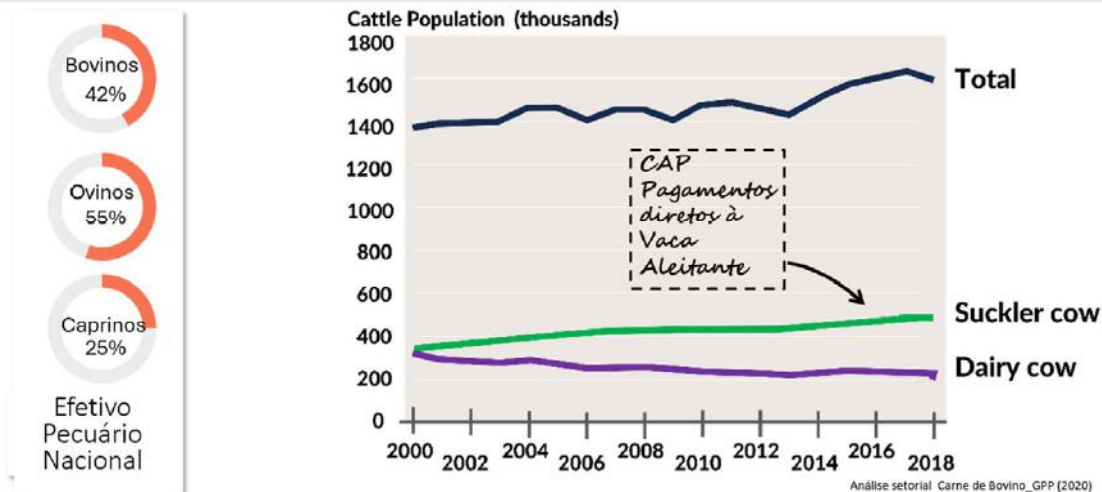
Análise setorial AdaptforGrazing\_PRR (2024)

No contexto nacional, 53% da área de pastagem corresponde a pastagens sob coberto. Desde 1995, a área total de pastagem viu-se diminuída em cerca de 30%, tendo o seu uso sido convertido para outras tipologias de exploração, nomeadamente a exploração agrícola e a exploração florestal. No entanto,

nestes 20 anos, também outras áreas foram reconvertidas em pastagem, maioritariamente áreas agrícolas, sendo o saldo global de perdas 11.390 ha:

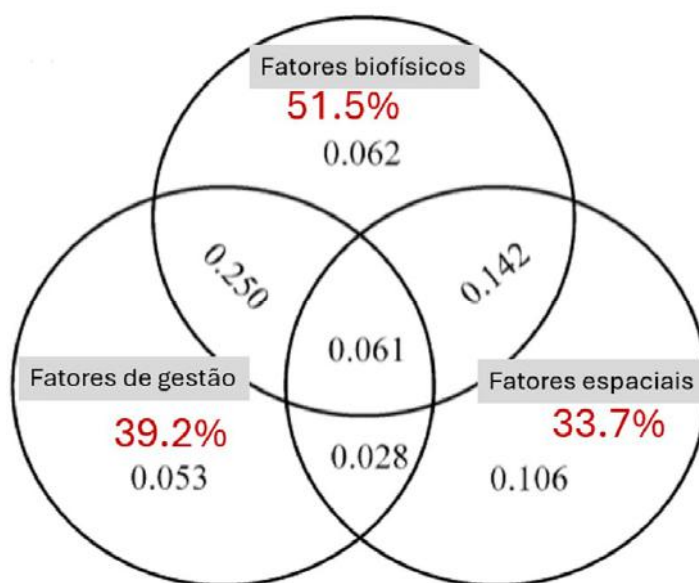
Por outro lado, em termos dos efetivos pecuários, o efectivo dos bovinos de carne, que no Alentejo representa 42% da população de bovinos nacional, nomeadamente as vacas aleitantes, quase duplicou nos últimos vinte anos

### Últimos ~20 anos: um aumento de 50% do efetivo bovino



No que toca às áreas de montado, registou-se um declínio acentuado desde início do séc.XX, tanto a nível das áreas totais de montado, como também ao nível da densidade de árvores por hectare. No total, podem ser apontadas perdas de 5500ha/ ano. Esta perda de habitat cria contextos de fragmentação e perda de vitalidade do arvoredo, por abertura de clareiras e modificações ao nível do microclima: o número total de manchas de montado em território nacional aumentou de 116, em 1910, para 306, em 2006, reduzindo-se a dimensão média dessas manchas de 27,2 km<sup>2</sup> para 11,3 km<sup>2</sup>.

Apesar dos fatores biofísicos (i.e. secas) explicarem mais de metade dessa fragmentação (Almeida et al. 2016), os fatores ligados à gestão (i.e., densidades animais, mobilizações de solo) representam quase 40% e são os únicos em que conseguimos atuar diretamente.



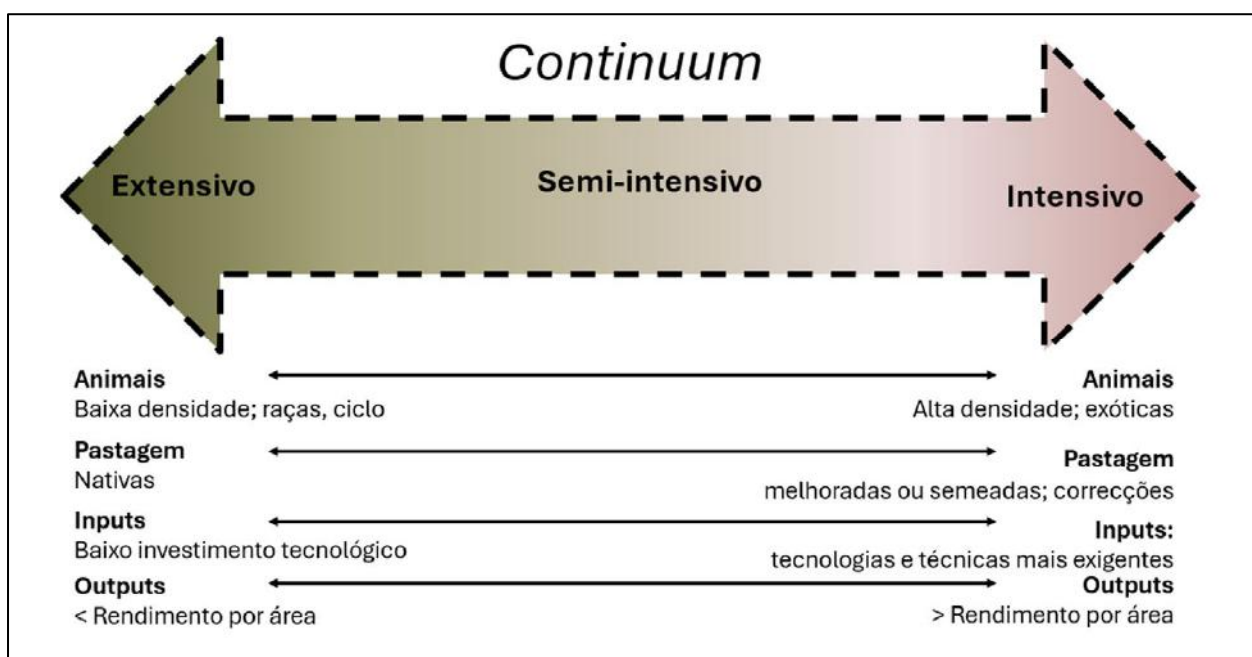
Ref: Almeida, M., et al. (2016), *The effects of grazing management in montado fragmentation and heterogeneity*.

### Pastoreio: conceitos e definições.

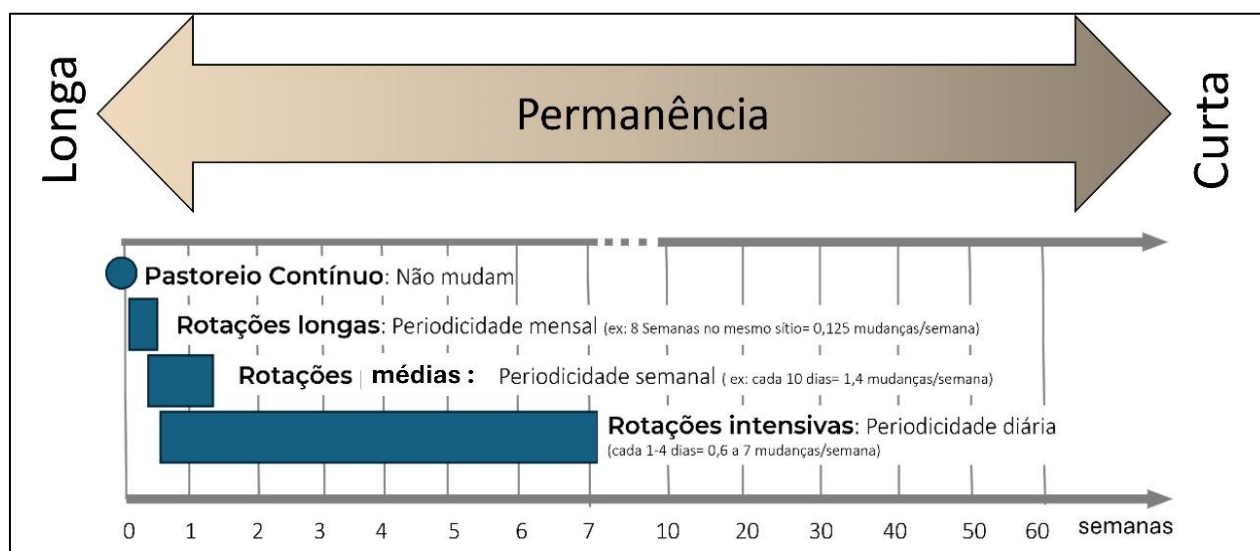
As designações da forma como o pastoreio é conduzido podem ser muito confusas.: extensivo, rotacional, holístico, agroecológico, etc...

Apesar da enorme variação de modelos que existe entre explorações, toda a gestão do pastoreio tem por base dois conceitos globais – o **sistema de pastoreio** e a **metodologia de pastoreio**:

- Um **Sistema de Pastoreio** é o regime que organiza a exploração, as estruturas (equipamento, área, efetivo) e os processos (atividades), atuando sistematicamente de forma a obter um resultado (ecológico, económico). Quando estamos a olhar para os fatores de produção do sistema, temos sistemas mais **extensificados** ou mais **intensificados**.

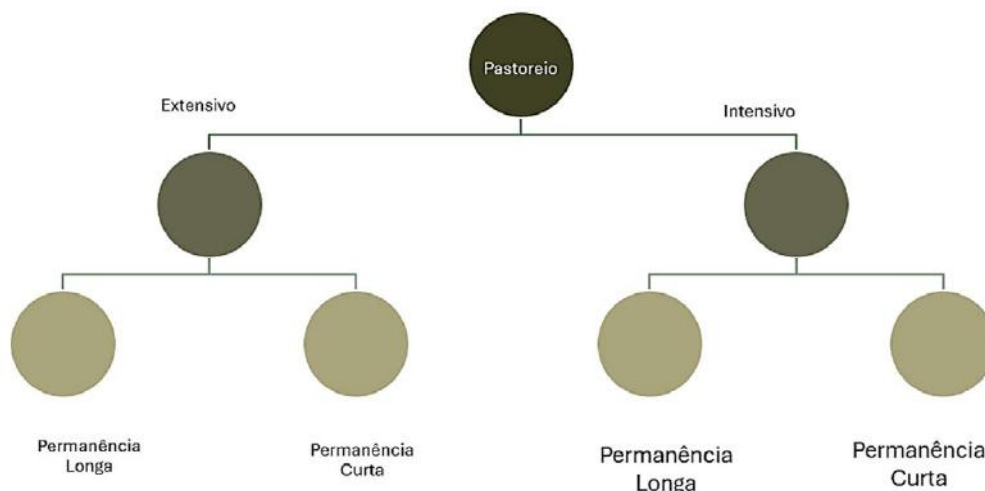


- Uma **Metodologia de Pastoreio**, ou manejo, é a forma como se planeia e se faz o pastoreio, isto é, a maneira como são escolhidas as áreas e os tempos de permanência dos animais. Existem vários modelos, que variam entre extremos – **permanências longas** ou **permanências curtas**.





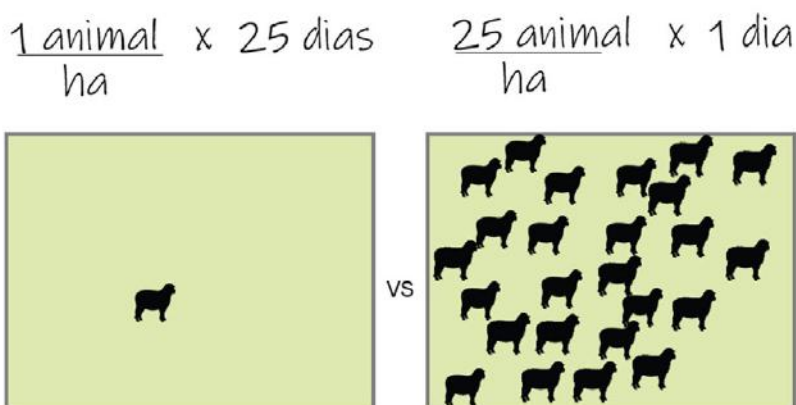
Estes dois conceitos podem ser combinados e daí resultam muitas das formas de gestão de pastoreio que existem no Montado:



Quando tomamos decisões relativamente à gestão dos nossos sistemas de pastoreio, estamos fundamentalmente a modificar as relações entre os animais e a pastagem, ao longo do tempo. É por isso que é importante compreender a natureza destas relações, definidas em alguns conceitos base que convém clarificar:

- **Encabeçamento/ Densidade:** nº de cabeças normais (CN) por unidade de área.
- **Taxa de Encabeçamento:** densidade x tempo.
- **Capacidade de Carga** (*pastagem vs animal*): matéria seca (MS)/ ha vs necessidades das CN.
- **Pressão de Pastoreio** (*animal vs pastagem*): necessidades das CN vs matéria seca (MS).

Como exemplo destas relações entre os fatores animal e pastagem, e das suas consequências no solo, na vegetação e na produção animal, imaginemos a diferença que existe entre dois cenários diferentes de pastoreio, ambos com a mesma **taxa de encabeçamento**:



Como podemos intuir, existem grandes diferenças entre os dois cenários apresentados: diferenças nutricionais e na dieta selecionada, diferenças em termos de pisoteio e compactação do solo, de progressão de matos ou de aportes de estrume e, fundamentalmente, em termos de produtividade animal, individualmente e por hectare.

A longo prazo, o cumulativo das práticas de gestão adotadas terá consequências ecológicas de maior escala e impacto, afetando serviços de ecossistema de grande importância, como a redução da erosão, a regulação do ciclo da água ou o sequestro de carbono.



#### **Tipos de Gestão: Modelos de Governança**

Quando analisamos os diferentes tipos de gestão de uma exploração agrossilvopastoril, identificam-se três categorias gerais de interpretação e de discurso sobre a paisagem, que estão associados a diferentes focos da atividade agropecuária (Pinto-Correia et al., 2019):

- **Gestão Cultural:** gestão com ênfase no património cultural e paisagístico. Corresponde a uma perspetiva mais “tradicional”, que encara a agricultura como o resultado de uma herança cultural que reflete estatutos e vivências sociais ligadas a um património familiar.
- **Gestão por Práticas:** gestão com ênfase na produtividade. Assenta fundamentalmente numa perspetiva de modernização tecnológica, que encara a agricultura como uma forma de lucro. Assenta as suas tomadas de decisão no lucro potencial, com tendência para a especialização.
- **Gestão por Resultados:** gestão com ênfase no ecossistema. Pretende garantir a conservação dos valores e processos dos sistemas naturais (biodiversidade, solo, água), encarando a agricultura como uma ferramenta de preservação e promoção de serviços ambientais.

#### **Referências:**

- Pinto-Correia, T., et al. (2019). Governance discourses reflecting tensions in a multifunctional land use system in decay; tradition versus modernity in the Portuguese Montado. *Sustainability*, 11(12), 3363.

Os conceitos apresentados acima definem-se como uma perspetiva geral sobre as diferentes abordagens à gestão, no entanto, quando analisamos modelos concretos adotados por um gestor agrícola, estes assentam essencialmente em duas abordagens, no que toca aos processos de tomada de decisão:

- **Histórico:** decisões tomadas na esperança de que os resultados sejam bons, com base em resultados anteriores. Abordagem de tentativa e erro, fundamentalmente empírica.

- **Adaptativa:** decisões tomadas com base na aprendizagem iterativa. Abordagem de avaliação e planeamento, utilizada para fazer face a problemas socio-ecológicos complexos (imprevisibilidade, natureza incerta e pluralista dos fatores que intervêm no sistema).

Ambas as abordagens são utilizadas transversal e complementarmente em contexto real de produção, no entanto é de frisar as vantagens associadas à gestão adaptativa:

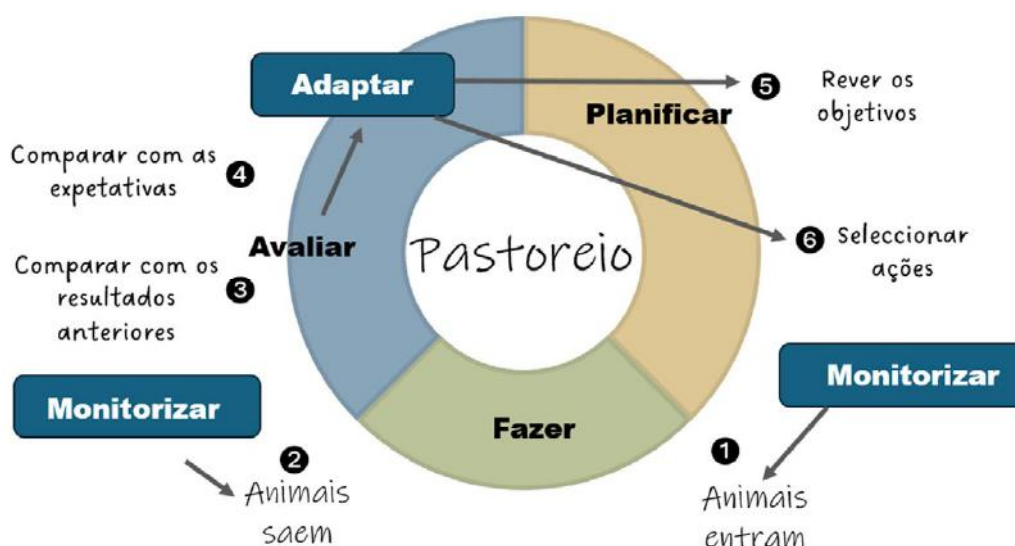
- **Focada na Flexibilidade:** toma decisões e efetua ajustamentos em resposta a novas informações e mudanças de contexto. A densidade animal (CN/ha) e a frequência dos movimentos dos animais são ajustadas às condições da pastagem e às necessidades dos animais.

- **Adaptada ao Sistema:** não visa apenas o desempenho animal, podendo integrar vários objetos em simultâneo: a construção do solo, a melhoria do coberto vegetal ou a diversidade de espécies.

- **Melhoria dos Resultados Ambientais:** promove o desenvolvimento de plantas de vários tipos morfofuncionais (gramíneas, leguminosas e outras herbáceas) e dentro de cada classe a existência de várias espécies. A complexidade e diversidade das comunidades de herbáceas cria benefícios: mais raízes, mais exsudados, melhor microbioma do solo.

- **Melhoria dos Resultados Produtivos:** garante uma melhor dieta aos animais. Através de uma maior diversidade de espécies pratenses, os animais conseguem selecionar uma dieta mais equilibrada em termos nutritivos, para além de ingerirem metabolitos vegetais secundários que funcionam como fitofármacos (i.e. redução de cargas parasitárias). Permite aumentar a densidade animal e reduzir o recurso a alimentos suplementares.

Para que se possa aproveitar o maior potencial destas estratégias de gestão, é fundamental a sua **monitorização**. Esta assenta essencialmente na observação do estado das pastagens, do solo, dos animais, das árvores e da biodiversidade associada, complementada com o registo de parâmetros técnicos como as datas de entrada e saída do efetivo de uma dada parcela. Este registo poderá ser feito em caderno de campo, ou até recorrendo a aplicações para *smartphone*, como o *Pastor.i* ou o *Montado+* (em desenvolvimento pela equipa do MED/UÉvora).





### Devemos ter atenção a quê?

Qualquer que seja o método de pastoreio adotado, existem alguns fatores que deverão sempre ser considerados antes de ser tomada qualquer decisão:

- **Evitar sobrepastoreio:** especialmente na primavera, onde encontramos a maior quantidade e qualidade de alimento disponível, e por isso estamos menos atentos. As espécies herbáceas desenvolvem-se vegetativamente a partir de pontos de crescimento que, em casos de sobrepastoreio, podem ser eliminados, comprometendo a capacidade de recuperação da pastagem após a saída dos animais (ver na foto as consequências do sobrepastoreio na massa de raízes, e como isso compromete a capacidade da planta para recuperar depois de comida).

- **Deixar altura de erva no campo:** com especial importância durante o verão, a manutenção de uma altura suficiente de material seco nas parcelas garante uma maior proteção do solo contra a erosão e diminui a evaporação do solo, permitindo uma mais fácil recuperação nas primeiras chuvas de Outono. É também importante não aumentar as áreas de pastoreio como resposta à aparente falta de alimento. Apesar de ser frequente, a abertura de portas entre parcelas leva os animais a selecionarem as plantas que ainda mantém reservas, comprometendo a recuperação outonal.



(Johnston, 1961. COMPARISON OF LIGHTLY GRAZED AND UNGRAZED RANGE IN THE FESCUE GRASSLAND OF SOUTHWESTERN ALBERTA)

- **Parcelas:** também o desenho das parcelas – a localização das cercas e as áreas – deve ser tido em consideração. Qual o formato mais ajustado à paisagem e ao tipo de animal? Qual a tipologia de vedações utilizada? Onde estão, e como serão alimentados os bebedouros? Qual o histórico de utilização de cada parcela? Em caso de necessidade de suplementação nutricional, como será feita – parcela sacrificial? Invernadouro ou agostadouro?

### Notas Finais

- A **gestão adaptativa** pode ser utilizada **independentemente do método de pastoreio**.
- A **gestão adaptativa** necessita de **monitorização e acompanhamento** mais atento.
- A **gestão adaptativa** precisa de **mais dedicação** por parte do agricultor, mas leva a **melhores resultados ambientais e económicos**.

# A Importância das comunidades fúngicas num Montado Saudável

Celeste Santos e Silva, MED/ UÉvora



[css@uevora.pt](mailto:css@uevora.pt)

## Introdução

À primeira vista, o Montado surge-nos como uma paisagem composta de árvores, arbustos, herbáceas, animais e solo.

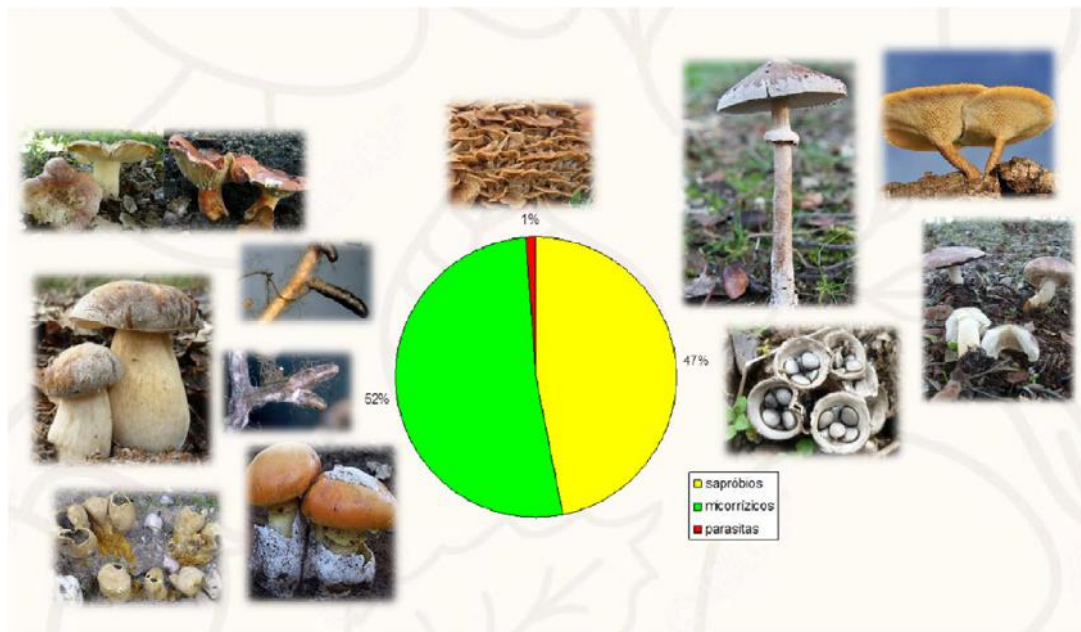
No entanto, uma observação mais atenta pode revelar-nos um universo de micro-organismos que, abaixo dos nossos pés, garantem a manutenção de todos os processos que testemunhamos acima da superfície.

Alguns desses organismos, os macrofungos, i.e., os fungos produtores de cogumelos, surgem pontualmente à superfície, na altura do desenvolvimento dos seus corpos frutíferos.

Este grupo muito diverso pode ser classificado segundo o seu grupo funcional, ou fonte de alimento, em:

- **Fungos Sapróbios:** fungos que se alimentam de matéria orgânica em decomposição, de grande importância nos ciclos de nutrientes do Montado;
- **Fungos Parasitas:** fungos que se alimentam e dependem de outros organismos vivos (plantas, animais, fungos), muitas vezes causando a morte dos seus hospedeiros;
- **Fungos Micorrízicos:** fungos simbiotes, que vivem em associação com árvores e arbustos, melhorando a absorção de água e nutrientes da planta, sendo também alimentados por ela, através de açúcares fotossintetizados. Muitos destes fungos produzem cogumelos, comestíveis ou não.

Num Montado saudável, a proporção de cada um destes grupos deve ser de aproximadamente 47% Sapróbios, 52% Micorrízicos e 1% Parasitas:



### O que são as micorrizas?

As micorrizas definem-se como sendo as zonas de união entre as hifas, ou micélio, do fungo (o tecido esbranquiçado, de aparência filamentosa, que define o corpo vegetativo do fungo) e as raízes da planta simbiote.





Os dois tipos principais de micorrizas nos ecossistemas de Montado são as *Ectomicorrizas* e as *Micorrizas Arbusculares*.

As Ectomicorrizas, formadas por fungos produtores de trufas e cogumelos, caracterizam-se por apenas apresentarem penetração das hifas na camada exterior das raízes da planta, entre as células.

As Micorrizas Arbusculares, por outro lado, apresentam a capacidade de penetrar em camadas mais profundas dos tecidos radiculares, inclusivamente dentro das células da planta.

### Quais as funções das micorrizas?

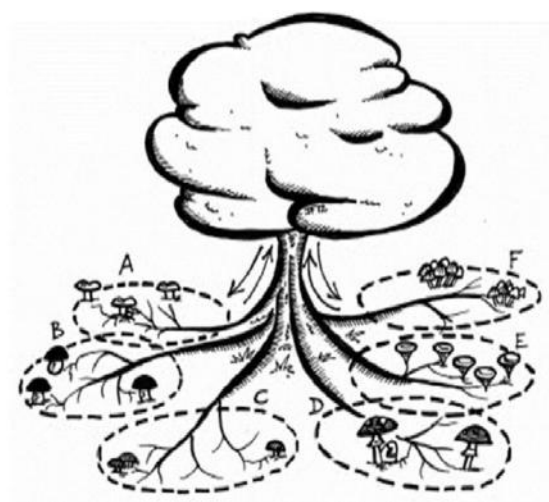
- **Intercâmbio de Nutrientes:** a micorriza é um órgão em que há troca de substâncias entre a árvore e o fungo, que estabelece uma relação de interdependência com a planta, recebendo açúcares sintetizados nas folhas, e fornecendo nutrientes e água.

- **Proteção contra contaminantes:** caso existam fatores de risco para a saúde e vitalidade da planta, nomeadamente substâncias contaminantes (metais pesados, p.ex) presentes no solo, essas são retidas/ absorvidas pelo fungo.

- **Outras funções de suporte:** a presença de associações simbióticas entre plantas e fungos micorrízicos permite às plantas resistir melhor aos ataques de microorganismos patogénicos e pragas, contribuindo também para o seu maior/ melhor crescimento.



### Como “falam” os fungos com as árvores?



As relações simbióticas entre plantas e fungos micorrízicos remontam ao início da história evolutiva das plantas vasculares, sendo interpretada como uma estratégia adaptativa para o melhor desenvolvimento de raízes, ou estruturas homólogas.

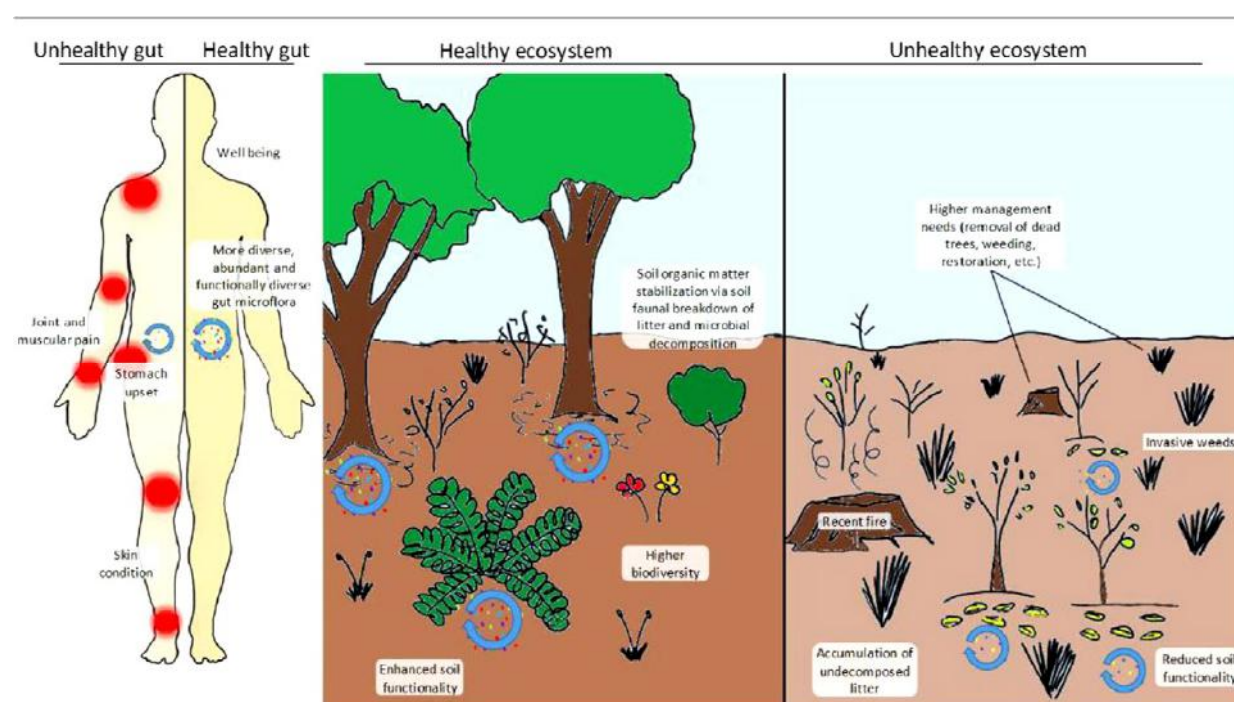
Os fungos ectomicorrízicos utilizam um vasto conjunto de moléculas orgânicas (em particular hormonas vegetais, p.ex. as Auxinas) para transformar a morfologia e o metabolismo das raízes do hospedeiro.

Contudo, também existem árvores que “preparam” as suas raízes para serem micorrizadas.

## **Qual a importância da diversidade e saúde do microbioma do solo.**

De uma perspetiva de regulação e manutenção de funções vitais, podemos comparar o funcionamento de um ecossistema ao do nosso sistema digestivo: a nossa flora intestinal, quando equilibrada e saudável, garante a manutenção de processos fundamentais para o funcionamento do resto do nosso corpo (resposta imune, saúde dos tecidos, digestão e absorção de nutrientes, e bem-estar geral).

Do mesmo modo, um ecossistema natural também está dependente das múltiplas funções desempenhadas pelos seus diferentes elementos, em particular dos microrganismos que habitam o solo, para garantir o seu correto e saudável desenvolvimento e evitar processos que conduzam à sua destruição (perda de produtividade, perda de recirculação de nutrientes, surtos de espécies invasoras, etc.).



Para uma explicação da importância das comunidades fúngicas num ecossistema, e para saber mais sobre o trabalho desenvolvido no Laboratório de Macromicologia da Universidade de Évora, veja o vídeo na ligação abaixo:



>>> [Os Cogumelos Podem Salvar Florestas](#) <<<

Ao longo dos anos, o trabalho de investigação do Laboratório de Macromicologia da Universidade de Évora permitiu suportar com evidências científicas um conjunto de boas práticas de gestão que permitem a manutenção e promoção de uma comunidade fúngica saudável e funcional nos solos dos montados:

- **Controlar o sub-coberto com o mínimo de mobilização dos solos.**
- **Evitar o pisoteio excessivo e/ou a compactação dos solos.**
- **Evitar o excesso de matéria orgânica animal ou de fertilizantes.**
- **Gerir corretamente a estrutura do povoamento florestal (gestão da radiação incidente).**
- **Evitar a colheita excessiva de cogumelos.**

### ***Referências:***

- Santos Silva C, Gonçalves A, Louro R (2011) Canopy cover influence on macrofungal richness and sporocarp production in montado ecosystems. *Agrofor Syst* 82:149 159.
- Santos Silva, C. & Louro, R. 2014. Assessment of the diversity of epigeous Basidiomycota under different soil management systems in a Montado ecosystem : a case study conducted in alentejo . *Agroforestry Systems* (DOI) 10.1007/S10457 015 9800 3.
- Pinto Correia, T., Ribeiro, N., Potes, J. ( coord .) (2013). Livro Verde dos Montados, ICAAM, Évora, 61
- Programa AGRO, Medida 8, Projecto n. 768. Regeneração natural e artificial do sobreiro e a gestão sustentada do montado.
- Projecto INTERREG MICOSYLVA, SOE1/P2/E69 Gestão Sustentável dos Espaços Florestais Produtores de Cogumelos Silvestres de Interesse Eco nómico como Fator de
- Desenvolvimento Rural FPS COST Action FP1203 European nonwood forest products (NWFPs) network (2012 2017). MC Member
- European Territorial Cooperation Programme INTERRG IVB SUDOESOE3/P2/E533 MICOSYLVA +
- Programa integrado de IC&DT, INALENTEJO. A gestão da intensidade do pastoreio face à valorização do montado como sistema de elevado valor natural.
- Projecto StarTree Multi Purpose Trees (MPT) and Non Wood Forest Products (NWFP).



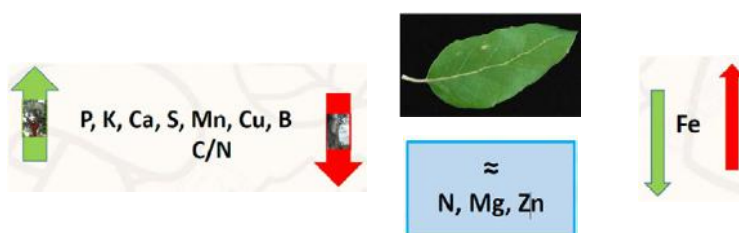
## Estudo de Caso: Projeto Aiding Cork Oak

### Como auxiliar os sobreiros a terem uma vida mais saudável?

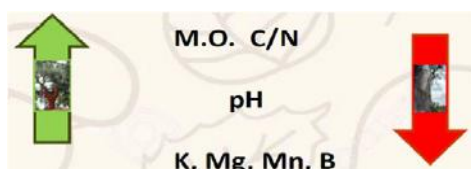
De maneira a perceber que fatores poderiam estar a influenciar o estado de saúde de um povoamento de sobreiros em declínio, numa propriedade em que a generalidade do arvoredo se encontrava saudável, foi feita uma análise comparativa entre duas parcelas, uma “saudável” e outra com problemas de sanidade, sobre o conteúdo de nutrientes nas folhas, as características do solo, e a diversidade de fungos presentes no solo. Os resultados revelaram que:



- Na parcela menos saudável, o perfil de nutrientes extraído das folhas apresentava uma menor concentração de fósforo, potássio, cálcio, enxofre, manganês, cobre e boro, bem como uma menor relação carbono/ azoto. Por outro lado, a concentração de ferro era mais elevada na parcela com árvores menos saudáveis.



- Ao nível do solo, os níveis de matéria orgânica, potássio, magnésio, manganês e boro eram mais elevados no solo da parcela “saudável”, apresentando esta também um pH mais elevado e uma maior relação carbono/ azoto.



- A análise dos perfis de solo revelou ainda marcadas diferenças entre as duas zonas:

Perfis do Solo			
	130 cm	Espessura	60 cm
	Franco arenoso a arenoso franco	Estrutura	Arenoso
	2x	Capacidade de troca catiónica (45 cm)	1x
	2x	Arejamento do solo (45 cm)	1x
	2x	Capacidade de retenção água (45 cm)	1x

- Quanto às comunidades de macrofungos, foi evidente a diferença na abundância e diversidade funcional entre as duas parcelas.

A parcela “saudável” apresentou um total de 110 espécies diferentes de macrofungos, com uma clara predominância de espécies micorrízicas contra as espécies sapróbias (decompositoras), numa relação de 3:1.

No caso da parcela menos saudável, foram identificadas apenas 30 espécies de macrofungos, com uma marcada presença de espécies decompositoras, numa relação de micorriza/sapróbia de 1:4.



Apesar de as características do solo entre as duas parcelas serem distintas, podemos identificar uma tendência para que em situações de maior predominância de relações simbióticas entre os fungos do solo e os elementos arbóreos da paisagem, se verifique um aumento relativo dos teores de matéria orgânica nos solos, valores mais equilibrados de pH, uma maior capacidade de infiltração de água e, consequentemente, um melhor estado de saúde geral do arvoredo.



# Conhecer o microbioma do solo e a sua importância

Ricardo Boavida Ferreira, ISA/ULisboa



[rbferreira@isa.ulisboa.pt](mailto:rbferreira@isa.ulisboa.pt)

## Microbiomas

É importante perceber a diferença entre os conceitos de Microbiota e Microbioma:

- **Microbiota** define o conjunto dos diferentes microrganismos, i.e., as espécies que compõem a microfauna e microflora de um determinado ecossistema;
- **Microbioma** refere-se ao conjunto dos genomas, i.e., do material genético, de um determinado Microbiota;

Em qualquer superfície, existem a todo o momento milhões de microrganismos que interagem entre si e com os organismos superiores (animais e plantas). Alguns destes organismos são inofensivos, outros são considerados patogénicos, isto é, capazes de provocar infeções ou patologias de diferentes níveis de gravidade e extensão. Sendo assim, **porque é que os organismos superiores não estão permanentemente doentes?**

Para que se verifique uma infeção de um organismo por um determinado fungo ou bactéria, é necessário que se reúnam duas condições de base: o organismo patogénico tem que se apresentar forte suficiente, para poder contornar as defesas do potencial hospedeiro e, por outro lado, o hospedeiro tem que se encontrar vulnerável, logo suscetível, ao ataque.

A acrescentar a isso, as **condições ambientais** devem ser favoráveis à propagação dos agentes de infeção, e estes, enquanto conjunto, devem existir em número suficiente para garantir que a infeção ocorre, isto é, a **carga microbiana** irá também condicionar o sucesso de uma infeção.



Se considerarmos um processo de infeção como uma guerra, entre o agente patogénico e o organismo atacado, podemos verificar que nessa guerra ocorrem inúmeras batalhas, nas quais as **proteínas são a principal arma de combate**.

Para estudar ou caracterizar o microbioma presente em qualquer superfície/ material/ tecido, existem essencialmente duas abordagens:

- Os **Métodos Clássicos**, utilizando meios de cultura para multiplicar os organismos presentes numa determinada amostra, que apenas nos permitem identificar entre 1 e 3% dos microrganismos presentes;
- A **Metagenómica**, em que é feita uma análise do conjunto de material genético presente numa amostra, permitindo depois identificar as espécies/ grupos de microrganismos presentes. Neste momento, estima-se que apenas cerca de 50% da diversidade total é possível de identificar, pelo simples motivo de que ainda não foram descritos os genomas de muitos organismos e, por isso, não pode ser feita uma correspondência exata numa amostra diversa.

*Para termos uma noção da importância dos microrganismos para a nossa existência, podemos considerar o facto de existirem no corpo humano cerca de **1 milhão de proteínas diferentes**. No entanto, apenas existem 24.000 genes humanos... dentro de um conjunto total de **8 milhões de genes** existentes no corpo humano. A maior parte desses genes são genes microbianos, e são fundamentais para a manutenção do nosso organismo. Assim sendo, o ser humano define-se como um **holobionte**, isto é, uma associação simbiótica entre um organismo hospedeiro, o humano, e a comunidade microbiológica que o integra.*

Tendo em conta a prevalência, diversidade e importância destas comunidades para a manutenção dos nossos organismos, qualquer desequilíbrio pode ser catastrófico, e potencialmente fatal.

No caso dos seres humanos, muitas vezes recorremos a dois tipos de substâncias para repor este equilíbrio microbiano:

- Os Prebióticos (p.ex. vitaminas), que “ajudam” as populações de microrganismos do nosso aparelho digestivo a voltar a um equilíbrio saudável, por exemplo, após a utilização de medicamentos antibióticos.
- Os Probióticos (p.ex. *Ultralevur*, iogurtes), que contêm comunidades de microrganismos específicos (leveduras), que contribuem para a regulação e equilíbrio do microbioma intestinal.

## **Doenças nos Animais e nas Plantas**

- Nos animais, as doenças podem ter origem em microrganismos (**maioritariamente bactérias**) e vírus, podendo também ter causas genéticas, ou metabólicas (cancros, doenças degenerativas).

- Nas plantas, a grande maioria das doenças são provocadas por microrganismos, sendo os fungos os principais agentes patológicos (**120 géneros de fungos**, 30 tipos de vírus e oito géneros de bactérias são responsáveis pelas cerca de 11.000 doenças descritas em plantas).

Um outro fator a ter em consideração quando analisamos as causas de patologias nas plantas, em particular, é a evolução e ação conjunta de diferentes microrganismos sobre um mesmo “alvo”.

*Como exemplo, podemos considerar um conjunto de microrganismos com potencial patogénico, presentes num dado solo onde se faz o cultivo de uma espécie hortícola. Um desses organismos pode não ter a capacidade de infetar a cultura, se esta se encontrar saudável. No entanto, um segundo microrganismo pode fragilizar a planta a um nível em que esta passa a ser sujeita à infeção do primeiro.*

No que se refere ao mecanismo de ação de produtos farmacêuticos para combate das doenças, é importante frisar que, em ambos os tipos de organismos, existe um desenvolvimento progressivo de resistência ao composto ativo, por parte dos agentes patogénicos (bactérias, fungos, e insetos no caso das plantas).

No caso dos animais, **os medicamentos chegam a praticamente todas as células** do organismo. Contudo, nas plantas, os pesticidas **não chegam a todos os tecidos vegetais**, ocorrendo muitas vezes uma **evolução dirigida dos agentes patogénicos** nos locais onde nem as defesas da planta, nem os pesticidas chegam (interior da madeira dos ramos e raízes, no solo).

Alguns exemplos de pragas e doenças que se desenvolvem fora do alcance dos pesticidas (no solo ou na madeira – tecidos mortos do xilema):

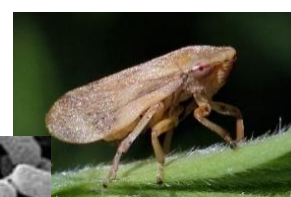
- O inseto *Rhynchophorus ferrugineus*, cujas larvas podem escavar buracos até 1 m de comprimento no tronco das palmeiras;



- O nemátodo-da-madeira-do-pinheiro (NMP), nome comum para *Bursaphelenchus xylophilus*, é o agente causal da doença-da-murchidão-do-pinheiro (DMP). A dispersão do nemátodo para as espécies hospedeiras é realizada por um inseto-vetor, o longicórnio-do-pinheiro, *Monochamus galloprovincialis*.



- A síndrome de declínio rápido de azeitona em oliveira (*Olea europaea*), causado pela bactéria *Xylella fastidiosa*, que prospera no xilema e é também responsável nos EUA pela doença de Pierce (PD) na videira. A cigarrinhas-das-espumas (*Philaenus spumarius*) é o principal vetor da disseminação da doença.



- O complexo de doenças da esca da videira, causada por vários fungos que atuam de forma combinada, e.g. *Phaeomoniella chlamydospora*, *Phaeoacremonium minimum* e *Fomitiporia mediterranea*, assim como várias outras doenças do lenho das videiras.



- A mortalidade de quercíneas, e outras plantas, pela ação do oomicete *Phytophthora cinnamomi*, que coloniza as raízes a partir de populações no solo, propagando-se depois para o lenho e provocando a seca de folhas e ramos de um modo generalizado.



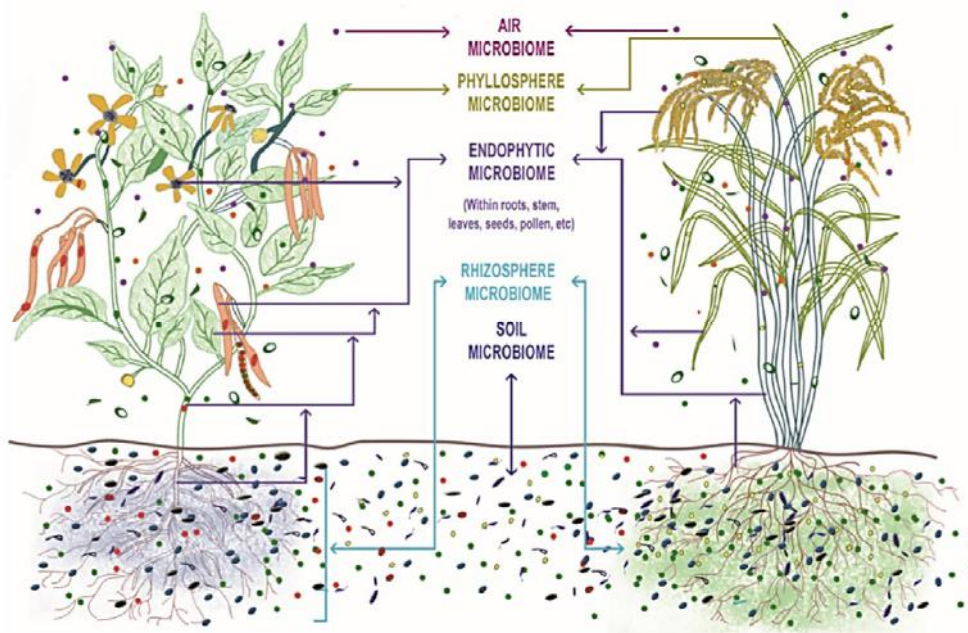
Estas doenças apresentam algumas particularidades que fazem com que o seu combate seja muito difícil:

- São **doenças/ pragas silenciosas**, isto é, não exibem sintomas exteriores durante a progressão da infeção e, quando os manifestam já é muitas vezes demasiado tarde para intervir.
- Por se alojarem em tecidos inertes das plantas, i.e., no lenho, **estão fora do alcance dos pesticidas**.
- A sua natureza assintomática permite a sua **livre disseminação**, quer nas parcelas ou explorações (através de podas e outras operações culturais), ou mesmo a nível regional e global, através da aquisição de plantas de infetadas a partir de viveiros.



As plantas apresentam microbiomas distintos e particulares de cada tecido ou estrutura:

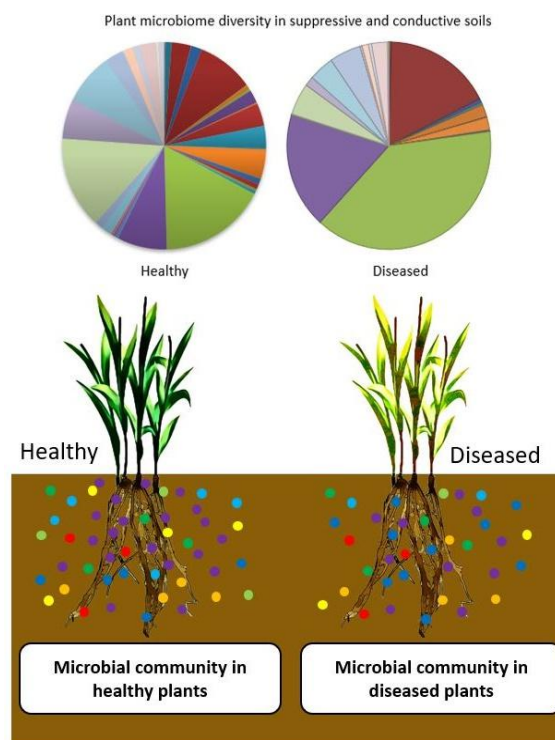
- O **microbioma aéreo**, que existe livremente na atmosfera em torno da parte aérea das plantas.
- O **microbioma da filosfera**, i.e., da superfície das folhas.
- O **microbima endofítico**, que existe no interior dos tecidos das plantas (nos vasos condutores, nos ramos, nas raízes e até nas sementes).
- O **microbioma da rizosfera**, i.e., da superfície das raízes.
- O **microbioma do solo**.



O equilíbrio de cada um destes microbiomas, e a relação entre eles, é fundamental para a manutenção do estado de sanidade das plantas. Este equilíbrio é afetado por diversos fatores, e apresenta uma relação recíproca com o próprio estado fisiológico das plantas.

**Doenças das plantas** ↔ **Desequilíbrios nos microbiomas**

Como hipótese de trabalho, podemos então considerar que a grande maioria das doenças das plantas resultam de desequilíbrios nos seus microbiomas. Algumas instâncias deste tipo de fenómenos podem ser testemunhadas em contexto real de produção, por exemplo, nos casos de pequenas infeções de oídio em videiras em que, após a aplicação de um fungicida generalista, que elimina praticamente toda a diversidade de fungos na filosfera, o oídio que sobreviveu encontra um cenário muito mais propício para a sua propagação, por deixar de encontrar competição na superfície das folhas, que até ali o mantinha sob controlo relativo.



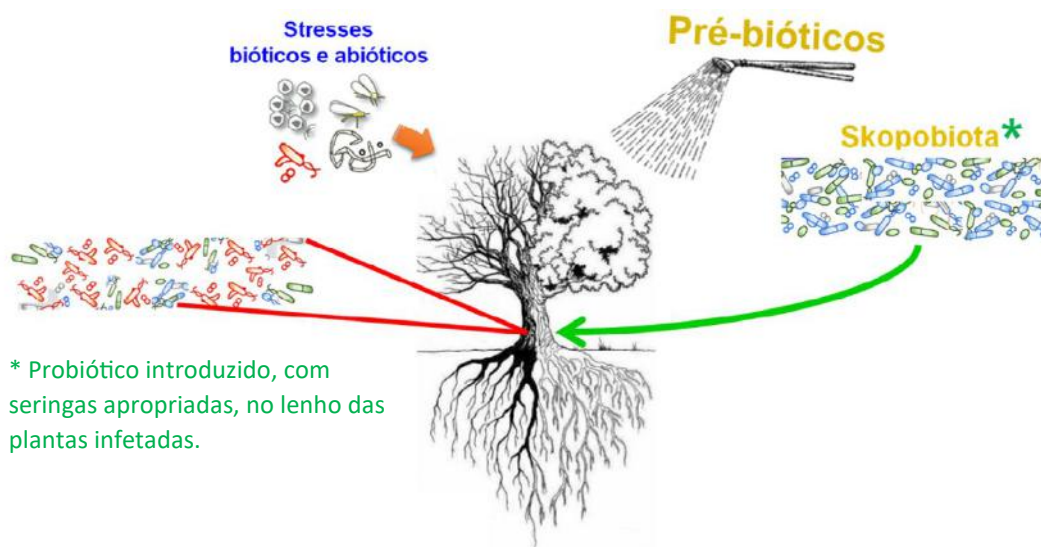
Então, como podemos re-equilibrar os microbiomas das plantas doentes?

#### **- Aplicação foliar de pré-bióticos**

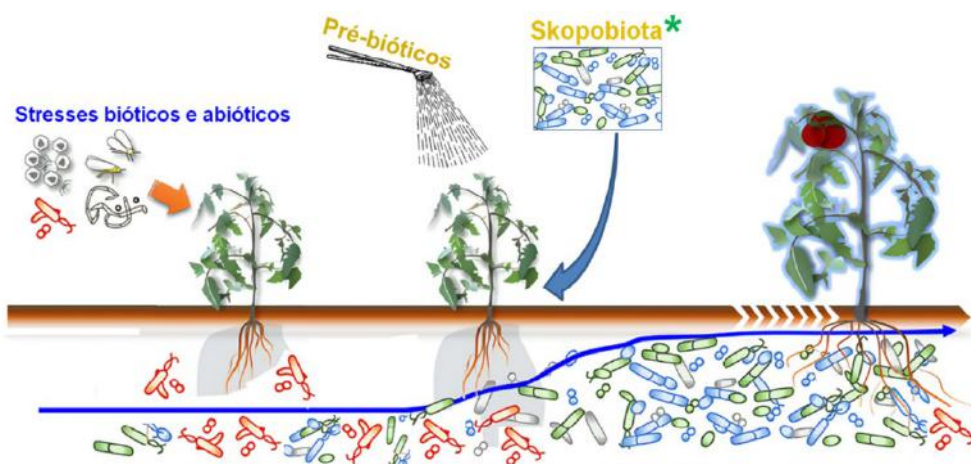
Foram já identificadas proteínas alimentares e metabolitos utilizados como aditivos na indústria agro-alimentar com potencial de modular os microbiomas das raízes e da madeira, após aplicação foliar. Num estudo sobre o impacto em plantas de videira afetadas com esca, foi possível diminuir a taxa de infeção no lenho de 70% para 7% de plantas infetadas, após pulverização foliar em plantas envasadas.

#### **- Injeção de probióticos no lenho**

Ensaio laboratoriais em videiras afetadas com esca, e em sobreiros afetados por *Phytophthora* sp., revelaram que a aplicação intra-lenhosa de um consórcio de microorganismos selecionados (*skopobiota*\*) permitiu diminuir as taxas de infeção e a severidade sintomática das doenças em causa, através de um processo de modulação, ou re-equilíbrio, do microbioma do lenho e raízes.



A mesma abordagem estudada para a modulação do microbioma do lenho, poderia ser ensaiada também para a modelação do microbioma dos solos. É necessário, no entanto, realizar estudos mais aprofundados sobre os grupos de microrganismos presentes num determinado solo, e o seu potencial de isolamento e multiplicação, para posterior aplicação fitoterapêutica.



\* Probiótico adicionado ao solo usando um veículo apropriado.

\* Frari GD, Ferreira RB (2021) Microbial blends: terminology overview and introduction of the neologism 'skopobiota'. *Frontiers in Microbiology*, 12, 659592. doi: 10.3389/fmicb.2021.659592

### Questão final.... Serão as plantas conscientes?

Começando na década de 1970, os esforços de investigação científica permitiram identificar padrões de comunicação química, por meio aéreo, entre plantas, e entre estas e várias outras espécies, incluindo insetos. E no solo?

Durante muito tempo, acreditou-se que as plantas eram solitárias e competiam para adquirir o máximo de recursos possível para aumentar a sua aptidão física. Atualmente, parece que a forma como as plantas crescem não é apenas através da competição. Também colaboram entre si e estabelecem sinergias.

Primeiro, Suzanne Simard (Universidade da Colúmbia Britânica, Canadá) descobriu a **wood wide web**, uma rede constituída por fungos e raízes de árvores. Depois, parece que essa rede atua como um cérebro e pode comunicar informações através de toda a floresta: que as árvores reconhecem os seus descendentes e os alimentam e que as lições aprendidas com experiências passadas podem ser transmitidas das árvores mais velhas para as mais novas.

Por este motivo, as ligações subterrâneas numa floresta parecem atuar como um cérebro que permite que as árvores formem sociedades - e cuidem dos seus familiares.

### Leituras Recomendadas:

- "It takes a wood to raise a tree: a memoir", *Nature*, 07/06/2021

[ <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01512-y> ]



- "Mother Trees Are intelligent: They Learn and Remember", *Scientific American*, 04/05/2021

[ <https://www.scientificamerican.com/article/mother-trees-are-intelligent-they-learn-and-remember/> ]





## O Sucesso de Reflorestações no Montado

Cristina Branquinho, cE3c – FCUL



### O sucesso de reflorestações no Montado

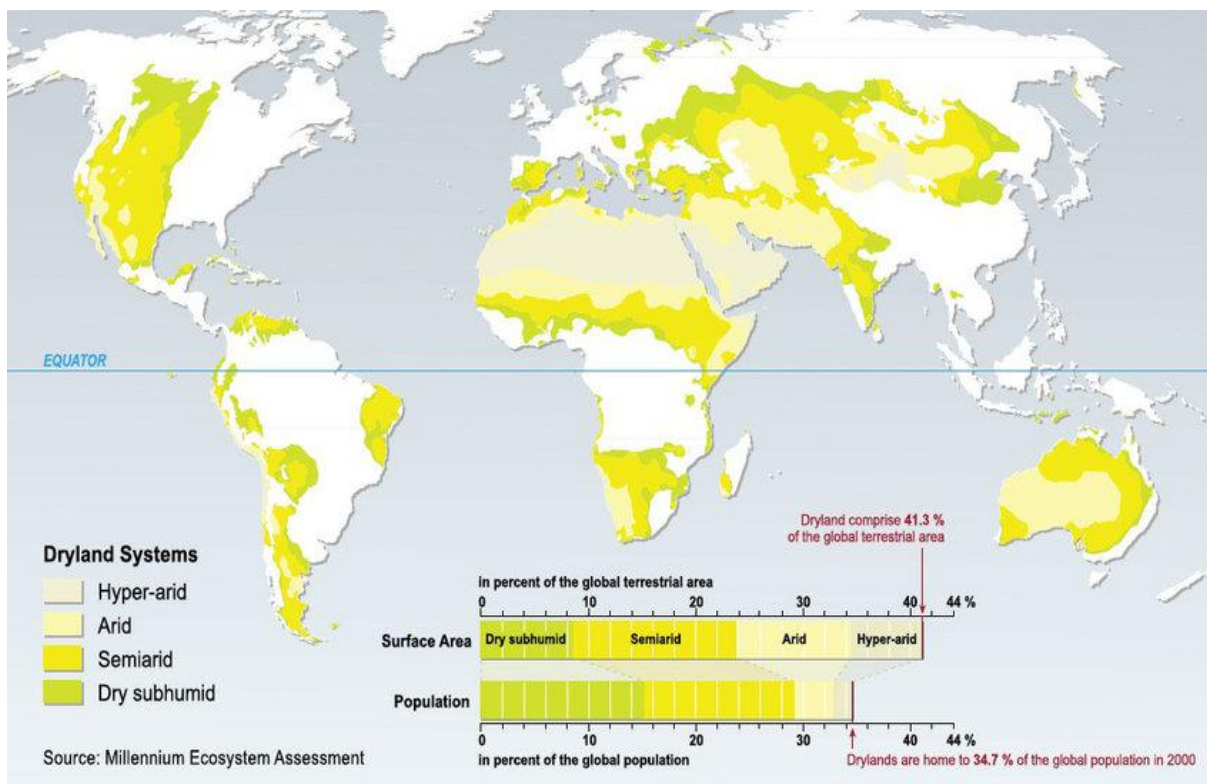
Cristina Branquinho  
[cmbranquinho@ciencias.ulisboa.pt](mailto:cmbranquinho@ciencias.ulisboa.pt)  
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa





[cmbranquinho@ciencias.ulisboa.pt](mailto:cmbranquinho@ciencias.ulisboa.pt)

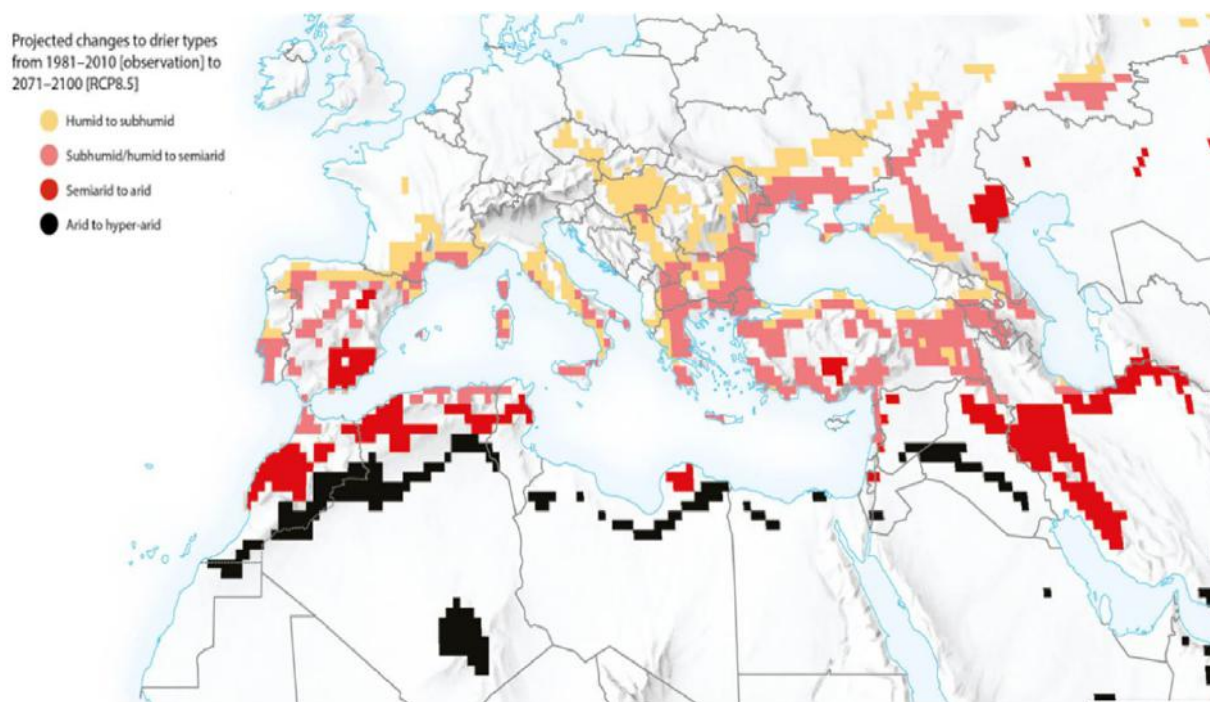
### Os desafios do montado nas zonas semiáridas



Fonte: Milenium Ecosystem Assessment



Consideram-se terras secas, os territórios com condições climáticas de subhúmido, semiárido, árido e hiperárido. No sul de Portugal, predominam as situações subhúmido e semiárido, com tendência para agravamento da aridez e aumenta da extensão de áreas de semiárido.

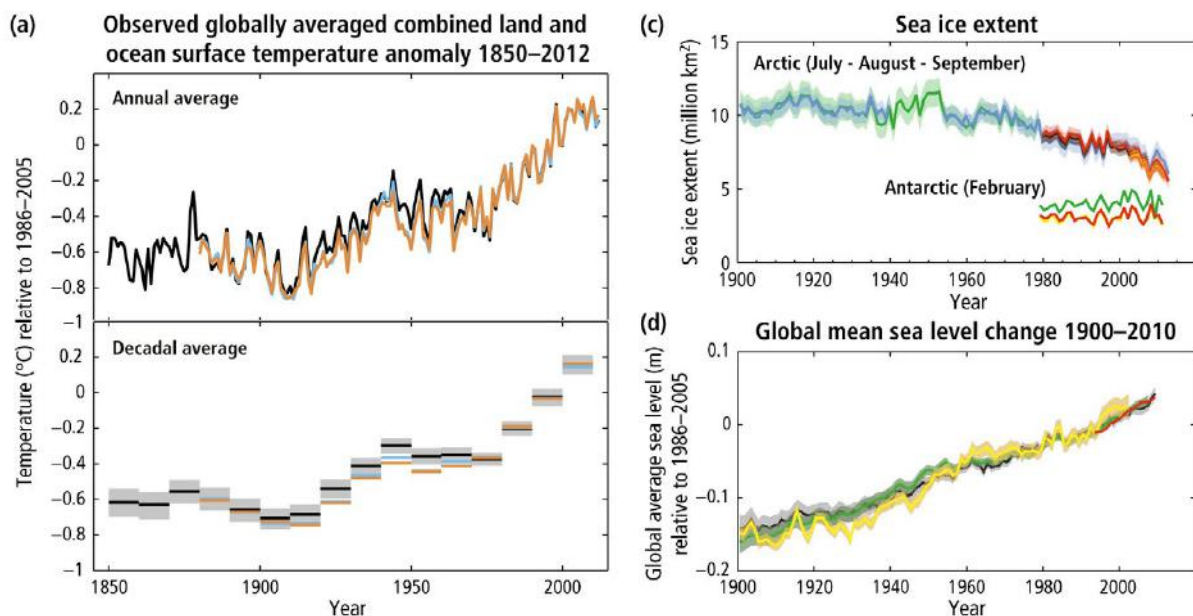


Fonte: WAD3-JRC 2018, modified from Spinoni, J., 2015

As zonas semiáridas dependem da precipitação, que apresenta elevada sazonalidade e grande variabilidade inter-anual. Os solos ficam facilmente expostos, tornando-se mais suscetíveis à erosão. A adaptação e adequação do pastoreio é difícil de prever ou aplicar, tornando os territórios vulneráveis à sobre-exploração.

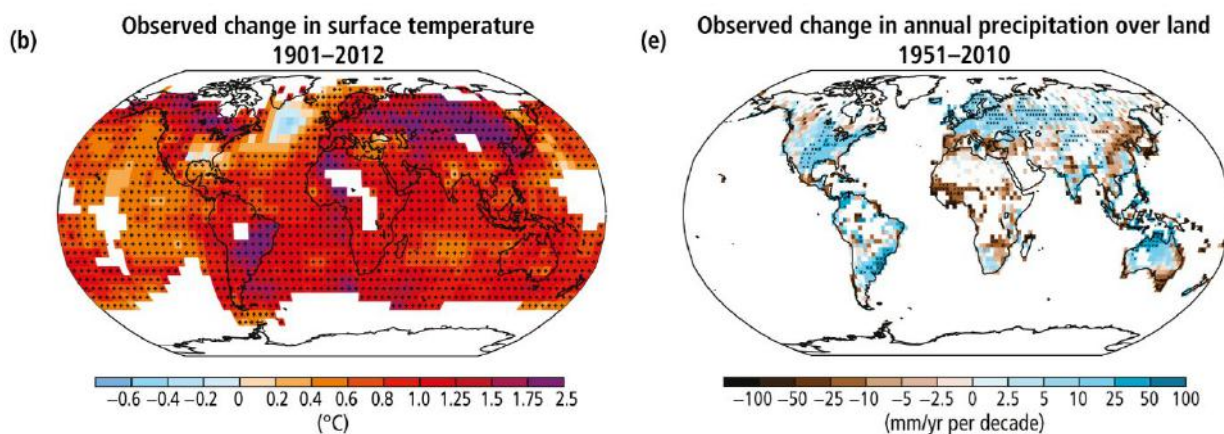
O facto destas zonas: cobrirem 41% da superfície terrestre; acolherem 35% de toda a humanidade; fornecerem 44% dos sistemas cultivados e 50% da pecuária do mundo; representarem 35% da área global de Hotspots de Biodiversidade e 28% de áreas de Património Mundial; perante o agravar substancial de aridez no cenário de alterações climáticas, alerta para a necessidade de uma gestão sensível, destas áreas.

## O desafio das alterações climáticas



*Impacto das alterações climáticas, observado durante o último século, na subida média da temperatura, no decréscimo dos glaciares e no aumento do nível do médio do mar.*

Registo das anomalias relativamente às variações de temperatura e de precipitação anual, durante o mesmo período:

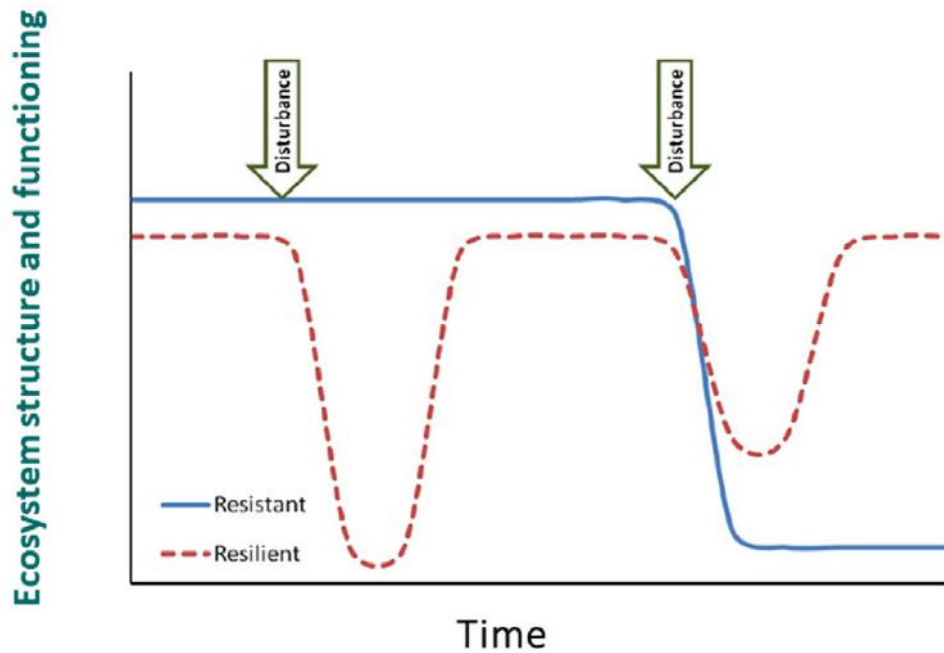


Na península ibérica observa-se um aumento de até 1.5 °C de temperatura e uma redução de precipitação de até -25 mm por década.

## **A resistência e a resiliência dos sistemas naturais**

Os ecossistemas naturais, apresentam, na sua maioria, uma grande capacidade de resiliência (capacidade de recuperação desse ecossistema após algum tipo de perturbação) e/ou resistência (capacidade de resistir inalterado durante as perturbações).

Ecossistemas resilientes, conseguem restabelecer a mesma produtividade e diversidade funcional, com organismos que façam as mesmas funções.

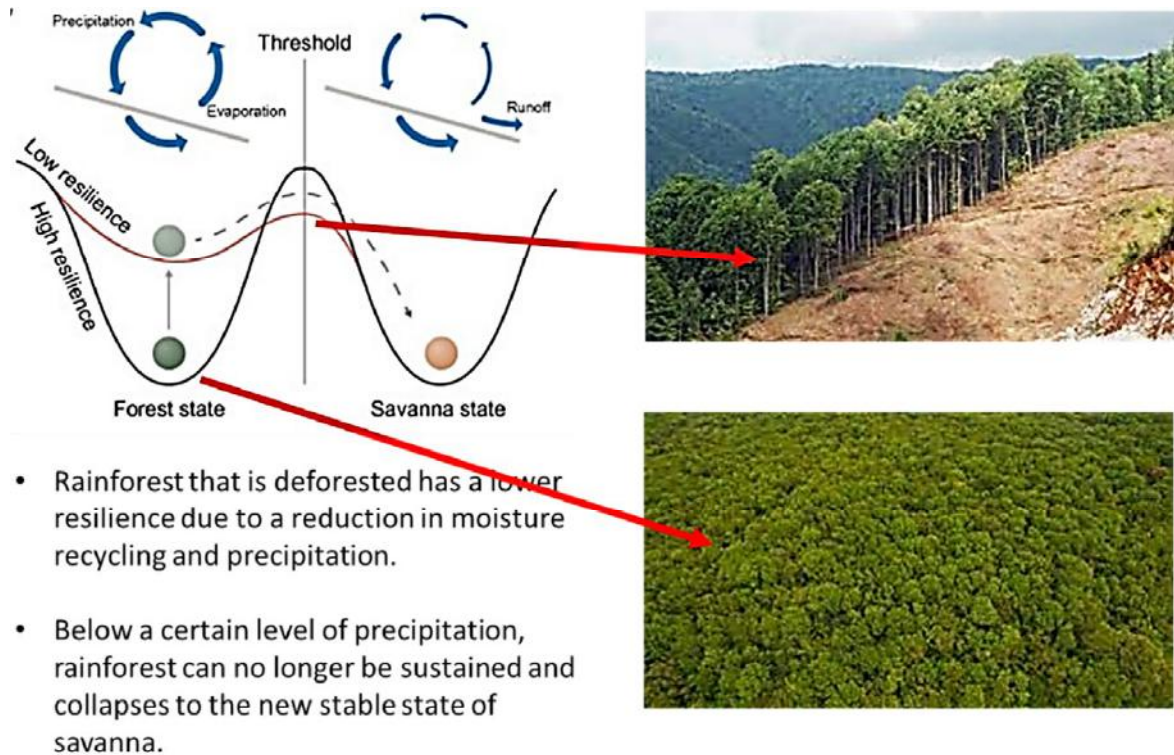


**Daintree Rainforest**  
**Age:** 180 million years  
**Location:** North-east coast of Queensland, Australia  
**Forest Type:** Tropical Rainforest

No caso de ecossistemas de florestas tropicais (como as da imagem), podem permanecer estáveis durante milhões de anos, restabelecendo-se independentemente de doenças, fogos, pragas, ou outras perturbações.



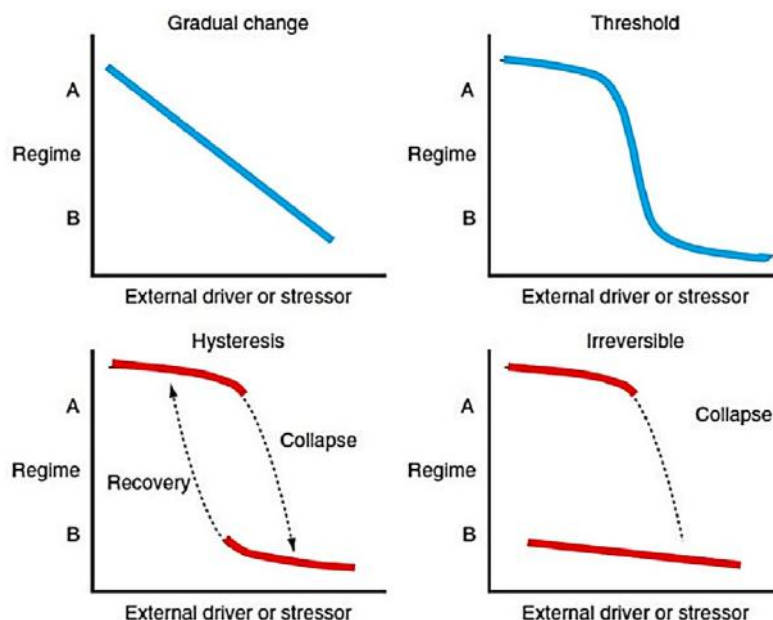
**Amazon Rainforest**  
**Age:** over 55 million years  
**Location:** Brazil (60%), Peru (13%), and Colombia (10%)  
**Forest Type:** Moist Broadleaf Tropical Rainforest



A resiliência também depende do contexto. Um ecossistema estável, como uma floresta, apresenta uma elevada resiliência, mas se se baixar a resiliência, por exemplo, através de uma desflorestação, este fica muito mais suscetível de evoluir para uma situação menos produtiva, como uma savana. O ciclo equilibrado de precipitação e infiltração, sofre uma quebra após o corte, por aumento da superfície de escorrência, diminuído a água disponível no ecossistema e dificultando o retorno do ecossistema floresta.

### As respostas dos ecossistemas às perturbações

As transformações dos ecossistemas podem ser lineares e graduais, havendo uma contínua alteração para outro sistema menos evoluído ecologicamente, por exemplo, pela redução da precipitação, mas, regra geral, a partir de um limite de precipitação atinge-se um ponto de viragem, em que o sistema degrada ecologicamente e perde a capacidade de recuperar.



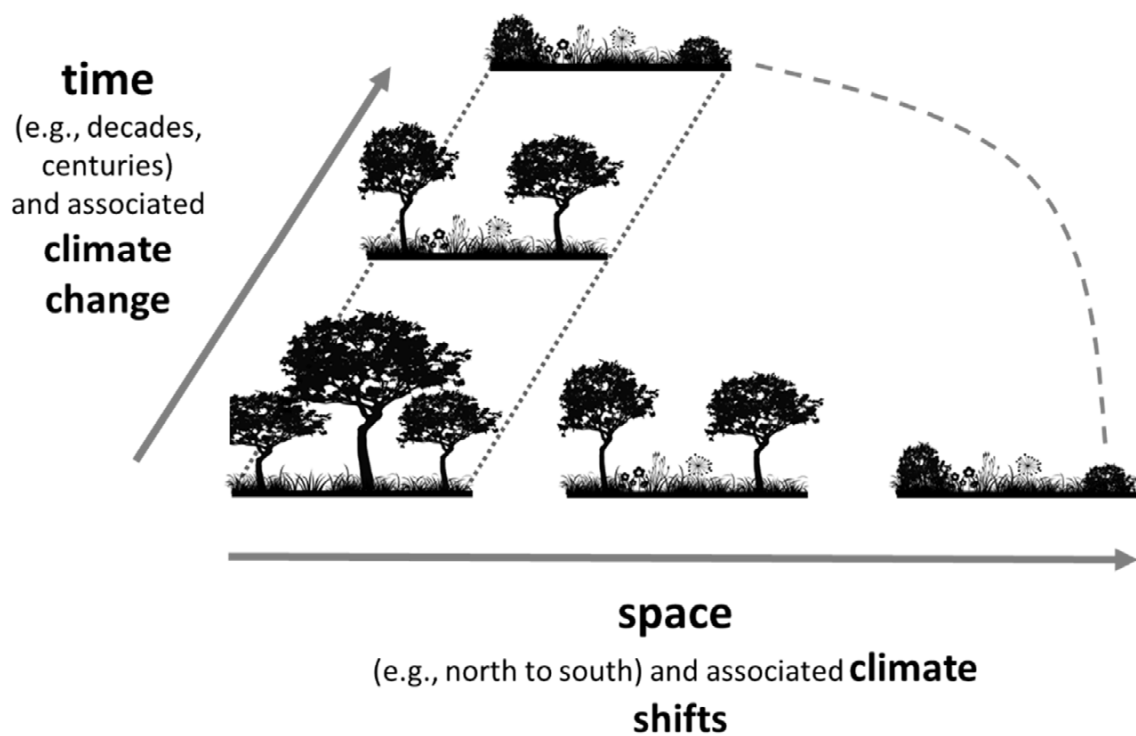


Atravessando um ponto de não retorno, a recuperação do sistema, torna-se muito mais complicada. Até nas situações em que a precipitação volte a aumentar, é preciso que aumente acima do anterior normal, para que esse sistema volte a recuperar plenamente. Isto porque elementos nesse sistema podem ter-se perdido ou deixado de funcionar.

Na pior das hipóteses, após o colapso, no caso de se perderam elementos-chave desse ecossistema, este pode não conseguir, de todo (ou sem um custoso investimento), regressar ao sistema original anterior à perturbação.

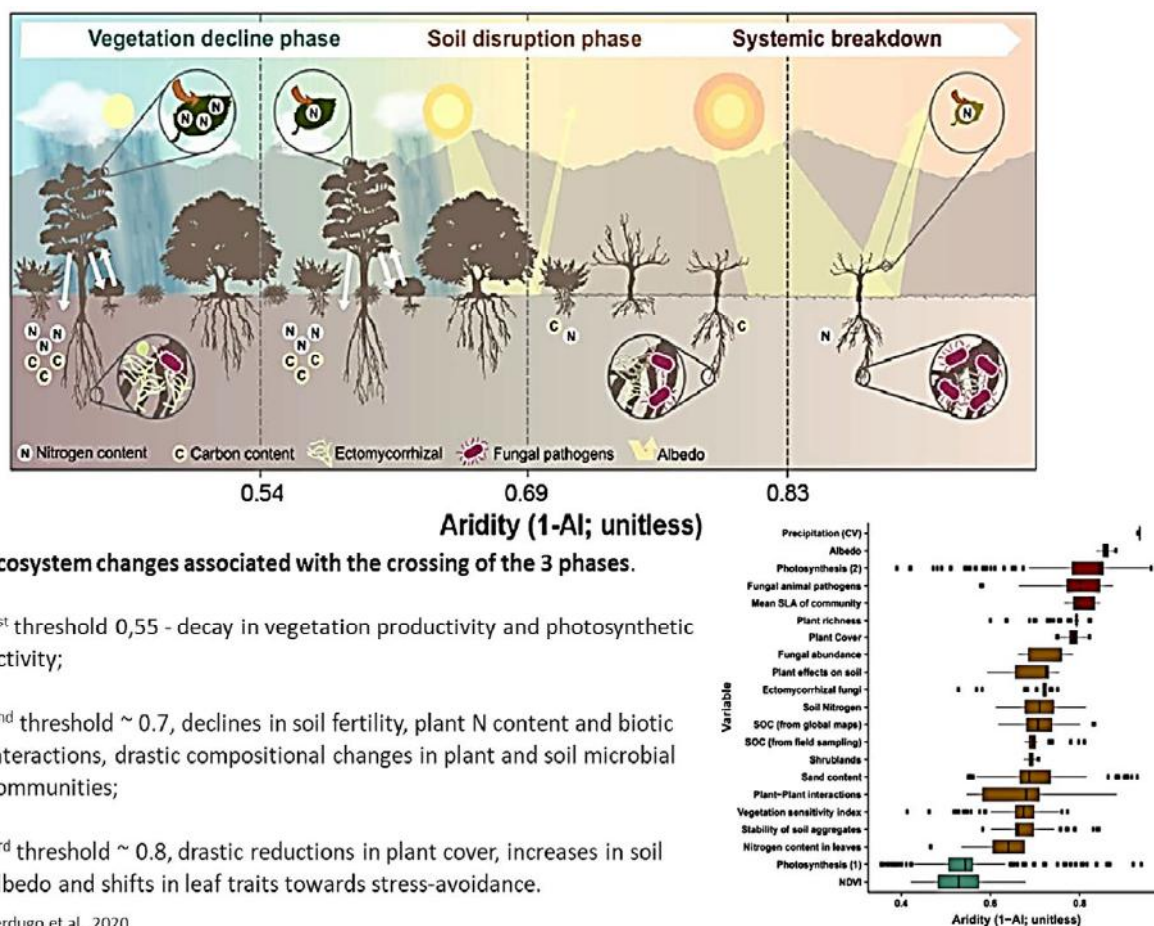
### **Usando o espaço pelo tempo**

Tendo em conta a dificuldade de estudar as alterações dos ecossistemas no tempo (devido às grandes escalas temporais que requerem), uma das formas de estudar estas alterações, é através do estudo dos gradientes climáticos no espaço, permitindo prever como será a evolução da paisagem influenciada pelas alterações climáticas.



### Limiares críticos nas terras secas

No estudo de [Berdugo et al., 2020](#), fez-se um mapeamento de todas as terras secas do mundo, com o objetivo de demonstrar onde é que ocorrem os *tipping points*, ou limiares críticos de quebra dos ecossistemas, tendo por base o índice de aridez (relação da diferença entre precipitação e evapotranspiração).

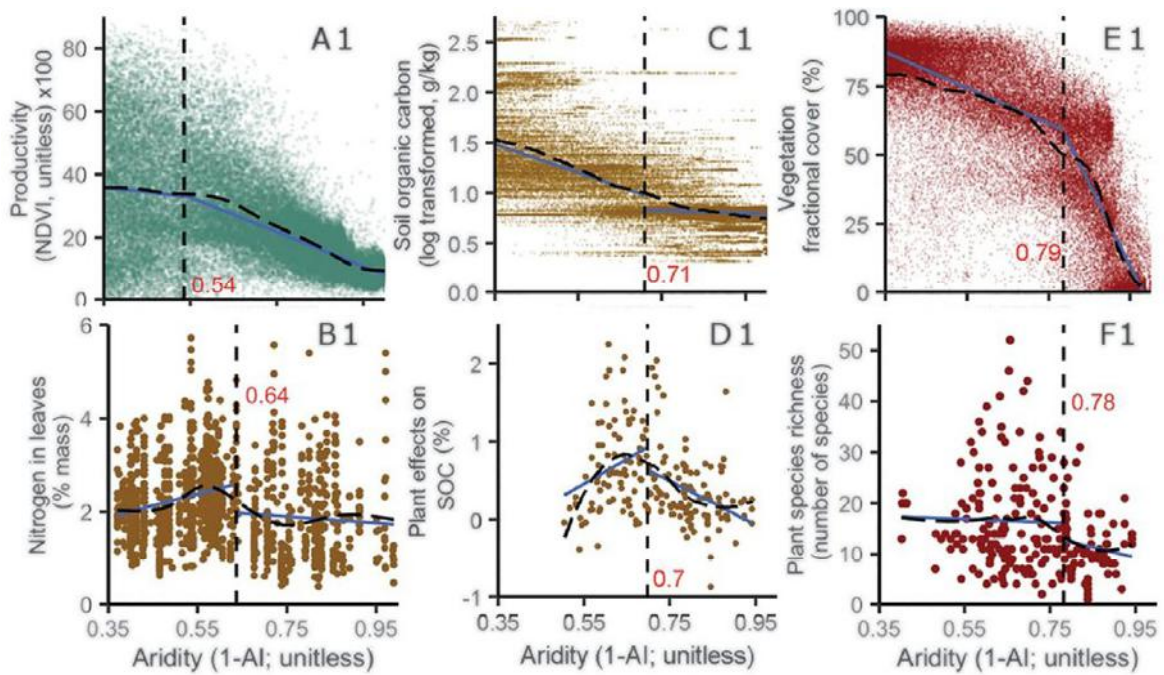


Ultrapassado o primeiro limite, acontece uma queda de produção de vegetação e de atividade fotossintética, causado por uma redução de precipitação que, aplicando ao sistema do montado, se traduz numa redução da densidade de azinheiras ou sobreiros.

A partir do segundo limite, ocorre uma quebra na fertilidade do solo, nomeadamente no conteúdo de azoto e nas interações entre os seres-vivos do solo, causando uma drástica redução e alteração da composição de plantas e nas comunidades microbianas, limitadas pela falta de água e de interações. É no limiar deste limite que se encontra, sobretudo, o sul de Portugal.

O terceiro limite, que ainda não se verifica em Portugal, causa uma redução drástica no coberto vegetal do solo, consequentemente um aumento do efeito de albedo e uma adaptação da flora, que começa a apresentar características típicas de catos.

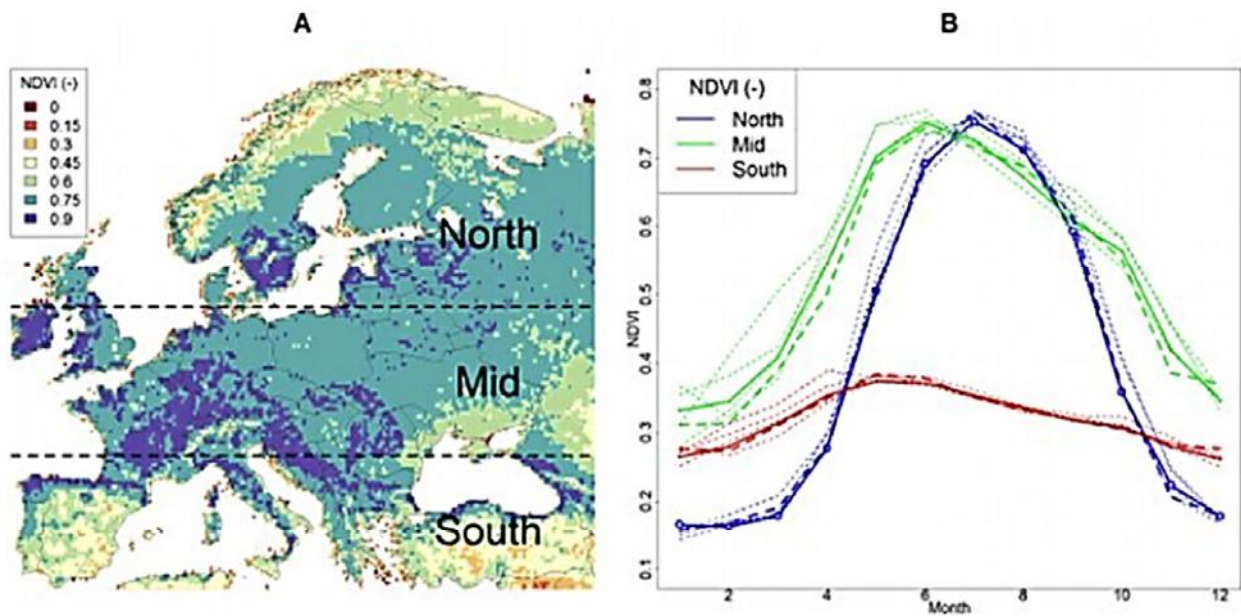
Todas as relações e impactos sobre os elementos não são necessariamente lineares, podendo alguns mudar de forma mais abrupta que outros, como se visualiza nos gráficos seguintes:



### Nonlinear responses of multiple ecosystem attributes to aridity.

NDVI (A), leaf nitrogen content (B), soil organic carbon (C), plant effects on soil organic carbon (D), vegetation cover (E), and plant species richness (F). Black dashed lines and blue solid lines represent the smoothed trend fitted by a generalized additive model (GAM) and the linear fits at both sides of each threshold, respectively. Inset numbers in red and the vertical dashed lines describe the aridity threshold identified.

### Produtividade Primária na Europa

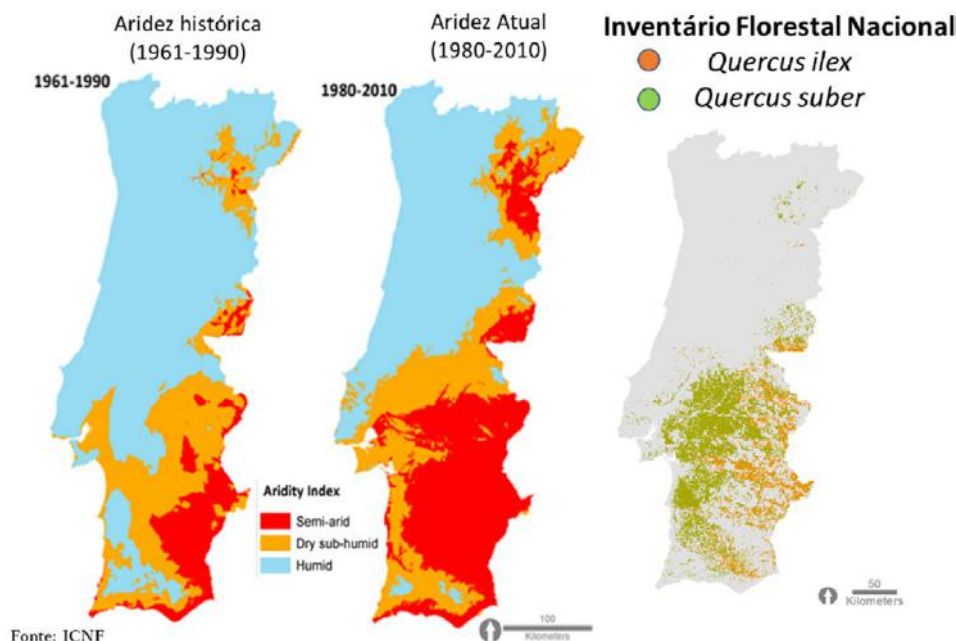


NDVI in Europe: (a) average values of NDVI for April to September in 1982–2010. (b) Continuous lines: average monthly values of NDVI in the latitudinal bands delineated in (a) ; the thin dashed lines are for the years 2001, 2002, 2004 and 2005, the bold dashed line is for 2003.

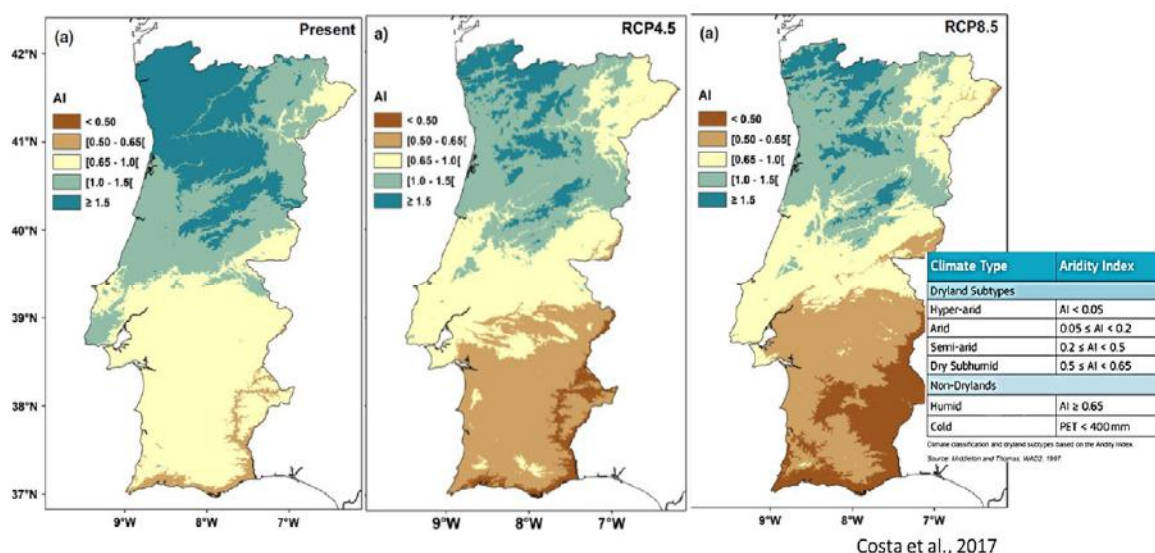


A produtividade (relacionando-se com o clima) varia grandemente consoante o sítio, apresentando-se por norma, como inferior nos territórios mais a sul da Europa. No entanto, mesmo em Portugal, a produtividade é muito variável, podendo distâncias relativamente curtas (ex. 50 km) apresentar um clima e condições de produtividade potencial distintas.

### Os desafios das zonas semiáridas



A evolução da aridez histórica e associação à distribuição do Sobreiro (*Quercus suber*) e da Azinheira (*Quercus ilex* – sinónimo de *Quercus rotundifolia*), este último com maior resiliência à aridez.

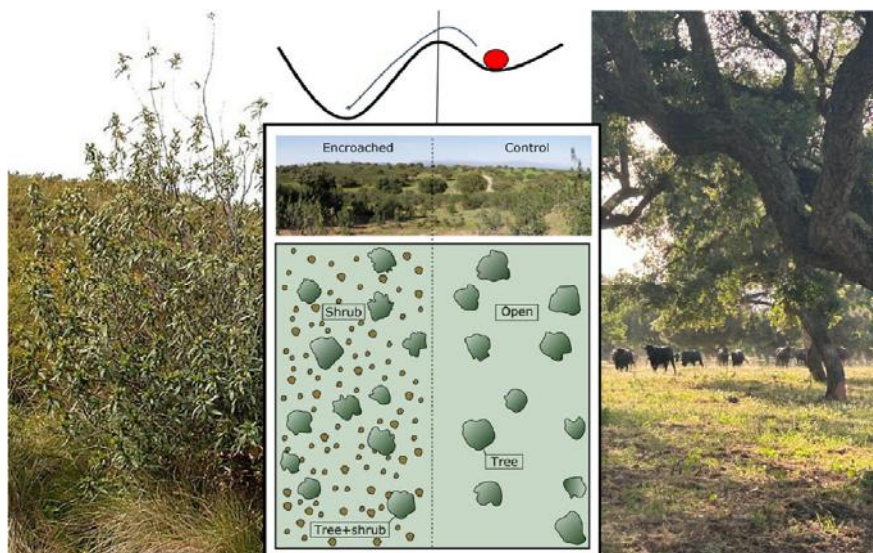


E os possíveis cenários futuros, com um aumento da aridez, sobretudo, no interior sul de Portugal.

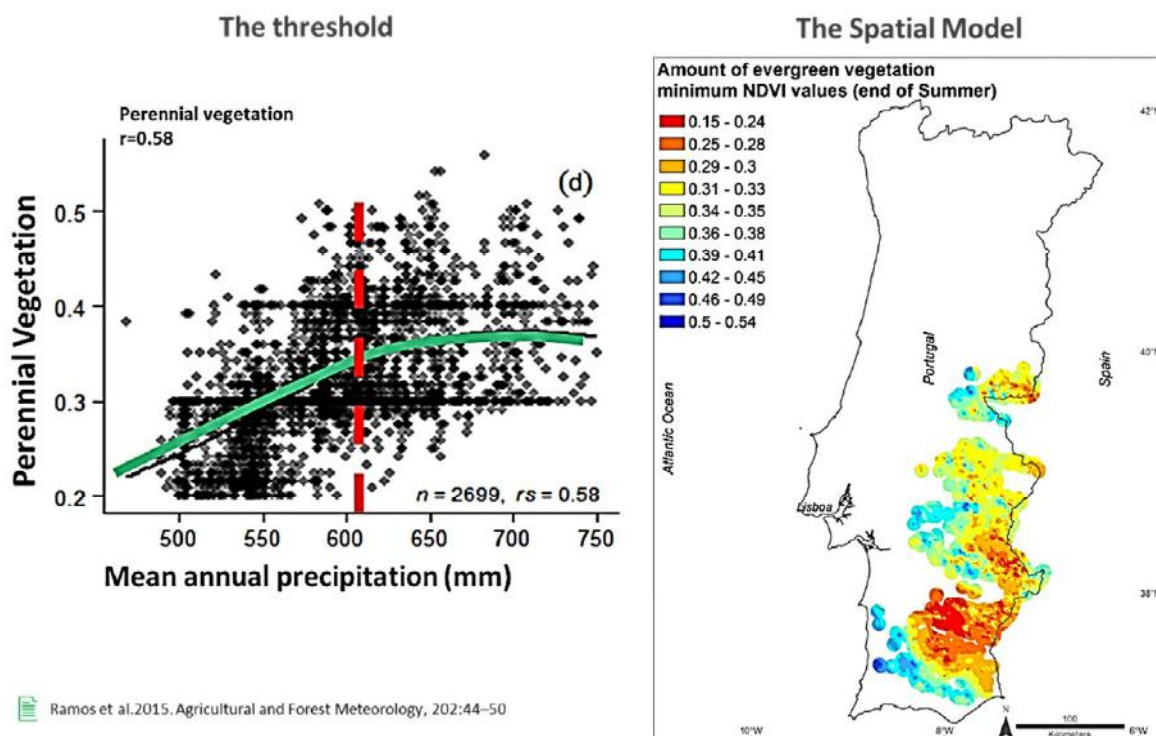


### Limiares críticos nas terras secas em Portugal

No montado, um dos limiares críticos que é mais facilmente reconhecível, é o do montado aberto com pasto que se transforma numa situação com domínio de “matos”, nomeadamente estevais ou sargaçais (predomínio de *Cistus sp.*), que se tornam muito difíceis de controlo, devido ao aumento da quantidade de solo nu e da redução da densidade de árvores.

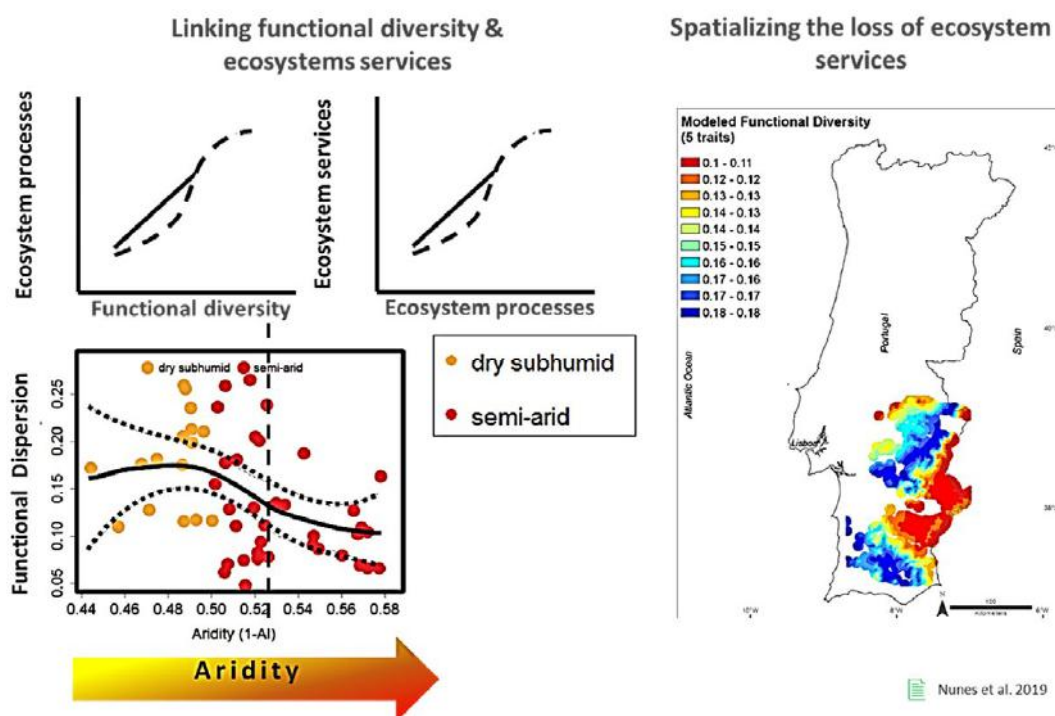


Tendo em consideração as médias de precipitação entre os anos 60 e 90, representativa do território, e a percentagem de vegetação perene (sobretudo cobertura arbórea) nas inúmeras variáveis que podem afetar os montados de azinho, associados à gestão (boa ou má) e às condições ambientais (encostas a sul ou norte, melhor ou pior solo, etc.), verificou-se que, a baixo de um limiar de precipitação de 600 mm ano, a densidade de cobertura arbórea, reduzia consideravelmente.



Esta redução, a partir daquele limiar, verificou-se independentemente da gestão e das restantes condições ambientais, constatando-se como uma limitante ecológica, em resposta à disponibilidade hídrica. Importa assim, perceber que ecologicamente a densidade arbórea relaciona-se diretamente com a precipitação e que para valores de 400mm médios, comparativamente com valores acima de 600mm, a densidade será sempre inferior. Independentemente desta limitação, é importante explorar as melhores formas e práticas de potenciar a produtividade em sistemas com maior índice de aridez.

Relativamente à biodiversidade, analisado na perspetiva das pastagens permanentes associadas aos montados de azinho, constata-se que a partir do limiar de aridez 0.52, que há uma grande perda dos serviços de ecossistema.



A perda acontece, não só na biodiversidade (diversidade de espécies) como na diversidade funcional (diversidade de espécies que fazem as mesmas funções, como leguminosas, gramíneas, etc.), o que reforça a quebra dos serviços prestados.

### A regeneração natural



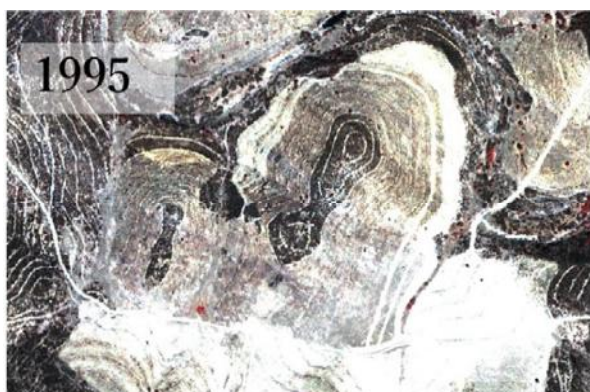
Durante a campanha de trigo (1929-1949), foram desflorestadas inúmeras áreas para as produções de culturas cerealíferas. Uma das áreas onde isto aconteceu, com pouco sucesso a nível de produção, foi a Herdade da Contenda em Moura, com 5.270 ha.

Desde o abandono agrícola (anos 50-60) que têm surgido vários esforços de reflorestação.

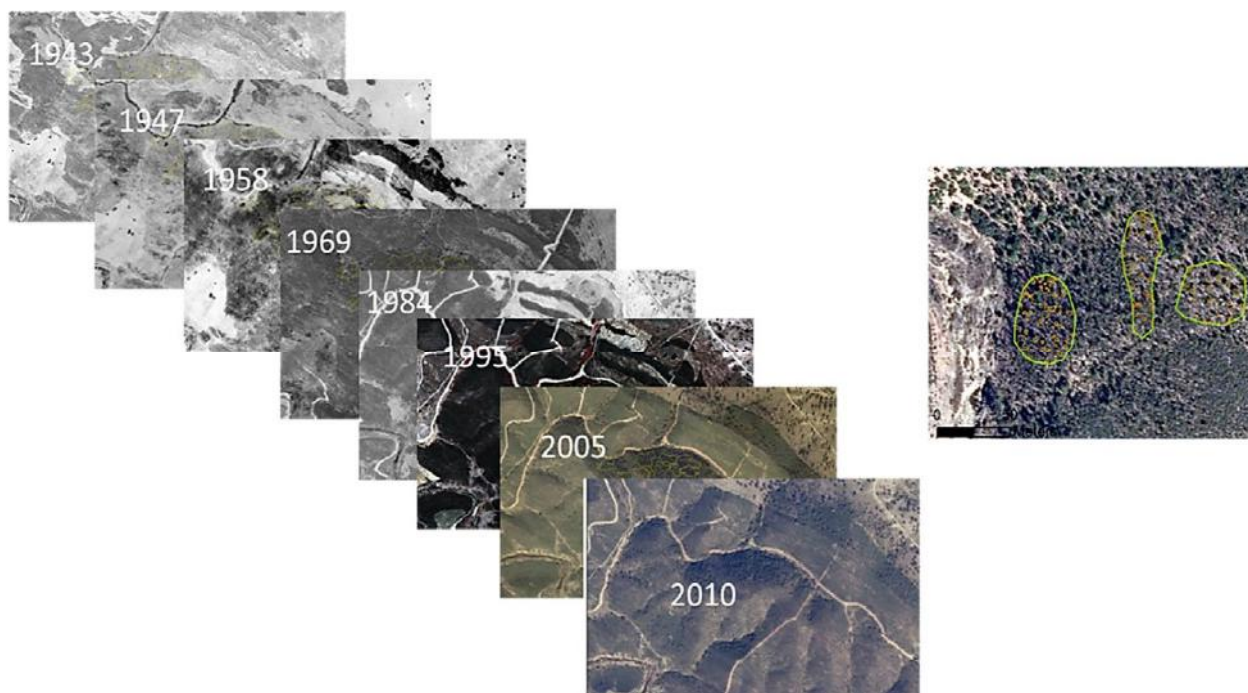




Os custos destas reflorestações foram de aproximadamente 60 000 €, tendo o sucesso sido muito baixo, de uma forma geral.

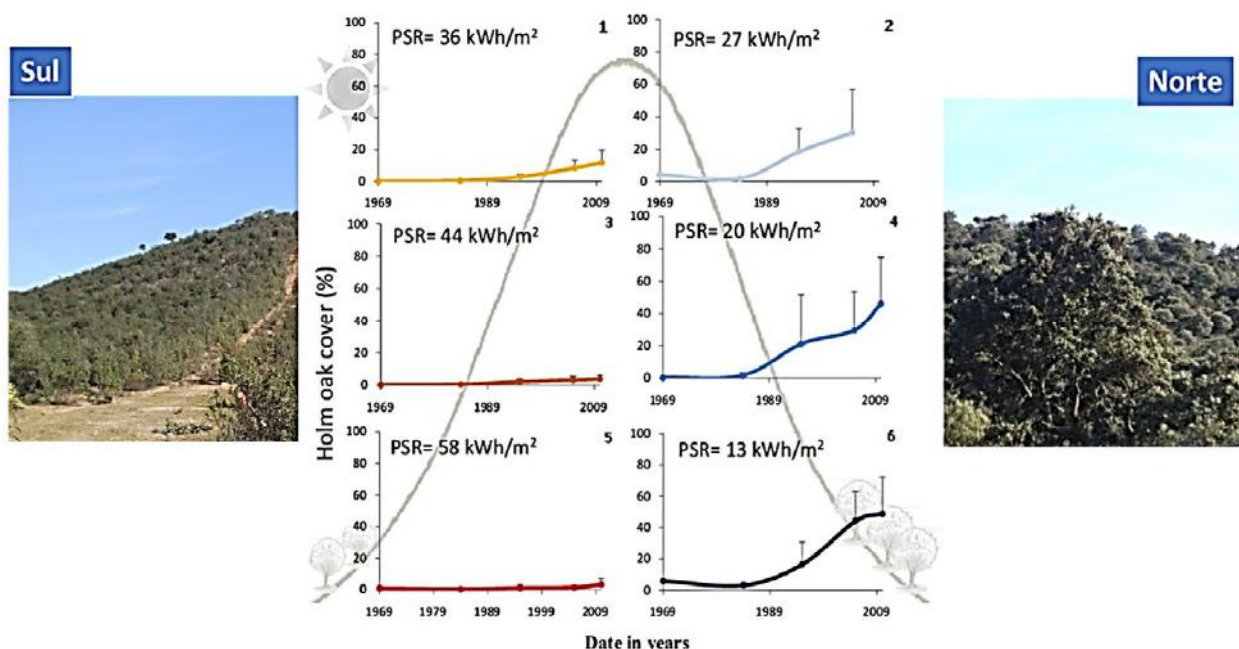


A fotointerpretação de uma série temporal de 67 anos (1943 – 2010), numa área de “reserva” que não foi alvo de reflorestações, permitiu tirar algumas conclusões sobre a forma como a regeneração natural, se comportaria nessa área. Este estudo incidiu sobre a regeneração das azinheiras, com porte arbóreo, ao longo de todo esse período.



## **A importância do microclima na regeneração natural**

Com base na informação do cálculo da densidade e cobertura das árvores, foi possível compreender uma correlação entre a topografia e a regeneração natural, que se ilustra nos gráficos em baixo.



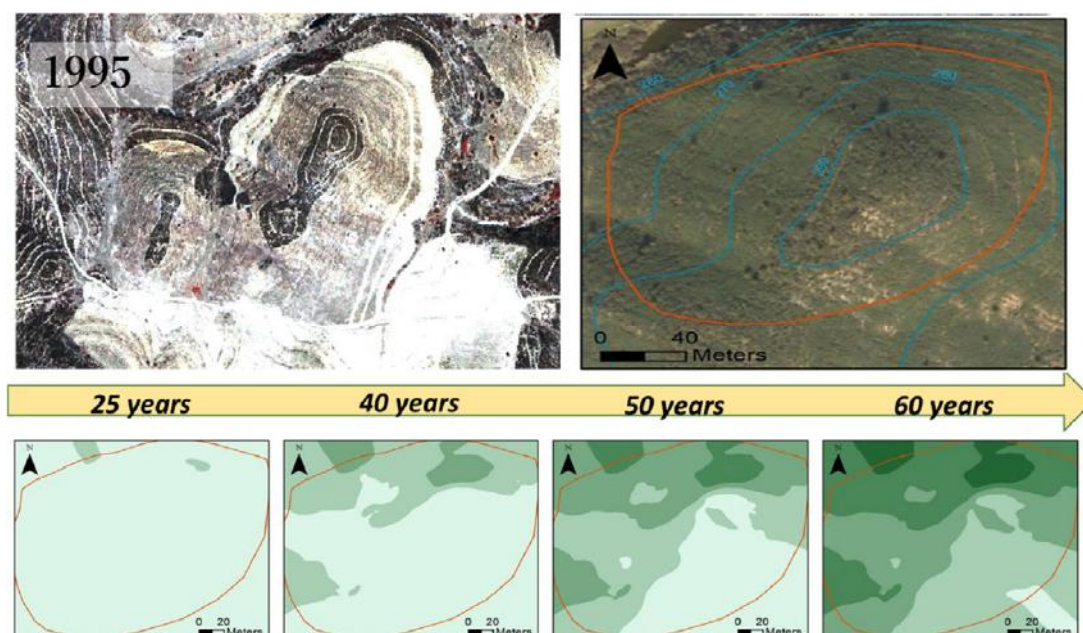
O modelo matemático desenvolvido, comprova que, independentemente da variabilidade de solos, de anos de maior ou menor precipitação, de eventos extremos, entre outros fatores ambientais, uma variável, a quantidade de radiação solar, explica a distribuição da cobertura arbórea.

Neste ensaio, na Contenda, tendo por base o mesmo ponto de partida de completa desflorestação, em 20 anos o lado virado a norte, conseguiu desenvolver um coberto arbóreo denso, enquanto o lado virado a sul, corresponde sobretudo a esteval, com pouca ou nenhuma presença de regeneração de azinheira.

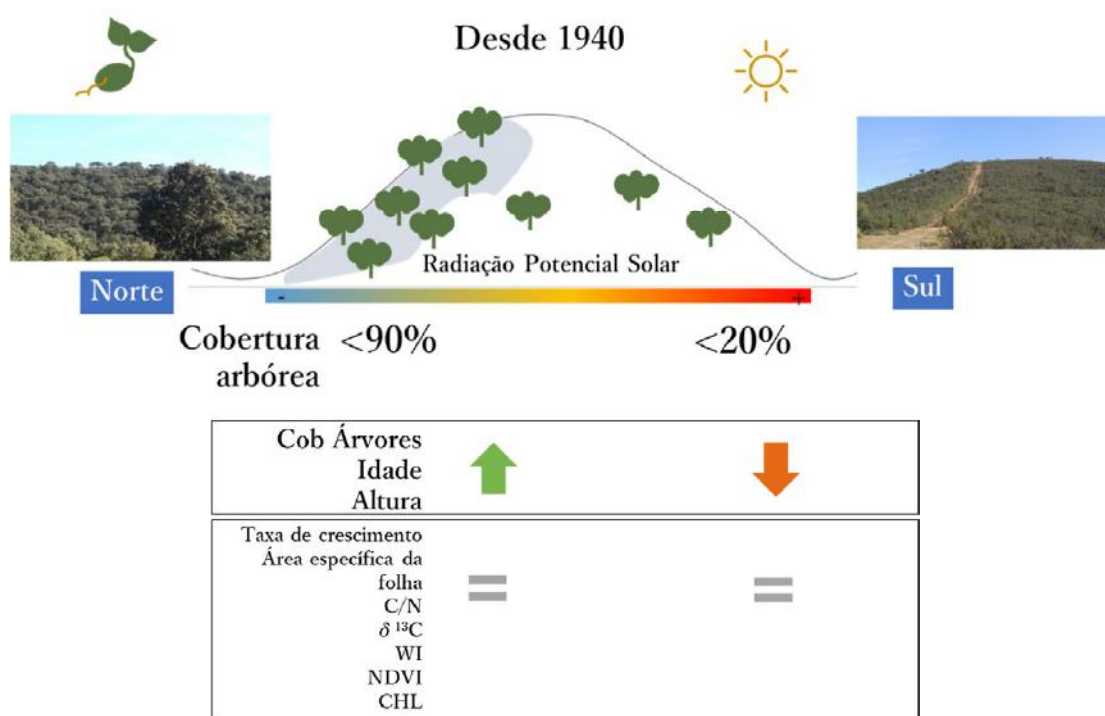
Uma das conclusões que se retira desta análise é a da importância do microclima para a regeneração natural. Quanto maior a radiação solar, maior a temperatura e maior evapotranspiração, existindo um clima de maior aridez. Numa encosta virada a norte, a radiação será menor e a humidade disponível maior, sendo ainda reforçado este efeito de microclima, há medida que a vegetação aí se desenvolva e volta a formar um bosque.

Aplicou-se o modelo matemático noutra área com grande relevo de topografia, que tinha sido desflorestada. As imagens da previsão (imagens em baixo) mostram as áreas de verde mais escuro, como as áreas com potencial de maior sucesso de regeneração, o que se comprova na fotografia aérea (fotografia em baixo à direita) como as áreas com maior coberto vegetal e presença de árvores.





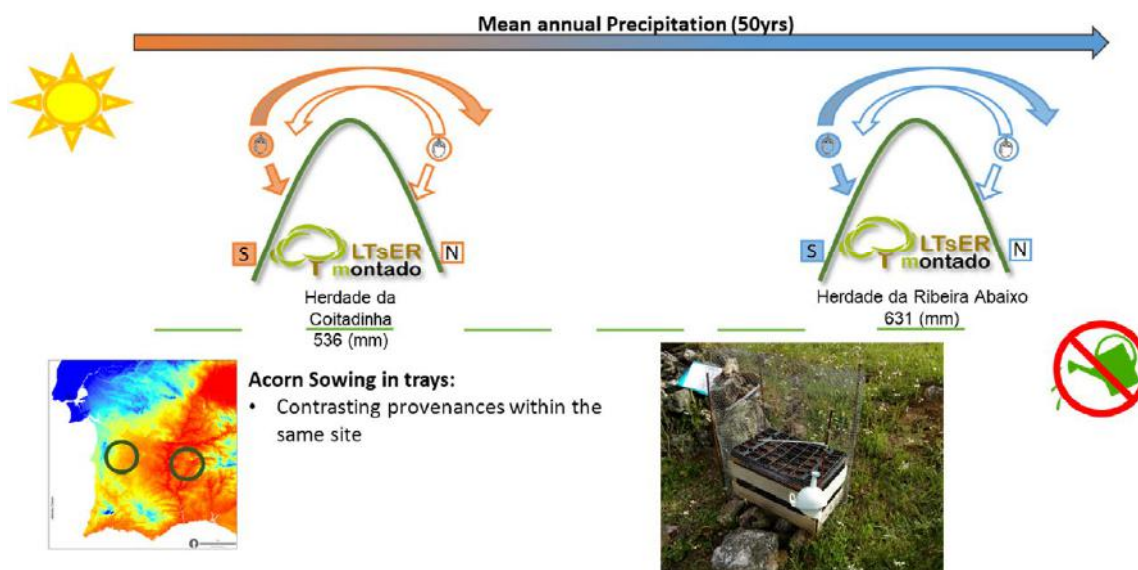
No modelo desenvolvido a Radiação Potencial Solar, explica a cobertura de árvores para um longo período. Este modelo tem em conta a importância do microclima na regeneração natural das florestas nas zonas semiáridas.



Na vertente norte, apesar da cobertura ser superior, da altura e idade das árvores também ser mais elevada, do que as na vertente sul, nos diferentes testes ecofisiológicos efetuados às plantas (ao nível da dimensão da folha, produção de clorofila, carbono, indicadores de stress hídrico, entre outros), não se verificaram diferenças significativas.

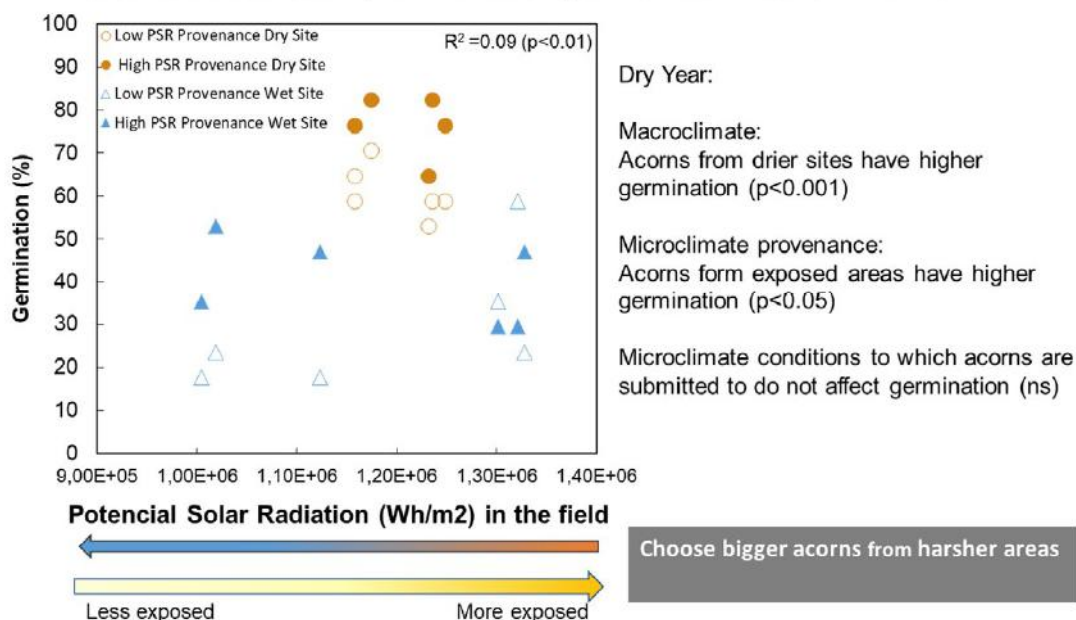
As árvores adultas, depois de bem instaladas, não apresentavam diferenças fisiológicas, independentemente de estarem na vertente sul ou norte. Apenas a nível ecológico se notavam diferenças.

## The influence of acorn provenance on germination: field conditions

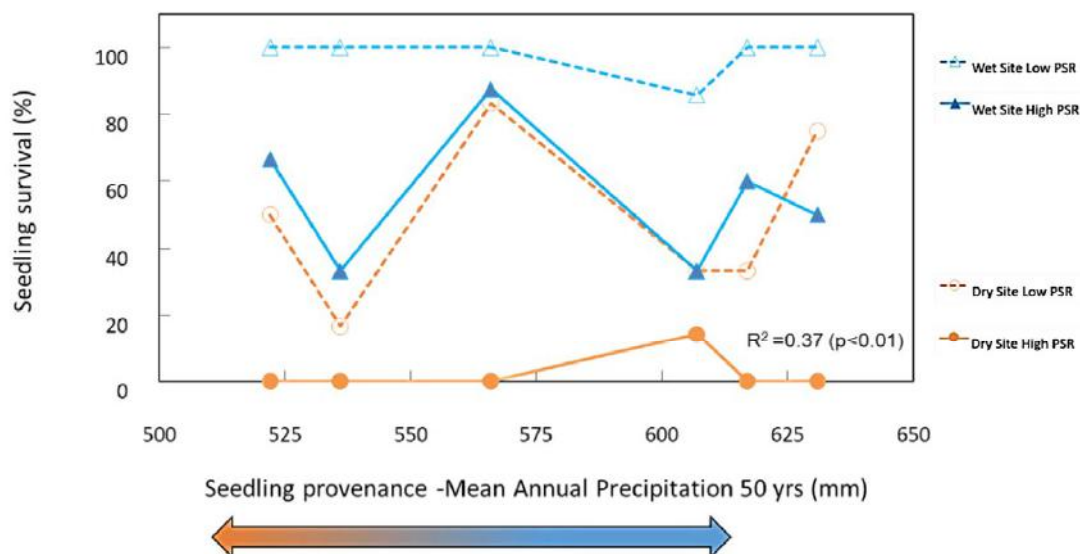


Para tentar perceber melhor como é que se justificavam as diferenças ecológicas (percentagem de cobertura e crescimento das árvores), apesar das semelhanças fisiológicas entre as plantas, foi desenvolvido um novo ensaio para analisar a germinação de bolotas de azinheira. Neste ensaio, recolheram-se bolotas em duas Herdades em climas distintos (Herdade da Coitadinha – interior mais árido – e Herdade da Ribeira Abaixo – litoral, com maior disponibilidade hídrica) e em cada uma dessas propriedades, nas vertentes declivosas a norte e a sul.

## The influence of acorn provenance on germination: field conditions



Logo à partida, verificou-se que as bolotas provenientes da propriedade com maior índice de aridez, tinham melhor taxa de germinação. Verificou-se também que as bolotas das encostas viradas a sul, com maior radiação potencial solar, não só germinavam melhor, como apresentavam maiores tamanhos e quantidades de açúcares.



**Macroclimate:** Survival is higher in wetter sites ( $p < 0.001$ )

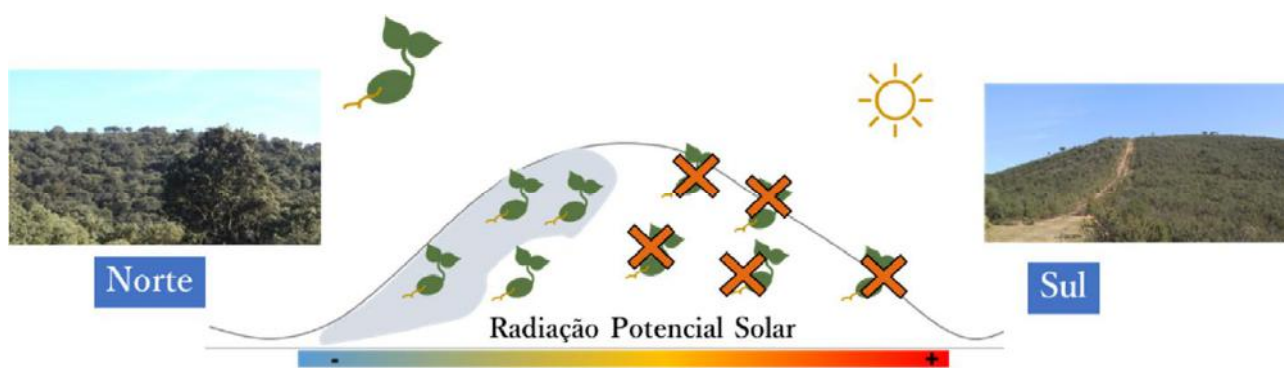
**Microclimate conditions:** Survival is greater in less exposed areas ( $p < 0.001$ )

**Survival** is not affected by macroclimate provenance (ns)

O mesmo ensaio incluiu a plantação de bolotas germinadas das vertentes sul nas vertentes norte e de bolotas das vertentes norte, nas vertentes sul. Neste caso, a taxa de sobrevivência, das plântulas instaladas, foi muito superior na propriedade com clima de maior disponibilidade hídrica e nas vertentes norte, com menor radiação potencial solar, de ambas as propriedades.



**A germinação não é afetada pelo grau de radiação potencial solar ou microclima.**





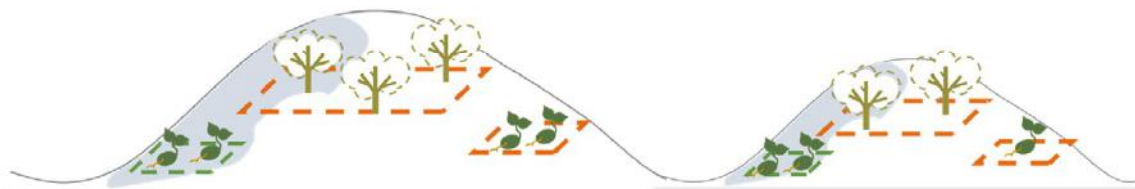
**Mas o estabelecimento das plântulas depende.**



## Forest management at local scale

Local-scale factors should be included in to model the potential of productivity, mortality and regeneration

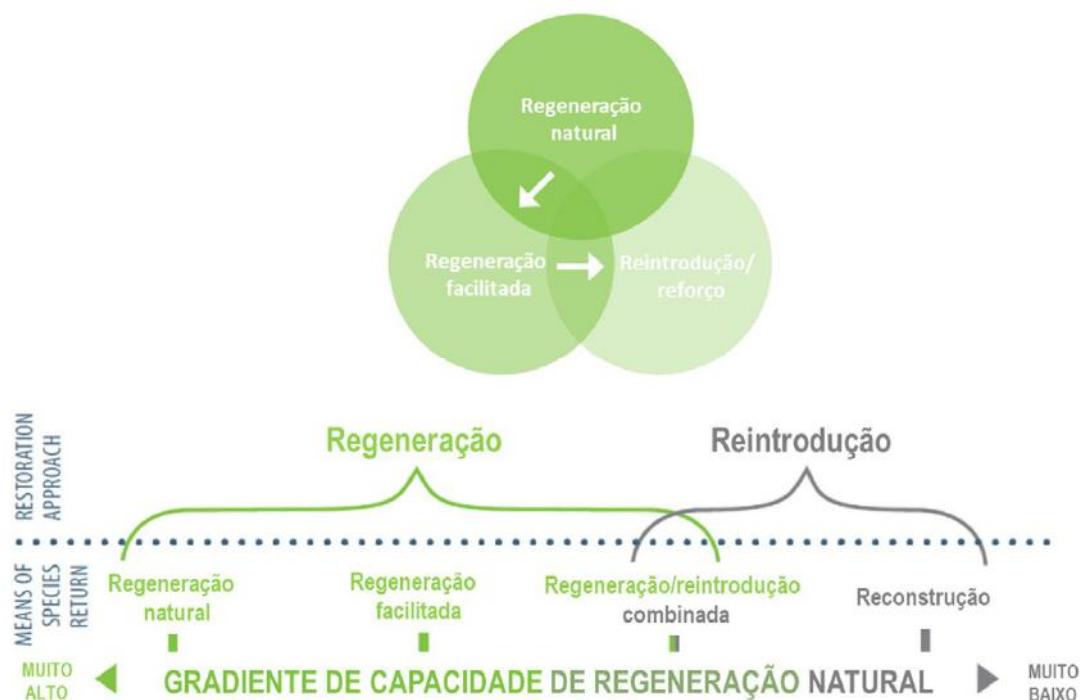
 High probability of tree mortality  
 High probability of tree survival



Increase the precision management on restoration planning in drylands forests

Concluiu-se com esta análise, que é necessário fazer uma gestão de precisão da floresta, gerindo os esforços e os investimentos de forma informada e consciente.

Em territórios de climas com maior humidade, bastará deixar a regeneração arbórea crescer naturalmente, seleccionando posteriormente os elementos a manter ou desbastar. Em territórios de climas mais áridos, não deve deixar de se intervir, mas deve sim assegurar-se as condições necessárias para a sobrevivências das jovens plântulas. Por exemplo: ajustando densidades; escolhendo bolotas ou plantas de proveniências próximas de condições semelhantes ou de maior aridez; e assegurando a rega nos primeiros 3 verões.

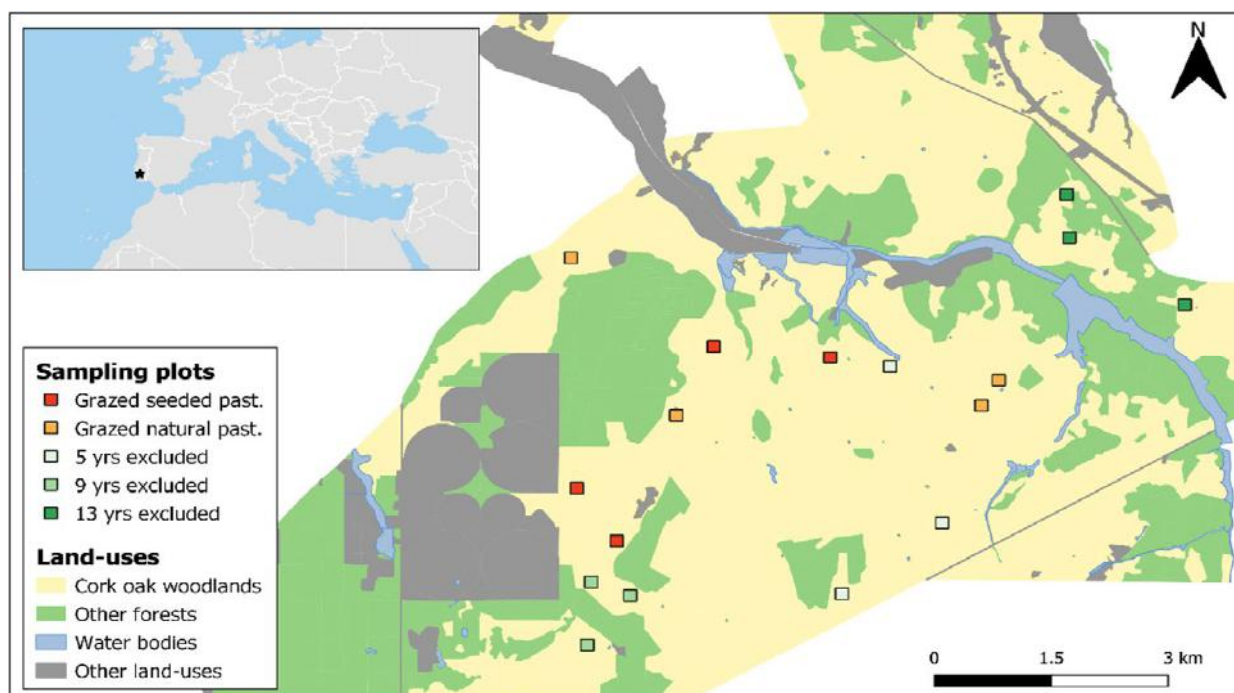


### **Restauro passivo**

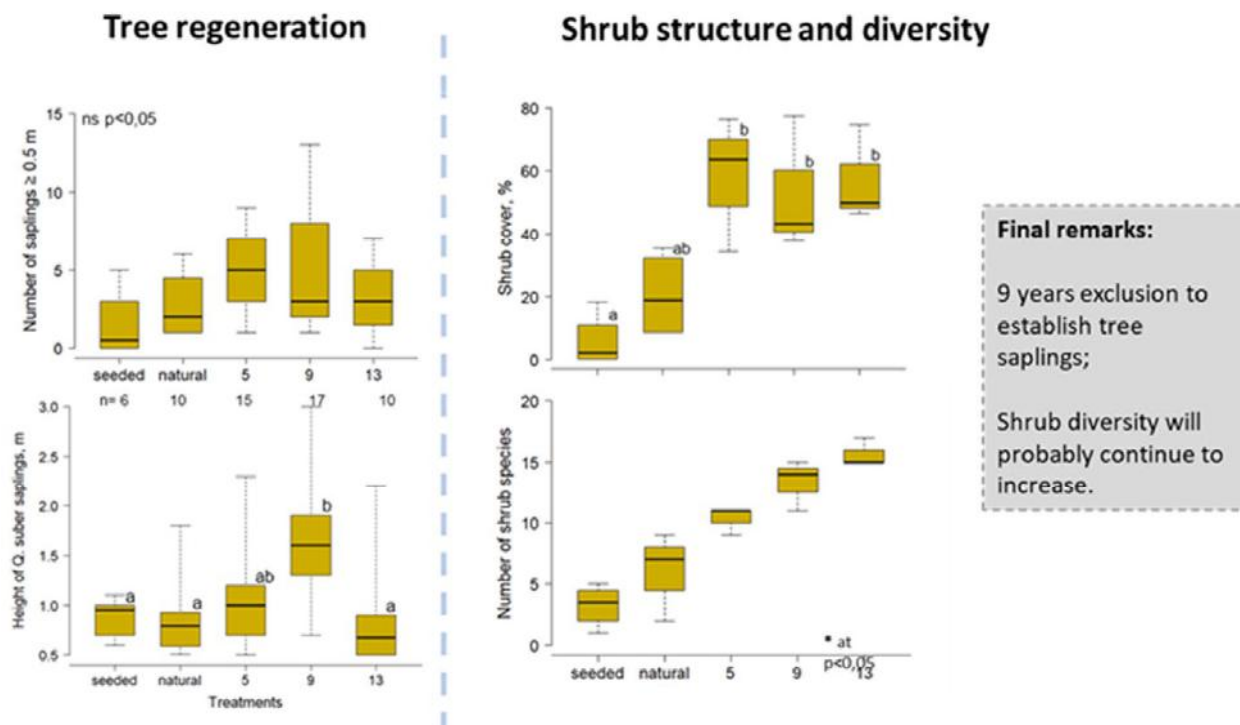
Noutro ensaio, na Companhia das Lezírias, estudou-se o restauro natural ou passivo, através da análise de zonas sem perturbação, nomeadamente, pela exclusão de pastoreio a 5, 9 e 13 anos, por comparação com uma área de controlo ainda pastoreada.



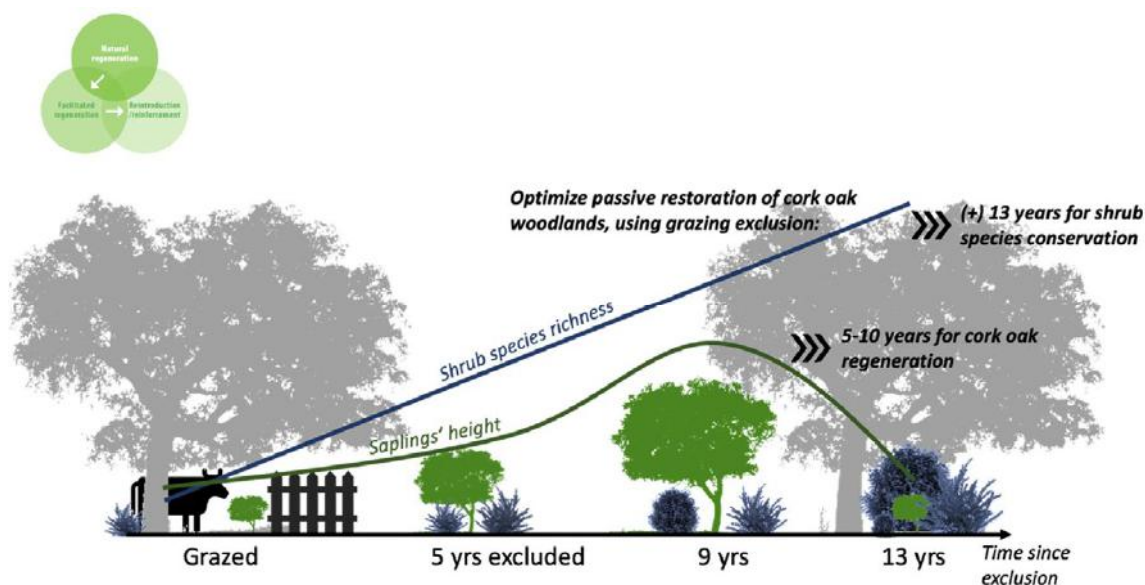
Do ponto de vista da cobertura do solo e da biodiversidade, nomeadamente diversidade de espécies arbustivas, verificou-se um aumento continuado com o aumento do tempo de exclusão.



Relativamente à germinação da regeneração arbórea, as diferenças não foram assim tão significativas em nenhuma das áreas, sendo que relativamente ao estabelecimento das plântulas, notou-se um maior crescimento na área de 9 anos de exclusão, sendo que na de 13 anos, a maior densidade arbórea já inibia o crescimento de nova regeneração.



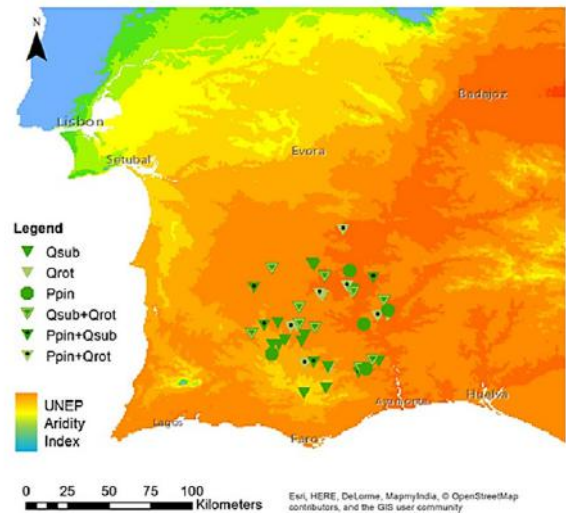
Verifica-se assim que nesta situação específica de montado de sobro, o ciclo de 9 anos de exclusão de pastoreio é o ideal para o estabelecimento da regeneração arbórea do montado.



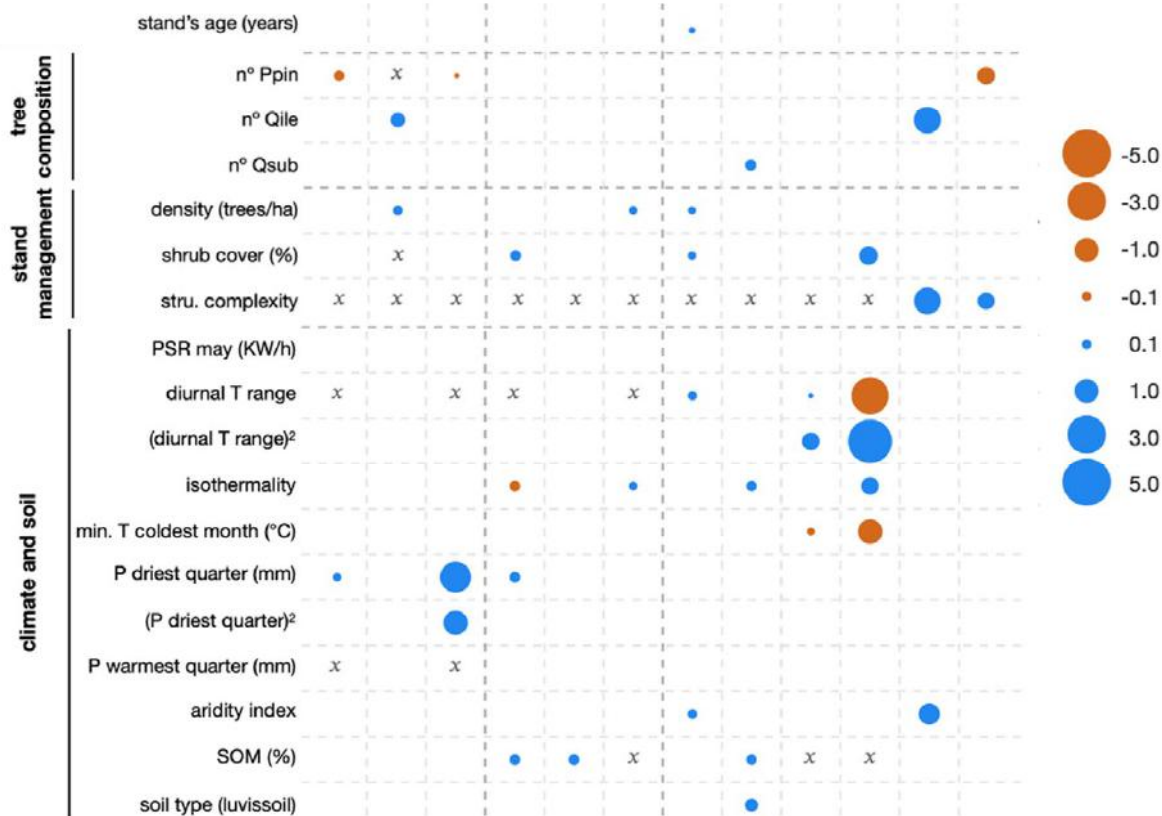


Restauração ativa

No seguimento de diferentes plantações, no interior sul do Alentejo, de sobreiro (*Quercus suber*), azinheira (*Quercus rotundifolia*) e pinheiro-manso (*Pinus pinea*), em povoamentos puros ou mistos, foi feita uma avaliação dessas áreas, 30 anos após a instalação.



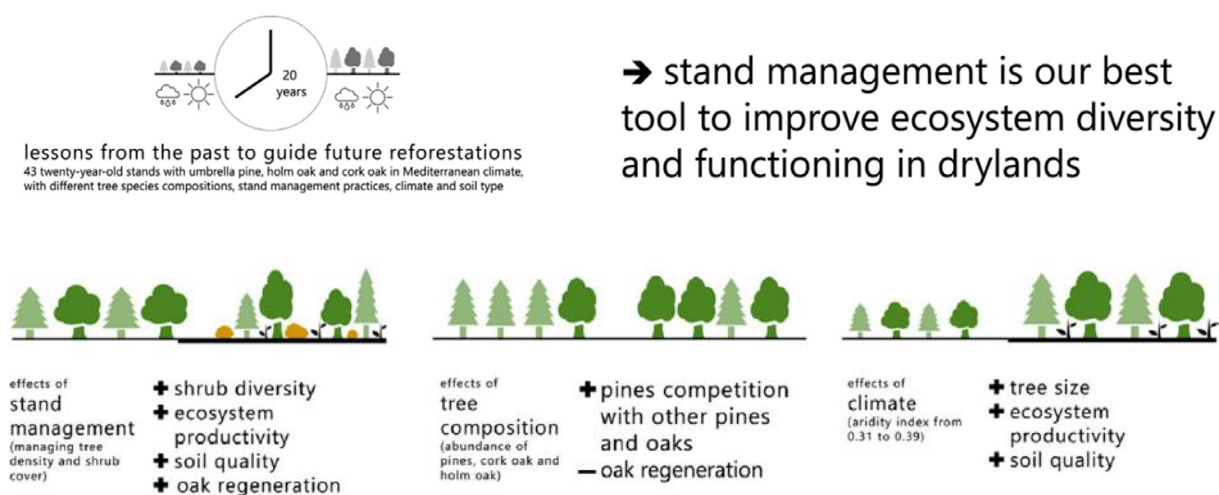
	tree size			ecosystem diversity and structure			ecosystem function				
	DBH Ppin (cm)	DBH Qile (cm)	DBH Qsub (cm)	n° sp	sp div	stru comp	NDVI	tree biom (kg d.m.)	SOM (%)	soil C/N	oak regener. presence counts
N	15	21	27	43	43	43	44	43	44	44	43
Macfadden's R²	0.73	0.54	0.67	0.49	0.29	0.23	0.59	0.57	0.43	0.63†	1.93†



Resumo dos modelos selecionados para os indicadores de tamanho das árvores, composição do ecossistema, estrutura e função. Os círculos representam os coeficientes padronizados estimados, vermelho para os coeficientes negativos e azul para os positivos.

A análise dos dados desta avaliação, permitiu compreender algumas conclusões relevantes sobre as intervenções, destacando-se entre outras:

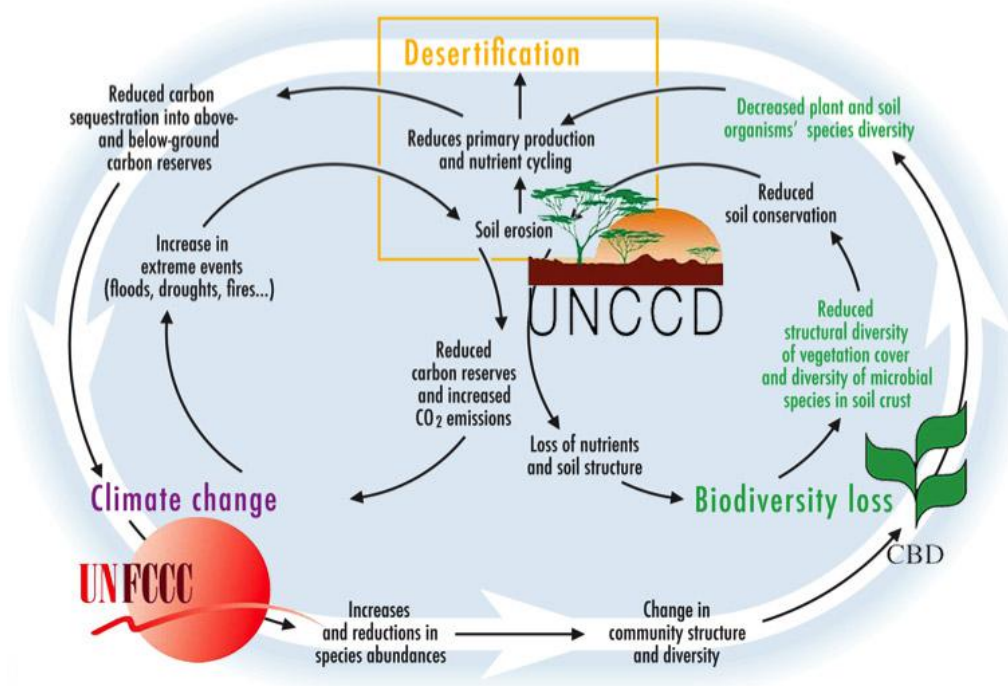
- Nas plantações de pinheiro a **densidade foi demasiado elevada**, criando problemas de competição por recursos, não se notando também quaisquer benefícios nas plantações de pinheiros intercalados com outros *Quercus* para o crescimento destas árvores, ou para a regeneração natural;
- Pelo contrário, a **maior densidade** nas plantações de azinheira, foi **benéfico** para a sua performance. Verificou-se que esta espécie autoalimenta-se entre plantas, apresentando uma **relação positiva entre elementos da mesma espécie**, favorecida pela maior proximidade/densidade;
- Comprovou-se também que quanto **maior a cobertura de arbustos e complexidade estrutural** (quantidade de arbustos e diversidade de alturas), maior a regeneração arbórea das áreas de montado, o número de espécies, a produtividade e o armazenamento de carbono no solo.



### A Floresta como estratégia de mitigação e de adaptação às alterações climáticas

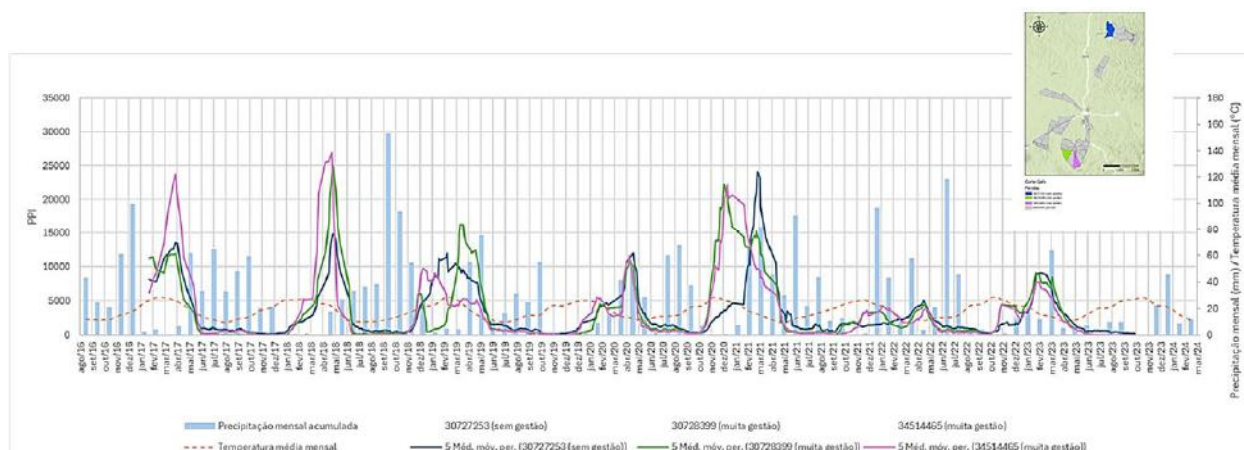
A florestação é uma das principais armas para reduzir os efeitos da desertificação. Debaxo da copa das árvores cria-se um microclima que pode ter 4º C ou mais de diferença, ajudando a reduzir o albedo, a manter a humidade e fixar carbono.

A sombra é também benéfica para o gado, havendo estudos que comprovam que melhora o metabolismo e reduz o stress, relativamente a situações de constante exposição solar.



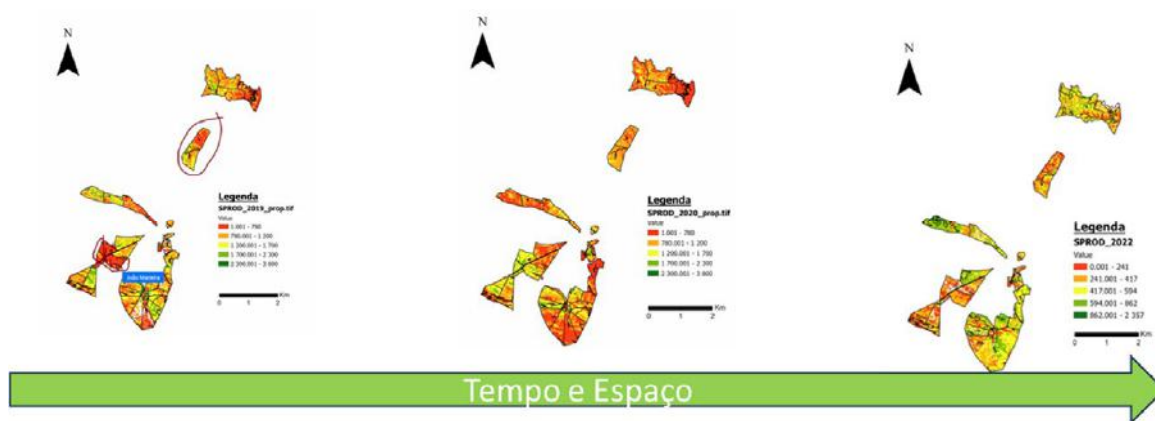
## Gestão de Precisão

No exemplo em baixo, demonstra-se o acompanhamento de diferentes parcelas do proprietário João Madeira (Mértola), tendo em conta a evolução da produtividade e a comparação com a temperatura e precipitação média.



A linha a verde corresponde a uma parcela de montado, e a rosa e a azul-escuro a parcelas de pastagem (na parcela rosa foram feitas sementeiras em 2017 e 2018 e na parcela azul-escuro em 2021).



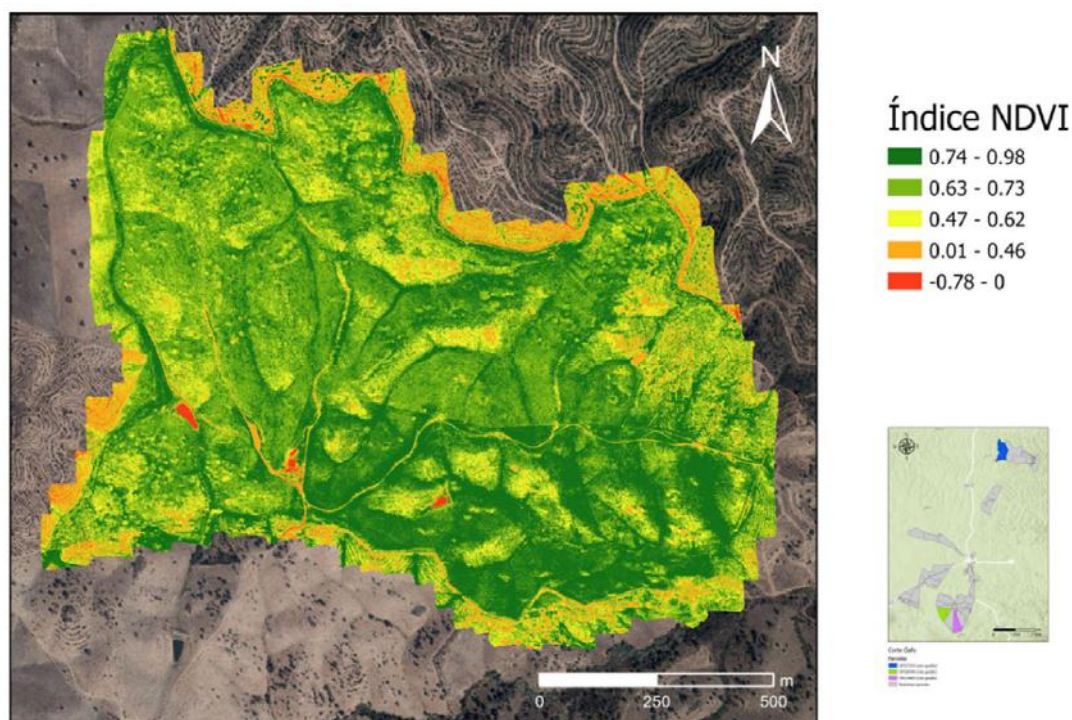


Esta informação permite perceber e prever a produtividade por parcela, ajudando na tomada de decisão e na aplicação de melhores práticas, no espaço e no tempo, para uma gestão de precisão.



Fotografias demonstrativas dos trabalhos de análise em campo. O trabalho incorpora ainda dados conseguidos através de voos de drone.

Na imagem em baixo, o resultado duma análise de produtividade, numa das propriedades sob gestão da Sociedade Agrícola Vargas Madeira, em Mértola, em que é possível perceber onde se encontram as zonas de maior potencial (zonas baixas e de vertentes voltadas a norte).



### Mensagens a Reter

- A produtividade das zonas semiáridas é limitada pela disponibilidade de água.
- As zonas semiáridas em Portugal já aumentaram e irão ainda aumentar mais.
- É importante entender os efeitos das alterações climáticas nos ecossistemas e de como isso depende da resiliência de cada sistema.
- Em resposta à baixa produtividade, à elevada mortalidade e à baixa regeneração natural é fundamental **promover o restauro ecológico**.
- A regeneração natural demora muito tempo e depende do microclima.
- O restauro passivo pode ser aplicado sempre que é fácil retirar a origem da perturbação no sistema.
- O restauro ativo é custoso e os seus resultados a longo prazo raramente são avaliados.
- As coníferas (pinheiros) não apresentaram vantagens relativas aos carvalhos (sobreiros e azinheiras) do ponto de vista da multifuncionalidade.
- A **gestão** que é feita das reflorestações determina muitos dos resultados obtidos.
- Muitas reflorestações mais antigas podem agora melhorar a sua multifuncionalidade.
- A regeneração natural, o restauro passivo ou ativo, serão muito mais difíceis no futuro.
- A floresta e os **bosques mediterrânicos** são uma importante estratégia de mitigação e de adaptação às alterações climáticas sobretudo em ambientes semiáridos.
- A promoção da eficácia da regeneração das florestas e bosques nativos nos ambientes semiáridos contribuí para vários Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e para as três Convenções das Nações Unidas: Conservação da Biodiversidade, Combate à Desertificação e Alterações Climáticas.



# Recomendações para uma Gestão Adaptativa do Montado

Carla Nogueira – UNAC

[geral@unac.pt](mailto:geral@unac.pt)

[cnogueira.consultoria@gmail.com](mailto:cnogueira.consultoria@gmail.com)



## Introdução

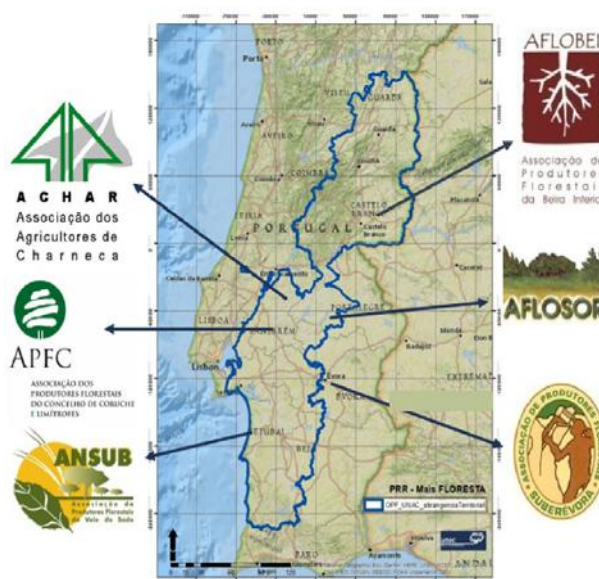
A UNAC representa os interesses dos produtores florestais do espaço mediterrânico português junto das instituições nacionais e europeias, através de uma estratégia de intervenção de cariz técnico-político.

Engloba 6 Organizações de Produtores Florestais, uma área de intervenção de **2 milhões ha**, representando os sistemas agroflorestais cerca de **700.000 ha**.

### Desenvolve atividades nas áreas de:

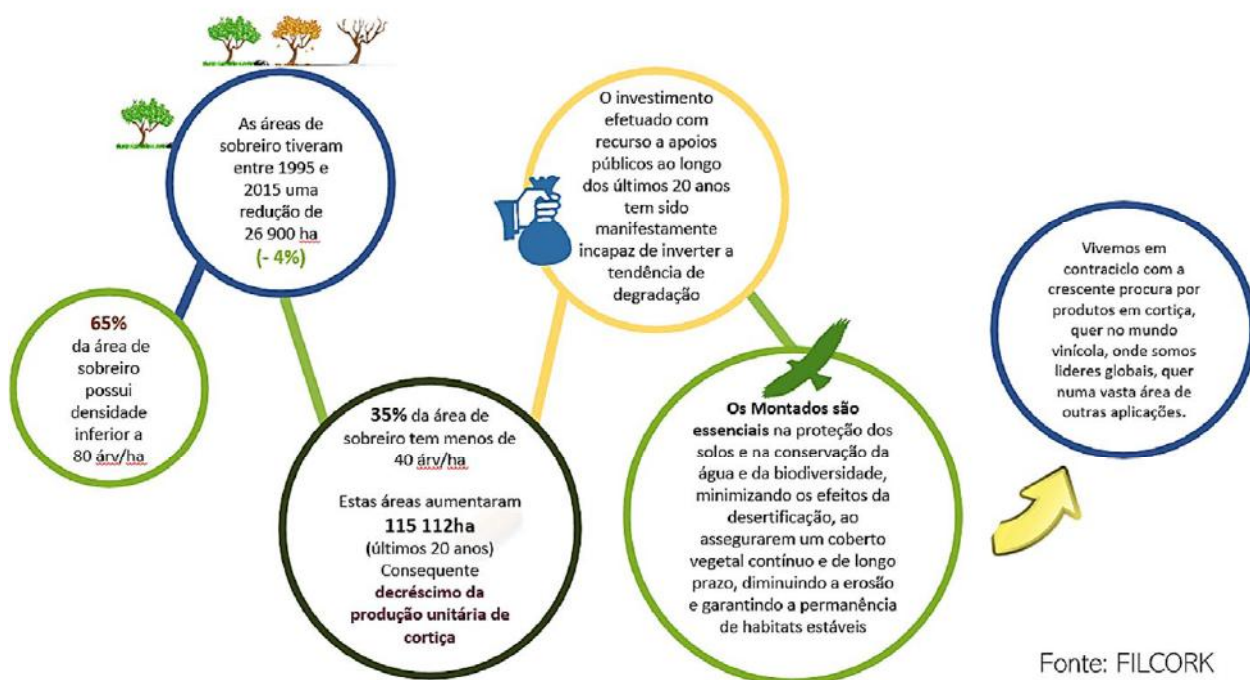
- Lobby.
- Assistência técnica às organizações filiadas.
- Coordenação e desenvolvimento de projetos.
- Investigação, inovação e transferência de conhecimento.
- Comunicação.

A UNAC participa em vários projetos, muitos dos quais com uma importante componente de investigação e desenvolvimento. Nomeadamente, vários grupos operacionais (investigação mais aplicada) para encontrar respostas para alguns dos problemas identificados na Agenda 3i9:



- Nutrição
- Pragas e Doenças
- Sistemas em Stress
- Uso múltiplo
- Desenvolvimento Rural





## Contexto

Todos os fatores elencados no infográfico acima originam um ciclo de consequências:

- Perda de vitalidade dos sobreiros;
- Quebra do potencial produtivo dos montados;
- **Perda de rentabilidade do sistema produtivo primário\***;
- Desequilíbrio entre a procura, em crescimento, e a oferta de cortiça, em quebra;
- Sustentabilidade do sistema ameaçada numa parte considerável da área de produção.

\* As duas principais causas de perda de rentabilidade do sistema produtivo primário são a mortalidade de sobreiros e a desvalorização comercial da cortiça.

Neste caso concreto apenas se considera a perda de produção de cortiça, que é o principal produto do montado, não entrando em linha de conta com o vasto conjunto de serviços disponibilizados pelo montado.



## Mortalidade de Sobreiros

De acordo com o histórico de pedidos de abate da região de Lisboa e Vale do Tejo – APFC (Associação de Produtores Florestais do Concelho de Coruche e Limítrofes), o valor médio é de 0,5 a 1 árv/ha, com valores extremos de 1,5 a 2 arv/ha, associados a anos de seca (ou um acumular de anos secos).

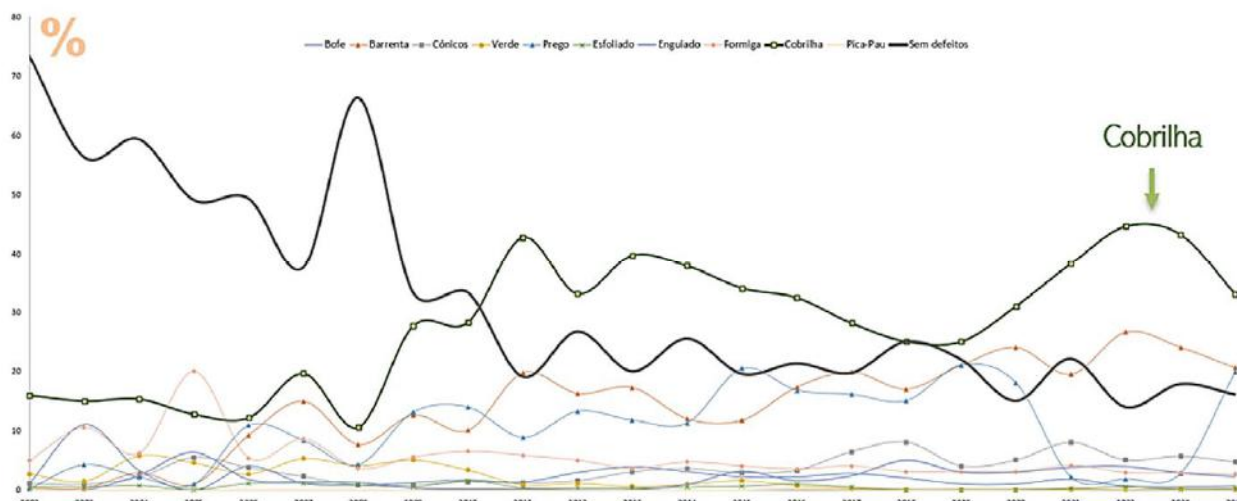
Através dos dados abaixo, é possível perceber o impacto da mortalidade dos sobreiros no retorno económico das explorações pela cortiça que deixa de ser extraída:



## Desvalorização Comercial da Cortiça

Uma das principais das principais causas da desvalorização comercial da cortiça é cobrilha da cortiça *Coroebus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) uma das pragas mais preocupantes dos montados da Península Ibérica. Os ataques de cobrilha diminuem a qualidade da cortiça e ataques repetidos e intensos podem debilitar a árvore.

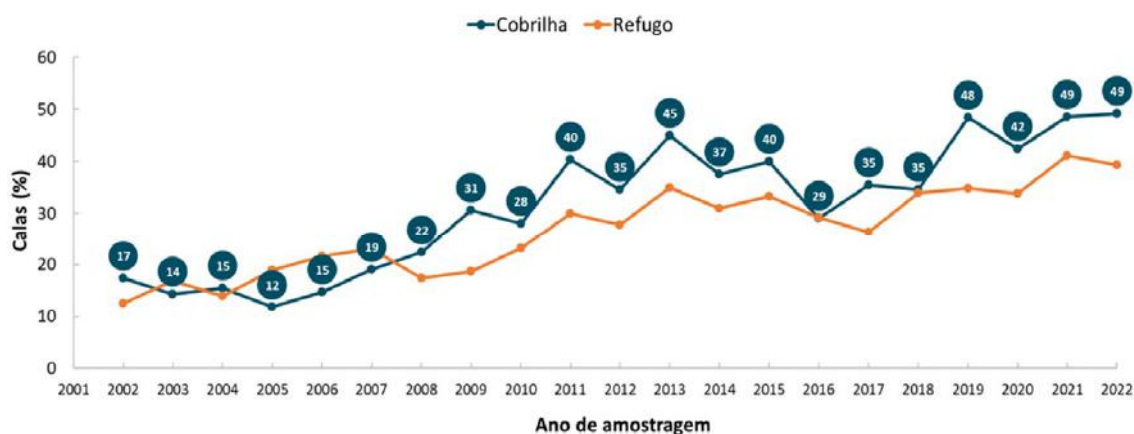




Fonte: APFC, 2024

Gráfico desenvolvido com base nos dados históricos de amostragem de calas de cortiça realizada pela Associação de Produtores Florestais de Coruche e Limitórfes (APFC). Esta amostragem é normalmente realizada no ano anterior ao descortiçamento e permite ao proprietário conhecer melhor a qualidade/calibre da sua cortiça, tendo assim uma melhor base de negociação do preço da sua cortiça.

O gráfico mostra a percentagem de calas com vários tipos de defeitos (formiga, pica-pau...). A linha a azul-escuro, com tendência de decréscimo, representa a percentagem de calas sem danos. A verde a percentagem de calas com defeito devido à atividade da cobrilha. Embora com algumas flutuações, a percentagem de calas com defeitos devido à cobrilha, apresenta uma tendência crescente ao longo do tempo e a maior parte dos danos identificados são devido à atividade da cobrilha. No entanto, de referir que os dados não representam amostragens realizadas sempre nos mesmos locais.



Fonte: APFC, 2022

Ao aumento da percentagem de calas com defeitos devido à atividade da cobrilha está associado um aumento da percentagem de calas de cortiça que são classificadas como refugo e, portanto, com menor valor económico. Dados das últimas duas décadas colocam o valor das perdas numa média compreendida **entre 9 e 12 milhões de euros por ano.**



### Como tentar reduzir o risco de ataque da cobrilha?

No âmbito do projeto **GO UNDERCORK** foram analisadas as variáveis ambientais que potencialmente afetam a intensidade de ataque da cobrilha da cortiça e foi feito o mapeamento através da extrapolação espacial da intensidade de ataque nas áreas de distribuição de sobreiro em Portugal. Para produzir a carta de risco para a cobrilha da cortiça, foi selecionado um conjunto de variáveis, que de acordo com a bibliografia eram passíveis de afetar a intensidade de ataque da cobrilha da cortiça:

- Abundância de aves insetívoras com maior potencial de consumo de cobrilha da cortiça ou de insetos similares, nomeadamente pica-paus, picanços, chapins e trepadeiras
- Altimetria
- Tipo de subcoberto
- Tipo de solo
- Condições climatéricas

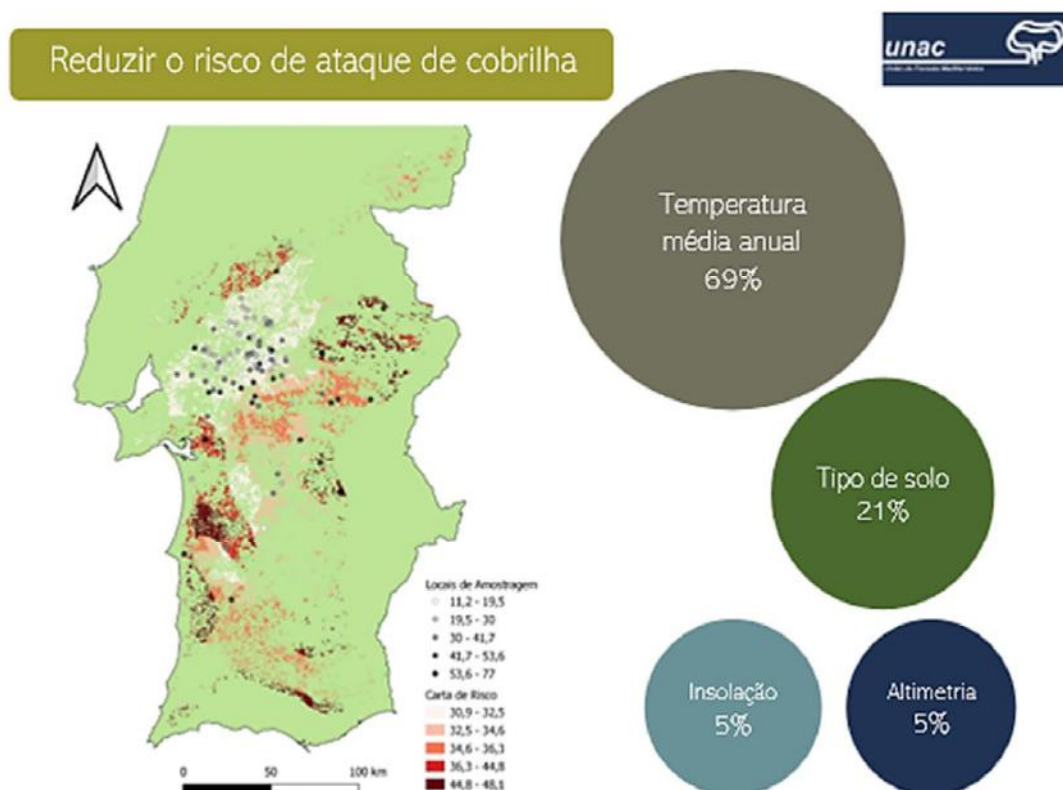
De acordo com o modelo as variáveis mais importantes para a variação da intensidade de ataque intensidade de ataque foram: temperatura média anual com 69% do peso explicado pelo modelo, tipo de solo com 21%, insolação média anual com 5% e altimetria com 5%.

A intensidade de ataque foi superior nos locais com:

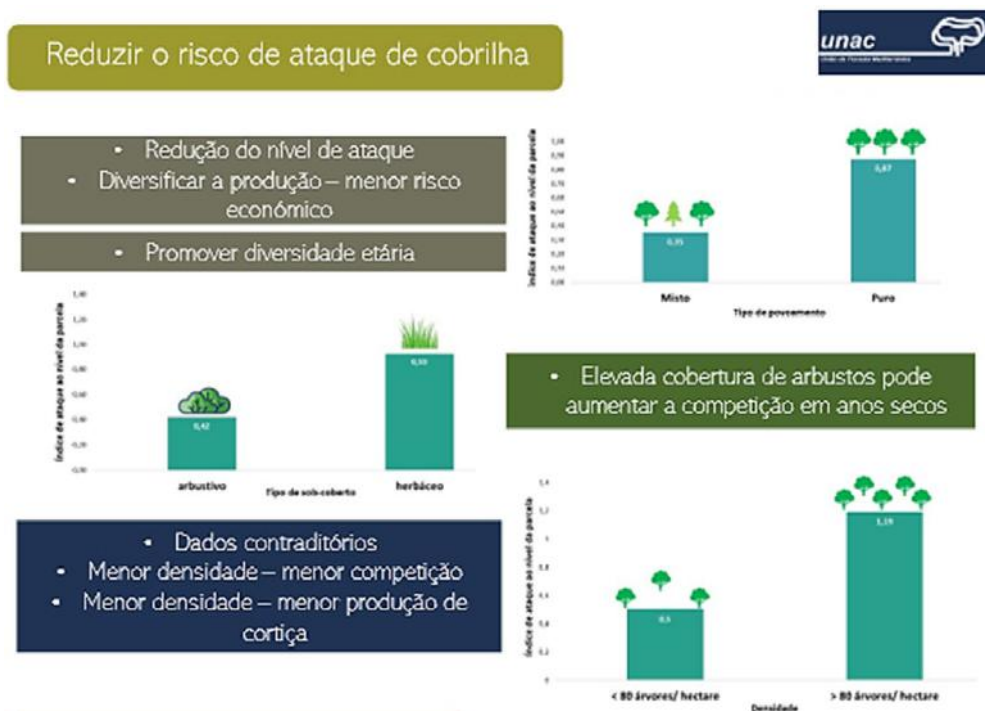
- temperatura média anual entre 16,0 e 17,5°C, face aos locais com temperaturas médias mais baixas.
- altitude entre 200-400 m, comparativamente a cotas mais baixas.

A intensidade de ataque foi inferior nos locais com:

- solos do tipo podzois, face a outros tipos de solo.
- insolação média anual entre as 2700 e 2800 horas comparativamente aos locais com mais horas de insolação.



Fonte: Carta de Risco da Intensidade de Ataque da Cobrilha da Cortiça (*Coroebus undatus*), 2023, UNAC. Disponível em: [https://unac.pt/images/Carta\\_de\\_Risco\\_da\\_Intensidade\\_de\\_Ataque\\_da\\_Cobrilha\\_da\\_Corti%C3%A7a\\_WEB.pdf](https://unac.pt/images/Carta_de_Risco_da_Intensidade_de_Ataque_da_Cobrilha_da_Corti%C3%A7a_WEB.pdf)



Fonte: Fatores de Incidência da Cobrilha da Cortiça (*Coroebus undatus* Fabr.), 2022, UNAC. Disponível em: [https://unac.pt/images/WEB\\_A4\\_MANUAL\\_T%C3%89CNICO\\_FATORES\\_DE\\_INCID%C3%8ANCIA\\_DA\\_COBRILHA.pdf](https://unac.pt/images/WEB_A4_MANUAL_T%C3%89CNICO_FATORES_DE_INCID%C3%8ANCIA_DA_COBRILHA.pdf)

De acordo com os dados do projeto GO UNDERCORK, os **povoamentos mistos apresentaram menor índice de ataque por cobrilha do que povoamentos puros**. Uma **maior diversidade de espécies de árvores** em povoamentos florestais pode melhorar o seu estado sanitário, reduzindo danos causados por pragas. A **presença de outras espécies de árvores em torno de uma espécie focal** pode levar a uma menor probabilidade do inseto encontrar a árvore hospedeira, devido à menor abundância de hospedeiros, e à maior dificuldade do inseto encontrar uma árvore adequada resultante de uma mistura de sinais químicos e visuais emitidos por árvores hospedeiras e não hospedeiras. Os **povoamentos mistos podem ainda favorecer uma maior abundância de inimigos naturais** (predadores e parasitoides) ao disponibilizarem habitats ou recursos alternativos, diminuindo assim as populações e os danos provocados por insetos.

A **presença de sobreiros com diferentes idades** poderá também contribuir para reduzir o nível de ataque, uma vez que, de acordo com trabalhos realizados em Espanha, os níveis de ataque em árvores jovens (com cortiça virgem) parece ser menor.

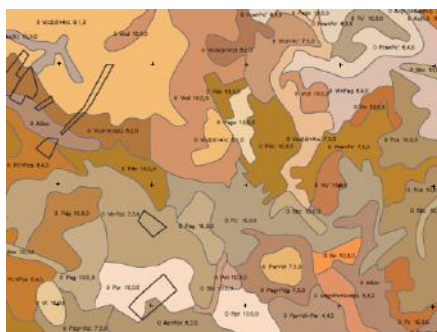
No âmbito do GO UNDERCORK a presença de arbustos no subcoberto não aumentou o índice de ataque por cobrilha ao nível da parcela, contrariamente ao observado no sul de Espanha onde foi observado um maior índice de ataque em povoamentos com estrato arbustivo abundante comparativamente a povoamentos com presença de vegetação herbácea. **A influência do tipo de subcoberto nos níveis de ataque da cobrilha é um dos aspetos mais controversos** da gestão dos montados em relação à cobrilha.

Na Andaluzia, no sul de Espanha, **povoamentos com maior densidade de árvores apresentaram um maior índice de ataque da cobrilha do que povoamentos menos densos**. Esta tendência pode ser explicada pela maior probabilidade de a cobrilha encontrar um hospedeiro adequado, diminuindo assim o tempo de procura e exposição a fatores adversos a que poderá estar sujeita, e/ou devido à ocorrência de condições ecológicas mais favoráveis ao desenvolvimento/sobrevivência nos povoamentos mais densos.

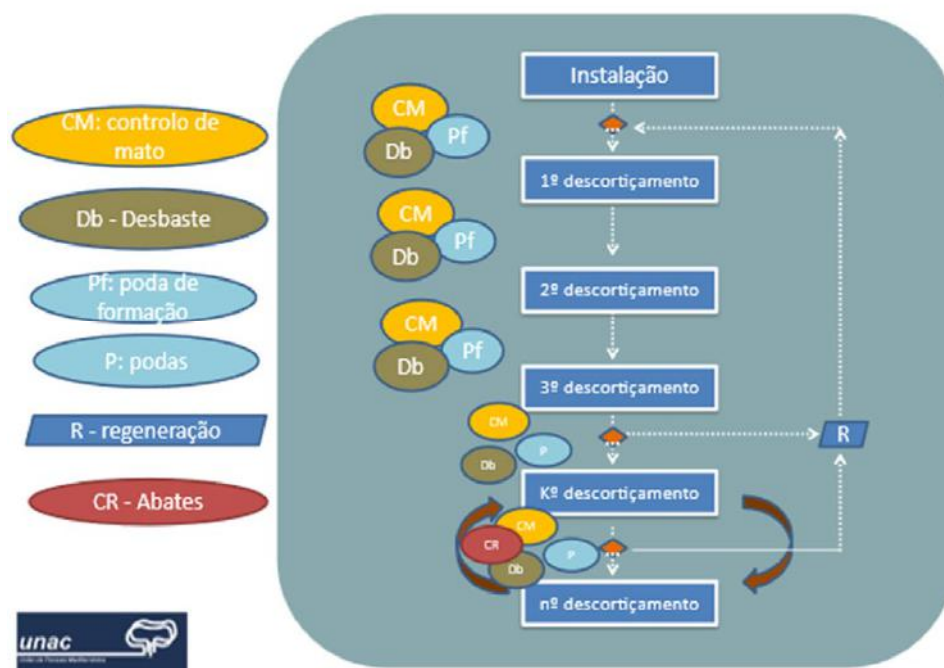
## O que podemos fazer para tornar os Montados mais resilientes?

### ➤ Adequado planeamento das plantações

Aquando de novas plantações é importante o proprietário ou técnico florestal ter noção se um dado local tem aptidão para o sobreiro. Esta informação está disponível numa **APP de Aptidão Suberícola**, desenvolvida com base no trabalho de investigadores do Instituto Superior de Agronomia. O índice de aptidão foi desenvolvido em função de variáveis edafoclimáticas, nomeadamente: evaporação; geada; características do solo como litologia, textura do solo, profundidade do solo, espessura do horizonte A e tipo de solo (classificação FAO), dando-nos uma indicação do potencial de determinado local para o desenvolvimento do sobreiro.



(Fonte: Paulo, J.A., Faias, S., Gomes, A. A., Palma, J., Tomé, J., Tomé, M. 2015. Predicting site index from climate and soil variables for cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *New Forests* 46 (2): 293-307. <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9462-4>)



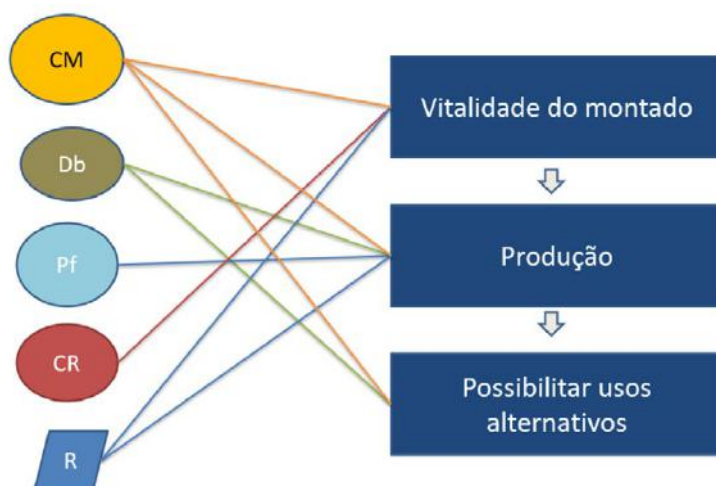
Existem várias operações florestais que devem ser organizadas no tempo e no espaço: tais como a gestão do mato, os desbastes, as podas de formação, as podas sanitárias e a gestão da regeneração natural.



### ➤ Boas Práticas de Gestão

Entre as operações mínimas de gestão citadas, **as que mais contribuem para a vitalidade do montado são as operações realizadas no subcoberto**, nomeadamente **as técnicas de controlo de mato**, juntamente com **os cortes fitossanitários** e o **potencial de regeneração**.

As outras operações, como os desbastes e desramações, estão relacionadas com a componente produção e uso múltiplo, no entanto sem um montado em bom estado vegetativo, não é possível assegurar as restantes componentes de forma sustentável, ou seja, relativamente estáveis ao longo do tempo. **Gerir a pensar nas condições edafoclimáticas do local e nos objetivos da nossa gestão.**



**A proteção do sistema radicular é fundamental para a minimização dos locais de entrada de pragas e doenças.** O sobreiro tem uma elevada quantidade de raízes secundárias nas zonas mais superficiais do solo que se projetam muito para além da zona da copa. Este fator deverá ser sempre tido em conta numa ótica de **controlar focos de dispersão**.

**A adubação** é uma outra boa prática de gestão. No âmbito do projeto GO NUTRISIBER foram estabelecidos valores de referência para o sobreiro com base nos resultados da análise foliar de um elevado número de árvores situadas no quartil superior relativo aos crescimentos vegetativos anuais, e melhores crescimentos anuais de cortiça.

As recomendações de fertilização no quadro abaixo correspondem à quantidade total de nutrientes a disponibilizar de quatro em quatro anos após a realização das análises de terra e foliar, que deverão ser realizadas duas vezes no novénio (fonte: Go Nutrisuber).

Nutrientes	Teores foliares *	Classes de fertilidade **				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Azoto (kg/ha de N) ***	Insuficiente	60	45	30	0	0
	Suficiente	40	30	0	0	0
Fósforo (kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Insuficiente	60	40	20	0	0
	Suficiente	30	20	0	0	0
Potássio (kg/ha de K <sub>2</sub> O)	Insuficiente	50	30	15	0	0
	Suficiente	25	20	0	0	0
Magnésio (kg/ha de Mg)	Insuficiente	30	20	10	0	0
	Suficiente	0	0	0	0	0

Fonte: Manual de Fertilização do Sobreiro, 2021, UNAC. Disponível em:  
[https://unac.pt/images/WEB\\_A4\\_MANUAL\\_NUTRISUBER\\_v4.pdf](https://unac.pt/images/WEB_A4_MANUAL_NUTRISUBER_v4.pdf)

➤ **Boas Práticas de Descortiçamento**

1. Não descorticar com chuva.
2. Utilizar sempre mão de obra especializada.
3. Não forçar o "despegamento" da cortiça - A cortiça deve ser “descolada” e não “arrancada”.
4. Não ferir as árvores.
5. Tirar a cortiça em pranchas, reduzindo o número de bocados.
6. Retirar os calços das árvores, de preferência “agarrados” às pranchas para evitar fazer bocados.
7. Realizar um bom remate da extremidade superior do descortiçamento.
8. Manter a superfície descortificada exceto nas árvores com sinais visíveis de decrepitude.
9. Realizar os necessários e/ou desejáveis aumentos nas árvores em que o rácio legal o permita. A cortiça que fica por extrair “perde-se”.
10. Evitar o contacto das ferramentas com a terra e desinfetar os machados com a maior regularidade possível.
11. Assinalar as árvores com ninhos de aves de rapina ou outros atributos ambientais relevantes.

Como o aumento do preço da mão de obra, nalguns casos pouco especializada, é importante começar a **complementar o descortiçamento manual com o descortiçamento mecânico** que pode trazer algumas vantagens, nomeadamente na qualidade da extração e na curva de aprendizagem do descortificador:

- Aumenta a qualidade do descortiçamento
- Aumenta o rendimento em cortiça
- A produtividade do trabalho é superior à do machado
- Reorganização do descortiçamento: novas operações, novas tarefas
- O trabalho do tirador é menos penoso, o processo de aprendizagem mais fácil e inclusivo



➤ **Gestão Adaptativa do Montado**

O risco agregado às alterações climáticas é médio a elevado em todo o país com algumas regiões da Península Ibérica a apresentarem um risco muito elevado. **Como minimizar estes impactos na produção?**



As medidas de gestão adaptativas devem ser integradas num processo no qual se identifica o local e os objetivos de gestão, se avaliam as vulnerabilidades do local, se avalia a viabilidade dos objetivos e, finalmente, se decidem e implementam as medidas de adaptação. A monitorização e avaliação da eficácia destas medidas é um passo fundamental.

A água é um dos fatores mais limitantes dos ecossistemas mediterrânicos. Esta limitação tenderá a aumentar num futuro próximo. A seca afeta a maioria dos serviços dos ecossistemas, desde a produtividade das árvores, à produção de cortiça, passando pelo armazenamento de carbono, ou regulação do ciclo de água.

Medidas de gestão que podem melhorar o acesso das árvores à água e atenuar os efeitos da seca:

- **a limpeza do estrato arbustivo recorrendo a corta-matos**, particularmente em anos secos, pode melhorar o estado hídrico das árvores. No entanto a presença de arbustos tem também um papel fundamental na **criação de habitats para a fauna**, no **aumento do teor de matéria orgânica do solo**, na **diminuição da temperatura do solo**, na **diminuição do risco de erosão**. A periodicidade das limpezas deverá ter em consideração **o custo da operação** e as **implicações ecológicas significativas** sobre a matéria orgânica do solo ou o habitat para a fauna.
- uma **maior heterogeneidade etária ou estrutural dos povoamentos** pode repartir os riscos associados à seca, uma vez que indivíduos de diferentes idades/ tamanhos apresentam normalmente diferentes vulnerabilidades mantendo uma maior vitalidade do montado no seu conjunto.



- **uma maior diversidade dos povoamentos** pode aumentar a sua resiliência à seca. Os **povoamentos mistos** podem ser uma forma de gestão muito interessante face às alterações climáticas. Embora mais estudos sejam necessários, os efeitos positivos da mistura de espécies relativamente à resiliência à seca resultam de **complementaridade no uso de recursos entre espécies** que permitem **aumentar a disponibilidade e absorção de água**.
- a **redução da densidade de árvores** pode ser uma estratégia importante para aumentar a resiliência das florestas à seca. A densidade adequada deve ter em conta vários fatores tais como o tipo de solo, subcoberto arbustivo e o clima.

Medidas de gestão que podem reduzir o impacto das alterações climáticas nos solos:

- **Utilizar corta-matos para controlo da vegetação** arbustiva e técnicas de mobilização mínima, como a **sementeira direta**, para a instalação e melhoramento de pastagens.
- **Corrigir o pH e/ ou fertilizar de acordo com as análises** químicas (solo) e foliares.
- **Promover a cobertura do solo** com espécies arbustivas ou herbáceas, **particularmente leguminosas**.

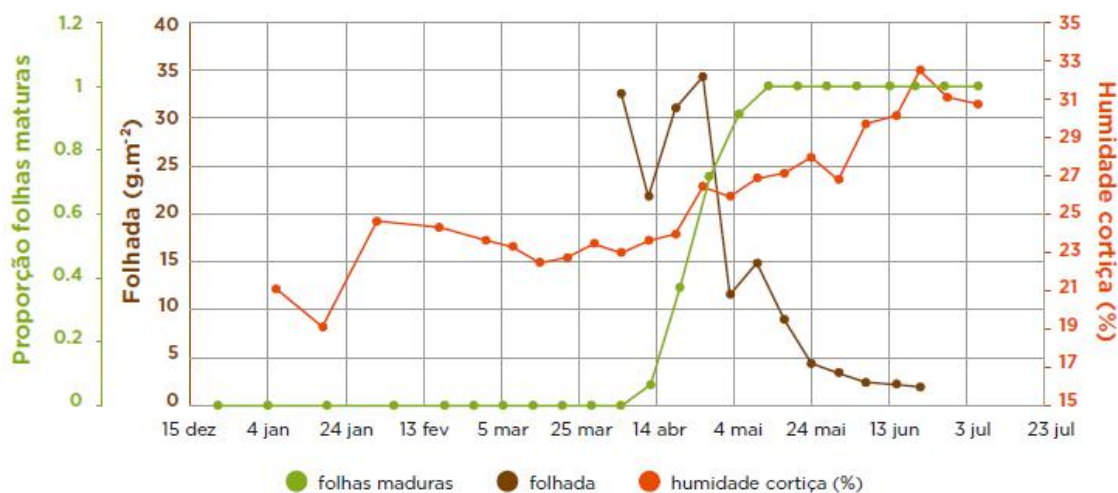
(Fonte: *Vitalidade do Montado: Recomendações para uma gestão Adaptativa*, 2021, UNAC. Disponível em: [https://unac.pt/images/A4\\_MANUAL\\_GEOSUBER\\_v4.pdf](https://unac.pt/images/A4_MANUAL_GEOSUBER_v4.pdf))

Um aspeto fundamental de uma gestão adaptativa do montado é a tomada de decisão sobre **quando iniciar um descortiçamento** e se **este deve ou não ser feito no ano previsto**. Estas decisões deverão sempre ser feitas com base em dados, nomeadamente a **disponibilidade hídrica** e a **pluviosidade no ano anterior e a prevista para o ano**. É sabido o impacto fisiológico que o descortiçamento tem sobre as árvores, como tal, se estivermos perante um ano muito seco, pode ser vantajoso e prudente adiar o descortiçamento para o ano seguinte, procurando **minimizar a mortalidade das árvores** por stress hídrico.

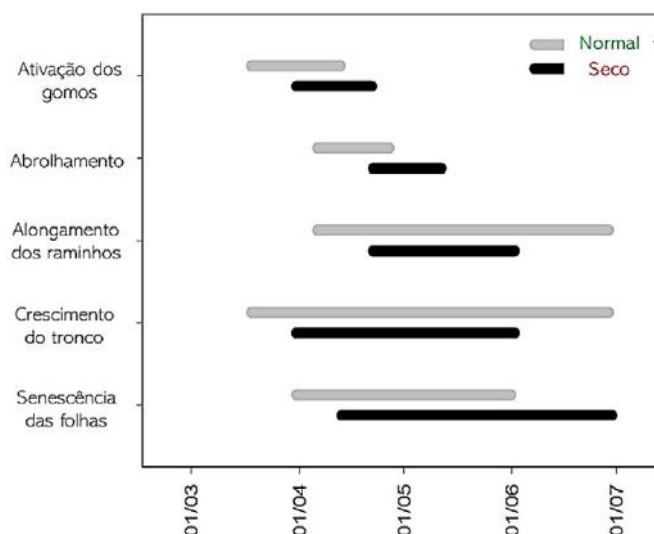


Ficha Técnica

No âmbito do projeto **GO GEOSUBER**, mediu-se periodicamente/semanalmente a humidade da cortiça, o crescimento do tronco com dendrómetros, a folhada e determinou-se o estado fenológico dos sobreiros, com o objetivo de se conseguir determinar qual a melhor época para se iniciar o descortiçamento.



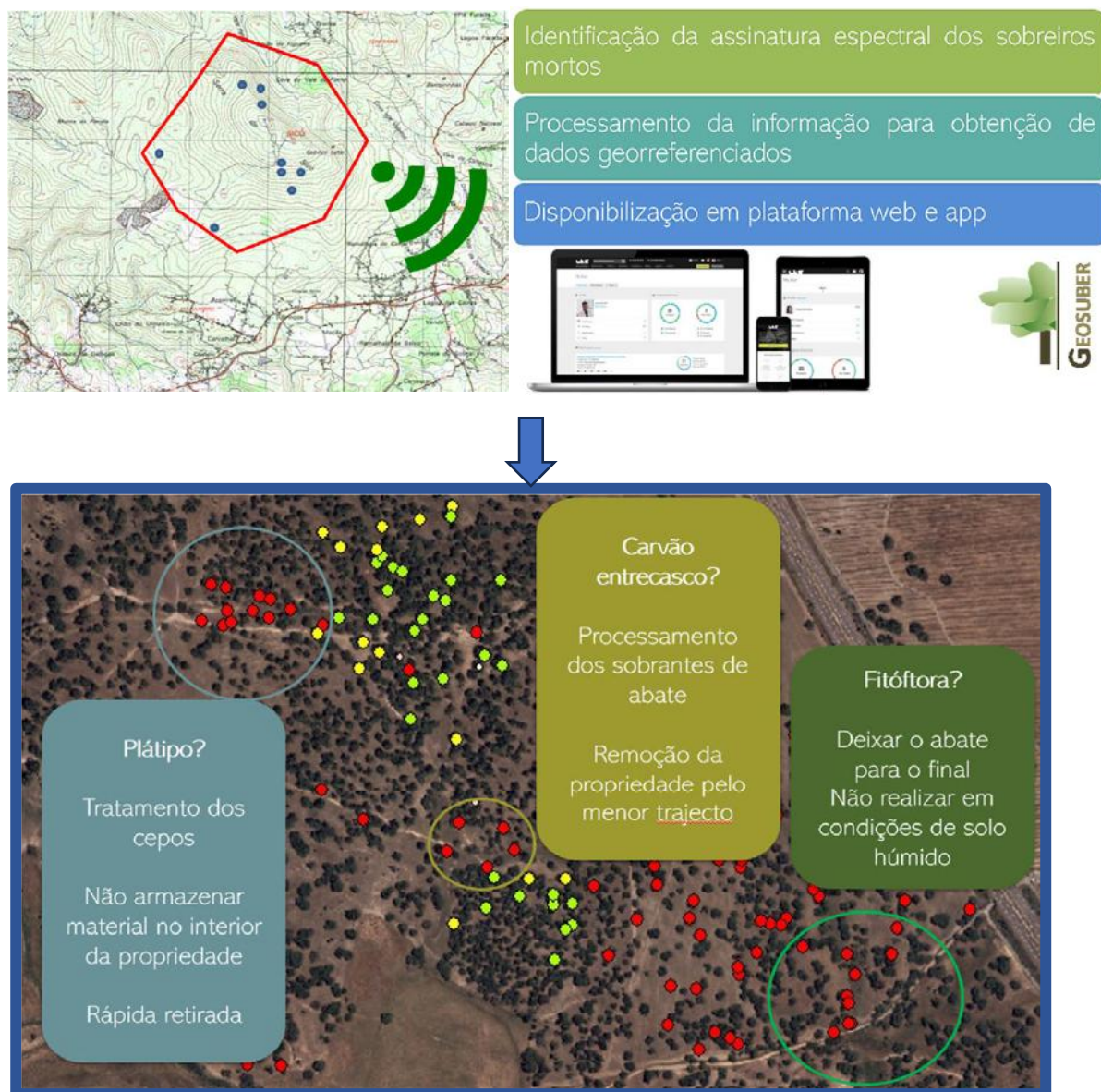
O maior aumento da humidade da cortiça coincide com a renovação da copa (i.e., copa com folhas maduras) e senescência das folhas do ano anterior. Existe uma relação entre a percentagem de humidade da cortiça e a renovação da copa do sobreiro, o que pode estar relacionado com o início do funcionamento da felogene (meristema secundário). O descortiçamento deverá então ser iniciado quando a árvore tem a sua copa renovada/reconstituída.



Fonte: Lobo-do-Vale et al 2019; *Drought reduces tree growing season length but increases nitrogen resorption efficiency in a Mediterranean ecosystem*. *Biogeosciences*, 16, 1265–1279

O gráfico revela as diferenças no abrolhamento, e crescimento do tronco num ano normal e num ano seco. **Num ano seco, o abrolhamento foi mais tardio**, e tanto **o crescimento do tronco como o dos raminhos começou mais tarde** e teve **uma menor duração**. Estas diferenças têm implicações importantes na gestão e respetivas tomadas de decisão (p. ex.: descorticar ou não descorticar).

Também no âmbito do projeto **GO GEOSUBER** foi desenvolvida uma plataforma on-line e respetiva **App para identificação de sobreiros mortos**, com base em imagens de satélite gratuitas. O objetivo é **inventariar anualmente, à escala da propriedade, as árvores mortas**, produzindo cartografia de apoio ao requerimento de corte de sobreiros secos, **aumentado a eficiência e reduzindo os custos**. Esta plataforma e App também permitirão **identificar e monitorizar zonas de perda de vitalidade** permitindo estabelecer recomendações de gestão adaptativa à escala da propriedade.



### **RECURSOS ADICIONAIS**

>> [REPOSITÓRIO DE FICHAS TÉCNICAS UNAC](#) <<  
(GO UNDERCORK / GO NUTRISUBER / GO GEOSUBER)





## Gestão do Solo e Fertilidade

Mário de Carvalho – MED/UÉvora

[mjc@uevora.pt](mailto:mjc@uevora.pt)

### Introdução

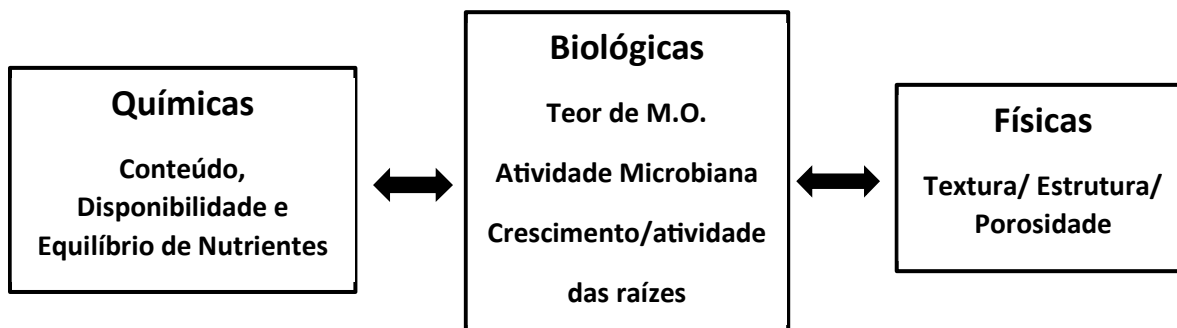
Para podermos analisar corretamente os solos, trabalhando na sua qualidade e funcionalidade, é importante que se possa definir com clareza o que se entende por *Fertilidade do Solo*.

Para tal é necessário que sejam consideradas todas as funções que o solo desempenha:

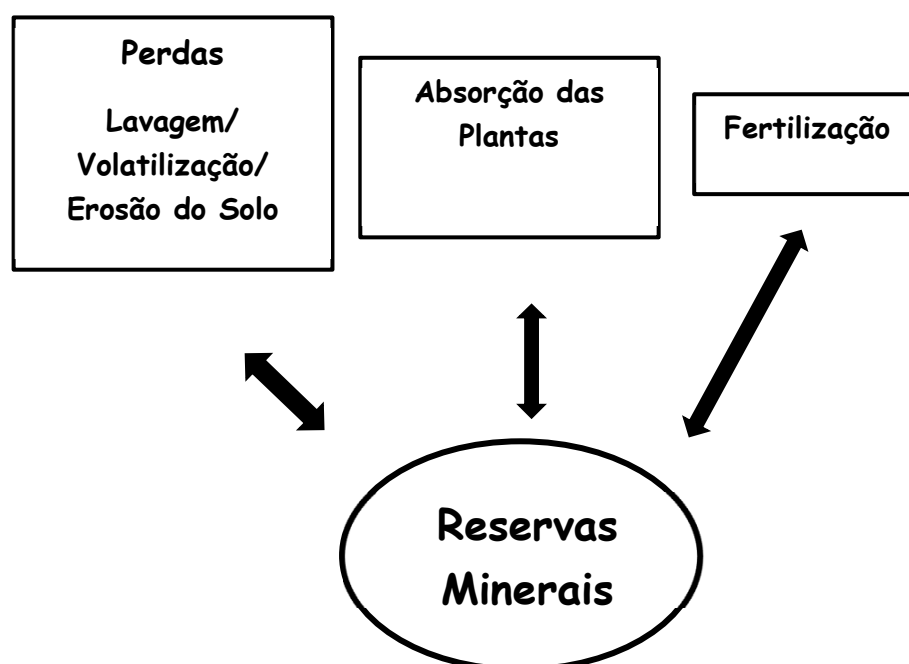
- Fornecimento de Nutrientes -
- Fornecimento de Água -
- Fornecimento de Oxigénio -
- Sustentação das Máquinas -
- Degradação de Pesticidas -
- Proteção das Culturas –

Mas também, que se conheçam as várias interdependências existentes entre as diferentes funções entre si, e a sua relação com o clima, e com a cultura desenvolvida.

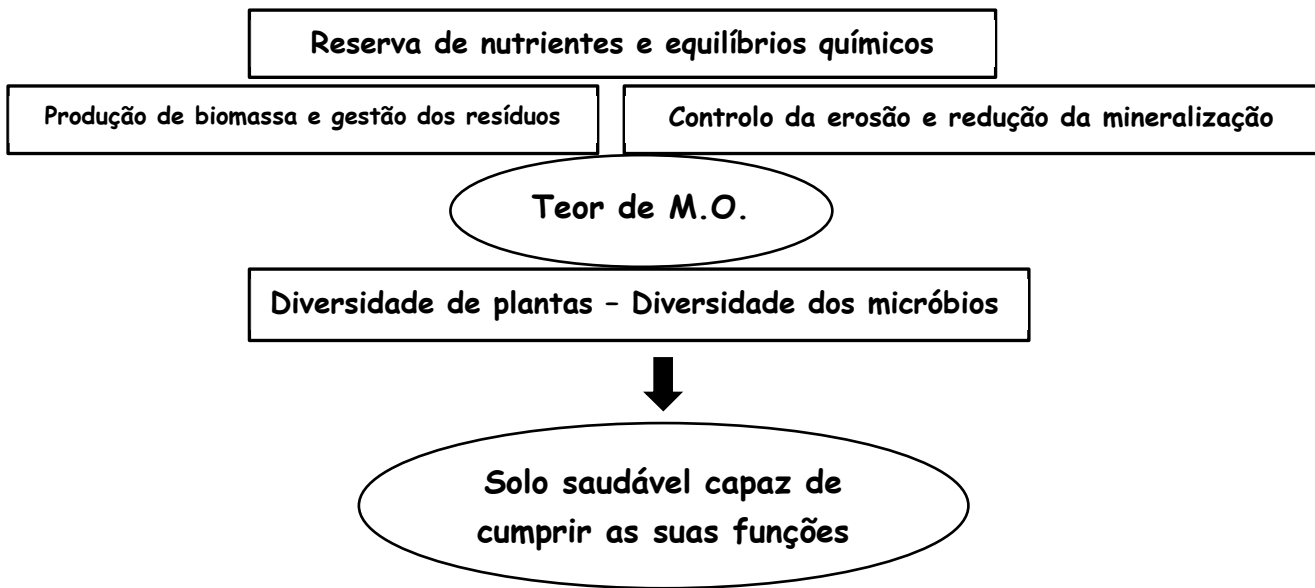
Assim, é redutor encarar a fertilidade do solo como apenas um reflexo da sua composição química. Contextos específicos de humidade, temperatura ou níveis de oxigénio podem, por exemplo, condicionar a disponibilidade de um dado nutriente às plantas, independentemente do que se encontra expresso numa análise química.



É muito comum vermos ser tomada uma perspectiva elementar e redutora sobre as questões de fertilidade do solo, baseando-se esta na assunção de que apenas com base nas reservas minerais de um dado solo e na capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas, complementada com uma análise de perdas, se pode chegar a um regime de fertilização adequado. Ora esta visão é limitada, e apenas consegue atuar a curto prazo, comprometendo a sustentabilidade da produção e a saúde dos solos a longo prazo.



Uma visão holística e integradora permite que se faça uma mais aprofundada e correta avaliação das características de um dado sistema de produção, tendo como ponto de partida as reservas de nutrientes e o equilíbrio químico do solo, assim como a necessidade de produção de biomassa. No entanto, é fundamental que se considere o solo como um agente central na manutenção dos processos produtivos, sendo por isso necessário que uma boa parte da matéria orgânica gerada seja devolvida, de maneira a garantir que a comunidade microbiana se mantém em boas condições de diversidade e abundância. A avaliação e minimização de perdas tem de ser tida em conta, havendo um cuidado controlo dos processos erosivos e uma tentativa de minimização dos fenómenos de mineralização. Finalmente, a biodiversidade vegetal e a microbiana são essenciais para a manutenção da fertilidade e funcionalidade dos solos. Desde cedo se estudaram as práticas de rotações de cultura como mecanismo de controlo de pragas e patogénicos, no entanto, sabemos atualmente que, mais que o papel das plantas neste processo, são as comunidades microbianas associadas aos seus sistemas radiculares os maiores responsáveis por este controlo.



**Quais os parâmetros a considerar na avaliação da fertilidade de um solo?**

>> Fornecimento de Água:

- **Percentagem de água disponível** (dependente da textura e do teor de matéria orgânica)
- **Profundidade efetiva do solo** (*profundidade total e impermes físicos ou químicos*)

>> Fornecimento de Oxigénio:

- **Drenagem externa** (dependente da topografia e condicionada pela modelação do terreno)
- **Drenagem interna** (macroporosidade: *quantidade, continuidade e estabilidade* → M.O.)

>> Fornecimento de Nutrientes:

- **Fatores de formação e tipo de solo** (natureza da rocha mãe, topografia)
- **Capacidade de troca catiónica** (teor e tipo de argilas, M.O.)
- **pH**
- **Quantidade, disponibilidade e equilíbrio de nutrientes** (*adubações, correções e M.O*)
- **Profundidade, densidade e atividade das raízes** (presença de impermes, porosidade e resistência à penetração)

>> Sustentação das Máquinas:

- **Drenagem Interna**
- **Coesão do Solo**

Como se pode verificar, a matéria orgânica é um elemento transversal que afeta todos os parâmetros identificados. Assim, **gerir a fertilidade de um solo é, fundamentalmente, gerir o seu teor em matéria orgânica.**



## Fatores de Formação de Solo – O Caso de Portugal

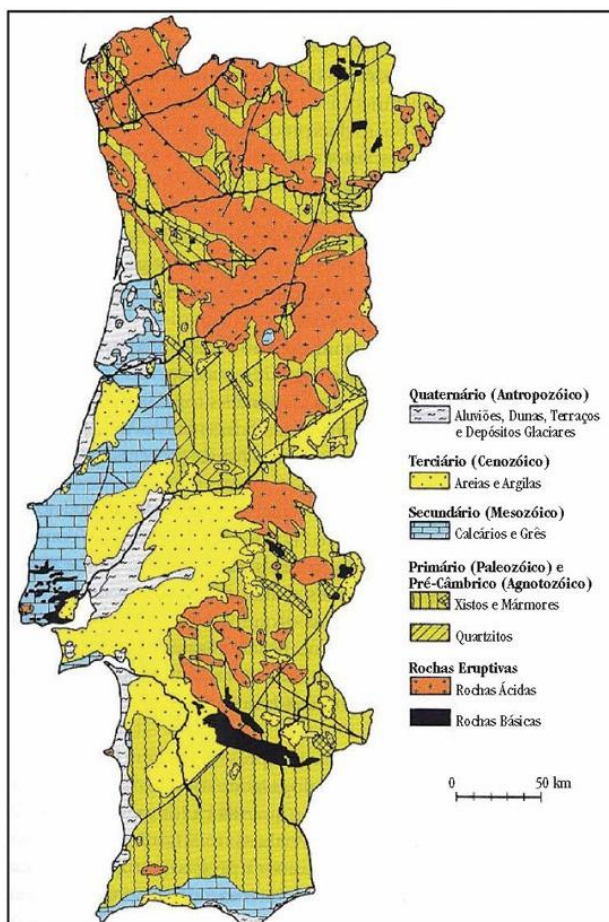
Nos processos de formação de solo, ou pedogénese, o **clima** e a **topografia** interagem intimamente com a **geologia** de um território, definindo quais os tipos e propriedades dos solos existentes.

No caso português, a matriz geológica de base caracteriza-se por apresentar, numa grande proporção, **rochas ácidas**, com a presença de **xistos e granitos** a dominar o território.

Apresentam-se também algumas bolsas de **rochas básicas** e, na zona oeste, uma predominância de **calcários e areias**.

Estas características, aliadas à heterogeneidade da topografia do nosso território, fazem com que a generalidade dos solos portugueses sejam solos frágeis e com uma limitada aptidão agrícola.

Assim, é da maior importância o nosso cuidado na gestão dos mesmos, tendo esta que ser direcionada na manutenção e melhoria das suas condições de fertilidade e capacidade produtiva.



Solo Dominante	Área (mil ha)	%	Culturas Praticadas
Cambissolo (Litólico) (granitos, quartzo-dioritos, arenitos)	2700	30	Montados de sobre e azinho, vinha, olival, amendoal, culturas arvenses de sequeiro.
Luvisolos (Argiluvitados) (xistos ou grauvaques, dioritos e quartzo-dioritos)	2200	25	Culturas arvenses de sequeiro, olival, vinha, amendoal, montados de sobre e azinho, pinhal.
Cambissolos Cálcicos (Calcários) (Calcários duros e friáveis)	450	5	Vinha, olival figueiral, pomar, culturas arvenses de sequeiro.
Fluvisolos (Aluviosolos) (aluviões)	290	4	Culturas arvenses de regadio e sequeiro, pomar, vinha e olival.
Regossolos (areias e arenitos)	160	2	Montados de sobre, pinhais, eucaliptais, culturas arvenses de regadio e sequeiro, horticultura.
Vertissolos (Barros) (Basalto, dioritos e gabros)	90	1	Culturas arvenses de sequeiro e regadio, olival.
Litossolos	1340	15	Ecosistema natural, pastagem permanente.
Podzois	630	7	Ecosistema natural, pastagem permanente, pinhal, eucaliptal.

**Algumas Características dos Solos Incluídos na SAU Portuguesa (540000ha)***(valores expressos em % da área total) in Alves (1989)*

	CTC (meq/100 g solo)	M.O. (%)	pH
Alto	4.2 (>20)	27.5 (>2)	11.8 (>6.5)
Médio	70.2 (10-20)	2.2 (1-2)	5.3 (5.5 - 6.5)
Baixo	25.2 (<10)	70.4 (<1)	82.9 (<5.5)

Resumindo algumas das características mais importantes para a fertilidade de um solo, podemos verificar que apenas 4,2% dos solos agrícolas portugueses apresentam valores de capacidade de troca catiónica (CTC) considerados altos (>20), sendo os restantes 95% médios ou baixos (situação que está intimamente ligada com os correspondentes teores de matéria orgânica). Relativamente aos teores de matéria orgânica, e considerando que uma percentagem de acima dos 2% é um nível alto (ajustado à realidade portuguesa), apenas 27,5% dos solos portugueses se encontram neste nível, sendo que a maioria – 70,4% - apresentam valores inferiores a 1% de matéria orgânica. Finalmente, os valores de pH revelam uma predominância de solos ácidos no território nacional, apresentando mais de 88% valores de pH abaixo de 6.5.

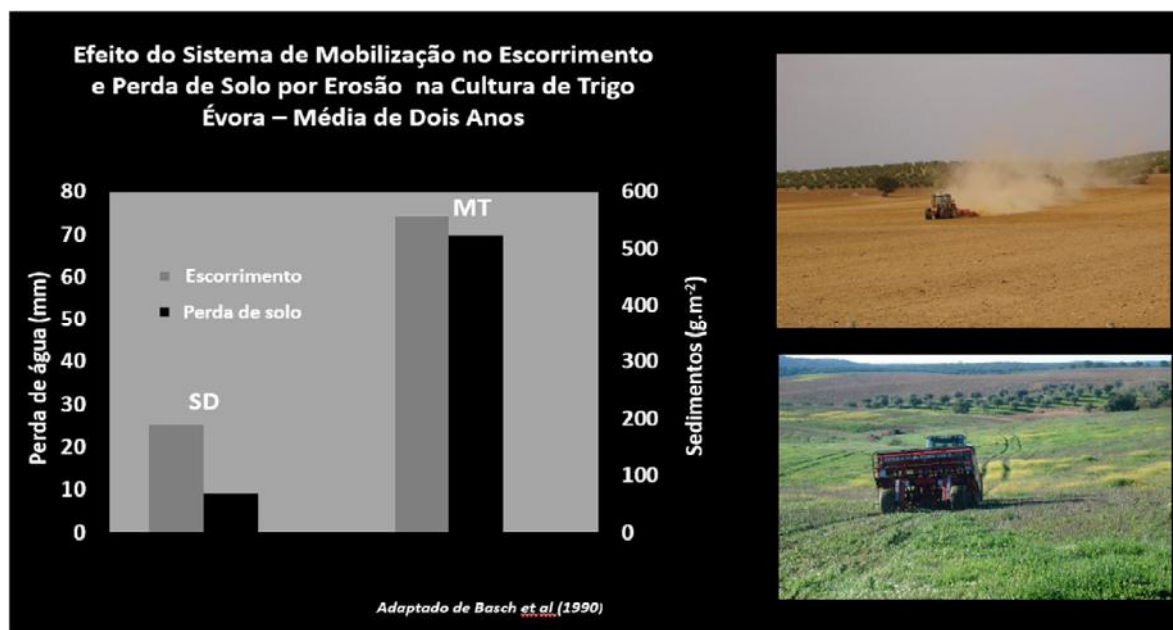
**Tendo em conta as características acima descritas, quais são então os aspetos cruciais para uma boa gestão dos solos em Portugal?**

- Em primeiro lugar, o **controlo dos fenómenos erosivos** é o aspeto mais importante aquando da tomada de decisão sobre qualquer estratégia de gestão de solos. Deverá ser sempre garantido que, sob qualquer enquadramento técnico, se minimizam os níveis de erosão de solo;
- Seguidamente, o **balanço de carbono, i.e., matéria orgânica**. Em qualquer sistema de produção deve ser feito uma análise cuidada das exportações de biomassa vegetal em cada ciclo produtivo, garantido que é sempre devolvido ao sistema uma proporção generosa da biomassa produzida, contribuindo para a manutenção e aumento da matéria orgânica;
- Com base nas melhorias dos dois aspetos referidos anteriormente, a **atividade microbiana, e a sua diversidade, devem ser promovidas e alimentadas**, através também da introdução de diversidade vegetal nos sistemas produtivos (pastagens/ forragens melhoradas, sistemas rotacionais, etc.);
- Deverá ainda ser adotada e mantida uma estratégia que permita **melhorar a estrutura dos nossos solos**. Este fator é de especial importância no contexto climático nacional, em que as chuvas, apesar de escassas, ocorrem em períodos concentrados, provocando enormes perdas por escoamento superficial. Um solo com melhor estrutura é capaz de infiltrar e armazenar quantidades muito grandes de água, que ficam disponíveis durante os períodos de escassez hídrica, permitindo aumentar as janelas produtivas de um determinado agrossistema;
- Finalmente, e tendo em conta os efeitos limitantes da acidez na disponibilidade de nutrientes e produtividade vegetal, é fundamental trabalhar para **corrigir o pH dos solos**, garantindo que estes se mantêm produtivos e funcionais.

## O Problema da Erosão

A erosão dos solos é um fenómeno natural, que se verifica em todos os sistemas naturais. No entanto, no contexto dos sistemas agrícolas, ganha uma dimensão muito preocupante, principalmente devido às práticas de mobilização, responsáveis pela maior quantidade de solo perdido por erosão no contexto desta atividade.

Abaixo apresentam-se os resultados de um estudo de dois anos, realizado em Évora, em que foram analisadas as perdas de solo por erosão e de água por escoamento superficial, em dois sistemas diferentes de mobilização (Sementeira Direta – SD vs. Mobilização Tradicional – MT).



Como se pode verificar, as práticas de mobilização tradicionais (uso de grades de disco e charruas) acentuam os fenómenos erosivos, conduzindo a uma constante perda de fertilidade.

Apesar de o conhecimento geral dos agricultores sugerir que, através das mobilizações, a capacidade de infiltração de água nos solos aumenta, a investigação científica revela-nos o contrário: as perdas de solo e água por escoamento superficial estão relacionadas com a intensidade das práticas de mobilização, isto é, quanto maior for a mobilização, maiores as perdas. Esta relação assenta fundamentalmente nos fenómenos de destruição dos agregados do solo, responsáveis pela manutenção da sua porosidade e consequente permeabilidade: um solo excessivamente mobilizado perde estrutura e torna-se impermeável.





*Herdade dos Bordalos (Maio/ 2001) – Milho em Sementeira Direta (esq.) e Mobilização Tradicional (dir.) após chuvada primaveril*

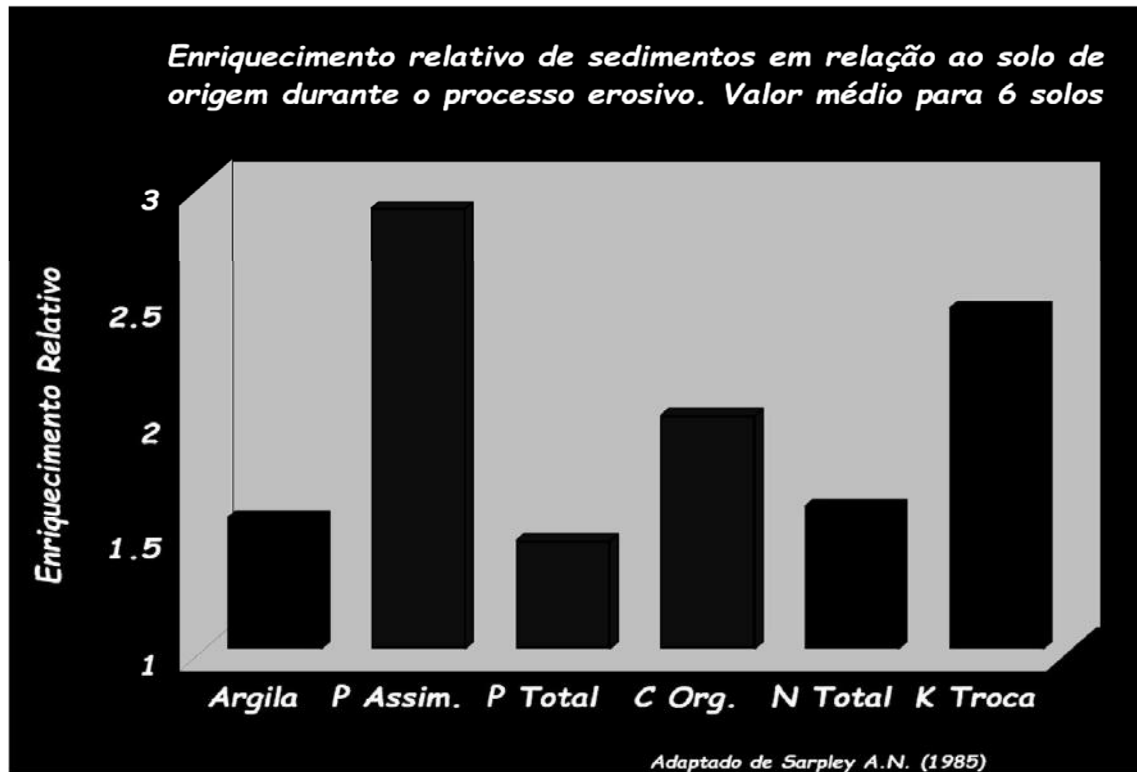
As imagens da Herdade dos Bordalos, uma exploração perto de Avis, revelam um exemplo prático deste fenómeno, em que foi feita a sementeira de milho em duas áreas adjacentes na mesma propriedade, uma por sementeira direta (SD) e outra através da técnica tradicional com mobilização de solos (MT). Após uma chuvada, verificou-se que a parcela em SD manteve a integridade do solo, não havendo quaisquer consequências para a cultura instalada. No entanto, a parcela em MT sofreu de um grave arrastamento de solo superficial, levando consigo as plantas, mesmo após a cultura estar bem instalada e em desenvolvimento.



*Cíborro, Montemor-o-Novo (Novembro/ 2012)*

Outro exemplo pode ser observado na imagem de uma colina em Cíborro, Montemor-o-Novo. O proprietário decidiu remover o mato utilizando uma grade de discos, semeando de seguida uma pastagem em seu lugar. Os efeitos desta profunda alteração do coberto vegetal e dos impactos no solo associados à técnica utilizada podem ser vistos claramente nas várias ravinas profundas causadas pelo deslocamento de sedimento no sentido da maior pendente.

Os fenómenos erosivos, para além de diminuírem progressivamente os horizontes de solo com apetência agrícola, agravam muito a situação de fertilidade geral das parcelas de origem, visto que a perda de nutrientes no solo perdido por erosão não acontece de maneira proporcional às características do solo de origem:



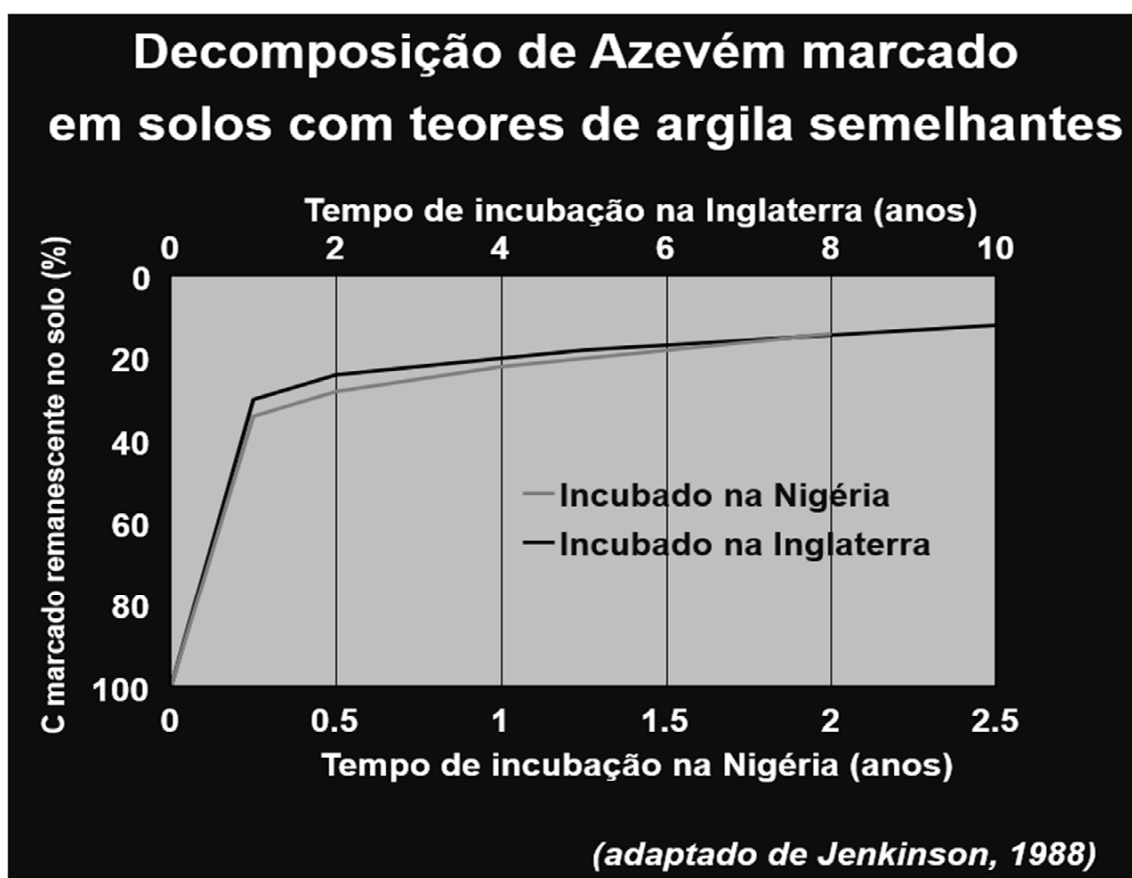
O gráfico apresentado mostra a quantidade relativa de vários nutrientes/ elementos constitutivos do solo em amostras de sedimento removidas por erosão superficial. É fácil de verificar que quando ocorre um processo de erosão, **são as camadas superficiais de solo aquelas mais sujeitas ao arrastamento**. São também estas as que apresentam os maiores teores de carbono orgânico, argila, fósforo, azoto e potássio. Isto quer dizer que, quando perdemos solo por erosão, **não estamos apenas a perder quantidade, mas essencialmente qualidade**.

## Evolução da Matéria Orgânica do Solo

### 1. O Efeito do Clima

Um estudo científico norte americano é elucidativo da influência dos fatores climáticos, particularmente da temperatura, nos processos de decomposição da matéria orgânica no solo.

Neste exemplo, foi acompanhado o processo de decomposição de azevém, em dois solos incubados à temperatura média de Inglaterra (aprox. 7 graus Celcius) e da Nigéria (aprox. 17 graus Celcius). Através da análise do gráfico, é possível verificar que o processo de decomposição do carbono nas duas amostras obedece ao mesmo padrão geral, com uma fase inicial de grande metabolismo, em que mais de 60% da matéria orgânica é decomposta – essencialmente celulose e hemicelulose, seguida de um período de relativa estabilização, em que a velocidade de degradação diminui, ocorrendo a decomposição dos compostos mais estáveis – lenhina.

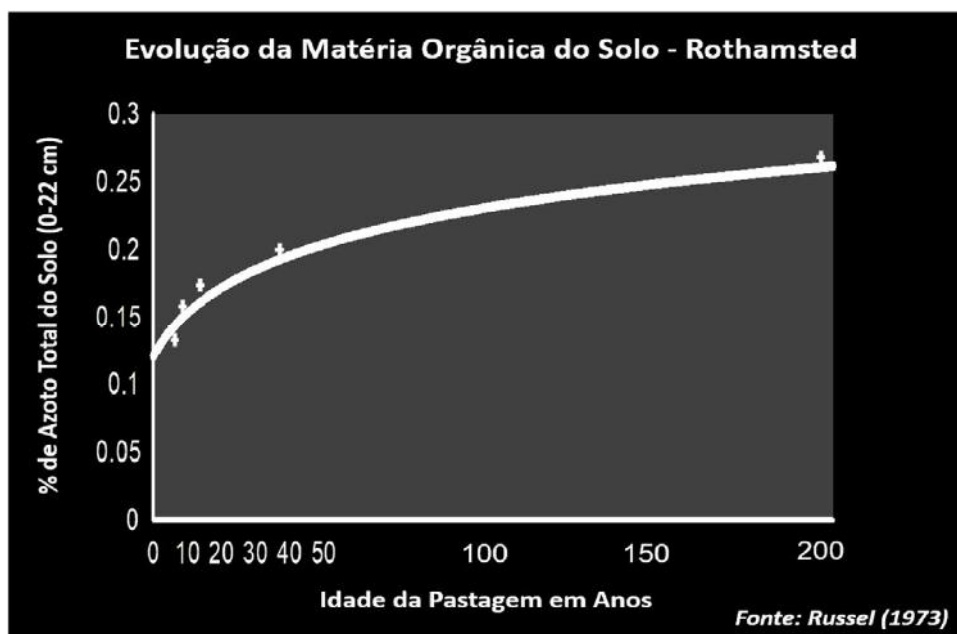


A diferença que podemos encontrar entre as duas situações está no tempo em que este processo decorre: no caso do solo incubado a 7 graus, verificamos que o grau de decomposição ao final de 10 anos, cerca de 80%, é similar àquele atingido em condições mais amenas, ao final de apenas 2 anos e meio. Assim, é possível verificar a influência da temperatura nos processos de mineralização da matéria orgânica.

O caso português aproxima-se do exemplo nigeriano: com temperaturas anuais médias acima dos 15 graus Celcius, os processos de mineralização de nutrientes no solo ocorrem com relativa rapidez, sendo por isso muito importante a regular adição de M.O. aos nossos solos agrícolas.

## 2. O Efeito do Tempo

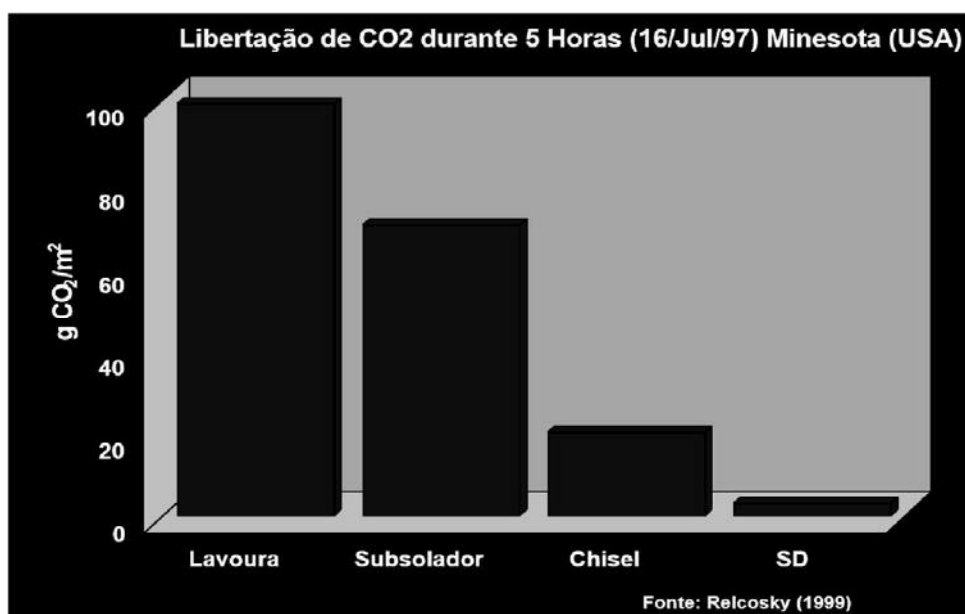
Tomando como exemplo a monitorização da percentagem de azoto em pastagens ao longo de décadas, consegue-se verificar que os processos de acumulação de M.O. nos solos são de longo prazo, sendo necessários séculos para conseguir aumentos de décimas de pontos percentuais, em termos de azoto total do solo (ver gráfico).



## 3. O Efeito da Gestão (Mobilização)

Também as práticas de gestão dos solos, em particular os diferentes graus de mobilização a que são sujeitos, influenciam o processo de decomposição e mineralização da M.O., como demonstra o gráfico seguinte, resultado do estudo das emissões de dióxido de carbono (indicador do metabolismo microbiano – o carbono libertado sob a forma de CO<sub>2</sub> tem origem na degradação da M.O.) por área de solo, sob diferentes graus de mobilização.

São evidentes as diferenças entre as parcelas sujeitas a lavoura convencional (lavoura/ subsolador) e aquelas de mobilização mínima (chisel - escarificador/ sementeira direta):





Estes resultados estão relacionados com a maneira como a M.O. se encontra distribuída nos solos – em cada agregado de solo, a M.O. encontra-se presente tanto do lado de fora do agregado, sujeita à oxidação e à digestão por parte dos microrganismos, mas também no seu interior. Quando é feita uma lavoura, estes agregados de solo são destruídos, expondo a M.O. que neles se encontra à influência oxidativa da atmosfera, mas mais ainda à ação dos microrganismos que rapidamente a degradam, fazendo disparar as taxas de respiração do solo e consequente libertação de carbono para a atmosfera.

Mesmo recorrendo a práticas direcionadas à reposição de matéria orgânica nos solos, como seja a sideração de leguminosas, integrada numa rotação para produção de trigo, verificou-se experimentalmente que o saldo de carbono nos solos, independentemente de qual a cultura siderada, foi sempre negativo quando comparado com a situação de origem, isto é, mesmo dedicando metade do esforço produtivo a culturas para integração no solo (complementando o alqueive com fava ou ervilhaca), o saldo final de carbono continua negativo face à situação pré-alqueive.

<b><u>Efeito da Sideração no Teor em Carbono do Solo</u></b>			
<b>Rotação</b>	<b>C do Solo (% do Valor Inicial)</b>		
	<b>Precedente</b>	<b>Trigo</b>	<b>Valor Final</b>
<b>Alq-Trigo</b>	<b>-1.23</b>	<b>-0.83</b>	<b>-2.06</b>
<b>Fava-Trigo</b>	<b>+1.47</b>	<b>-2.16</b>	<b>-0.69</b>
<b>Ervilhaca - Trigo</b>	<b>+1.35</b>	<b>-2.56</b>	<b>-1.21</b>

**FONTE: ALVES 1961**



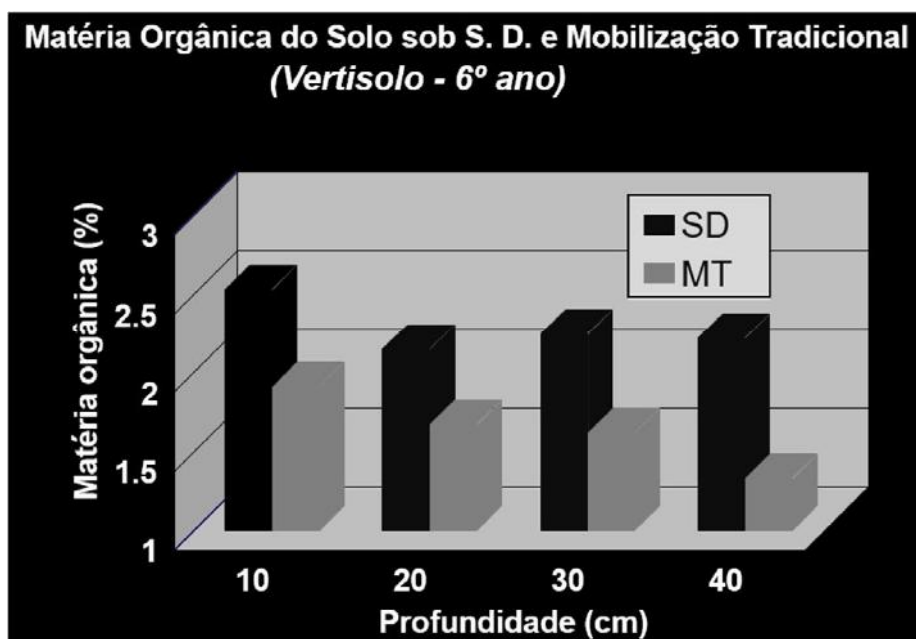
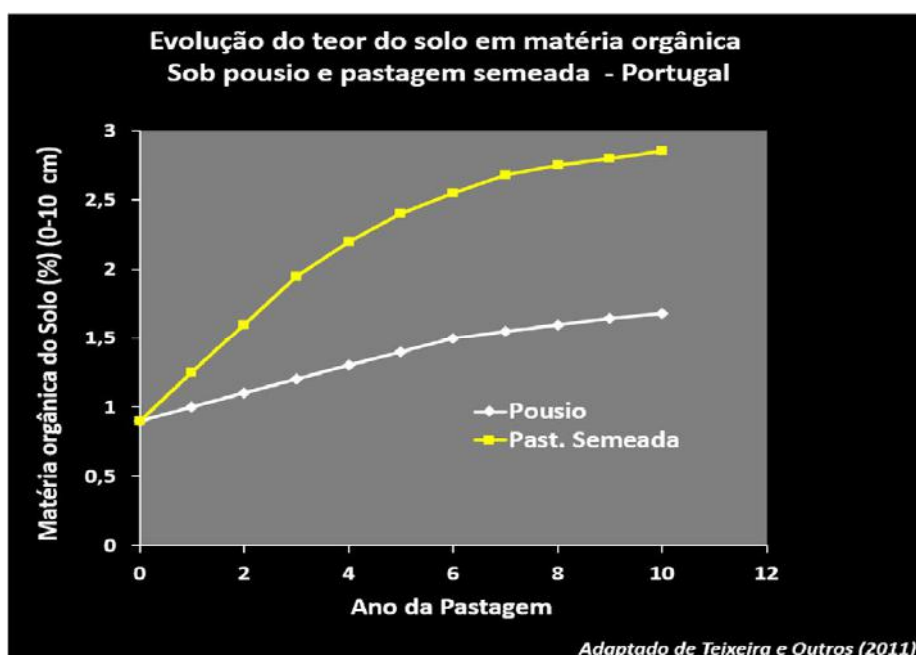
*Herdade das Lages - Sementeira de Aveia após 20 anos de pousio: 1º ano (esq), 2º ano (dir).*

Um exemplo prático da perda de matéria orgânica por mineralização pode ser visto nas imagens vindas da Herdade das Lages. Ao fim de 20 anos de pousio, o agricultor instalou uma cultura de aveia através de mobilização e sementeira tradicional. No primeiro ano, a aveia revelou um grande vigor e capacidade de crescimento vegetativo, fruto da fertilidade (M.O.) acumulada ao longo do grande período sem perturbação. No entanto, no ano seguinte, após nova mobilização e sementeira, o crescimento da aveia revelou-se muito aquém do esperado, revelando a perda enorme de M.O. devida à súbita mobilização e consequente mineralização.

#### 4. O Efeito do Retorno de Resíduos

É ainda possível identificar uma correlação existente entre o nível de retorno de resíduos de cultura aos solos com os seus níveis de matéria orgânica. Como será de esperar, um solo capaz de produzir mais biomassa é também capaz de gerar mais resíduos (sob a forma de restos de cultura ou estrume, no caso do pastoreio direto). Esta circunstância permite que, quando é garantido o retorno ao solo de toda a matéria orgânica não utilizada para produção, os solos aumentem progressivamente os seus teores de M.O.

Abaixo podemos ver um gráfico que relaciona a percentagem de M.O. em duas parcelas de pastagem, ao longo de 10 anos. Na parcela em pousio, isto é, numa pastagem natural, não melhorada e com baixa produtividade, verificamos que em dez anos ocorreu um aumento de aproximadamente 0.5% no teor de matéria orgânica do solo. No caso de uma pastagem melhorada, com adubações e correções de solo, ao longo de dez anos de pastoreio o solo sofreu um aumento de mais de 1.5% de M.O.



O segundo gráfico revela os efeitos cumulativos, e em profundidade, da adoção de práticas que diminuem os efeitos de mineralização da M.O. – como a sementeira direta – na gestão de solos agrícolas, comparando o efeito de seis anos de sementeira direta, contra a mobilização tradicional. Verifica-se um aumento absoluto da matéria orgânica do solo, a profundidades dos 0 aos 40cm. As consequências deste fenómeno, a médio – longo prazo, são bem evidentes nas imagens seguintes:



*Duas parcelas antes de serem semeadas (18/01/1990): Lavoura Tradicional (1.6 % M.O.) (esq.) e SD (2.4 % M.O.) (dir). É evidente o efeito da gestão na conservação de M.O. e na consequente produtividade e sanidade do estrato herbáceo.*



*Herdade da Revilheira (02/2004): dois talhões experimentais, sob mesmo regime de fertilização azotada. À esquerda, um solo mantido sob gestão tradicional, com 1.1% de M.O.; à direita, um solo mantido sob gestão de mobilização mínima, com sementeira direta e manutenção de palhas após colheita. É visível o grau de dependência da cultura em relação à fertilização azotada quando cultivada em solos mais pobres em M.O.*

### **Referências:**

- BASCH, G. E CARVALHO, M.J. (1998): Effect of soil tillage on runoff and erosion under dryland and irrigated conditions on Mediterranean soils. *Geodynamik*, XIX, 3/4, 257-268.
- Sharpley A. N. (1985) The selective erosion of plant nutrients in runoff. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 1527-1534.
- Reicosky, D.C., and M.J. Lindstrom. (1993) Fall tillage method: Effect on short term carbon dioxide flux from soil. *Agronomy Journal* 85:1237-1243
- Alves, J. A., 1961: O problema da manutenção da fertilidade na agricultura do Sul). *Melhoramento* 14, 5-456
- Carvalho, M. and Lourenço, E. (2014) Conservation Agriculture: A Portuguese Case Study. Review article. *Journal of Agronomy and Crop Sciences*: 317-324 ISSN 0931-2250



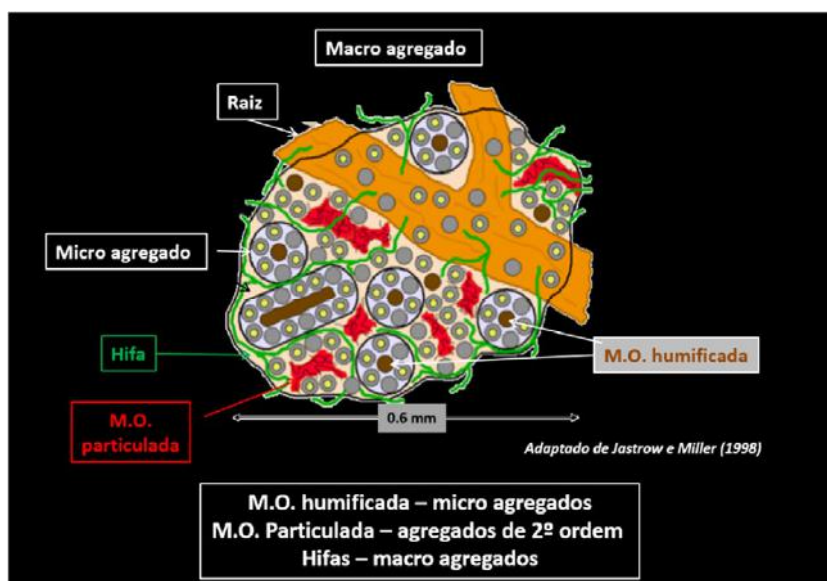
## Aspetos Físicos para a Gestão do Solo e da Fertilidade

Tendo em conta a multiplicidade de funções do solo, os seus aspetos físicos são fundamentalmente importantes para o **crescimento das raízes das plantas**, para o **armazenamento de água**, para a sua **drenagem** e, também, para a **transitabilidade/ acesso** para operações culturais. Todas as funções acima enumeradas estão intimamente relacionadas, e vêm-se afetadas, pelas características de **porosidade** de um dado solo, i.e., pela sua estrutura.

A **porosidade** é caracterizada pela **dimensão dos poros** no solo, pela sua **continuidade** e **estabilidade**, não apenas no momento de instalação das culturas, mas durante todo o ciclo cultural. Quaisquer operações culturais devem ter em conta os parâmetros acima indicados, tentando sempre contribuir para a manutenção da **coesão do solo**.

### ➤ **Crescimento das Raízes das Plantas**

O comportamento físico de um determinado solo, e a sua resposta ao contexto climático, criam as condições para a formação de macroporosidades que irão ser ocupadas pelas raízes das plantas durante o seu desenvolvimento. Estes poros resultam da contração e dilatação dos solos por variações no seu teor de humidade, e dão origem a canais que facilitam a penetração das raízes, a circulação de água e ar em profundidade e, conseqüentemente, o ambiente necessário para o desenvolvimento e atividade das comunidades microbianas.

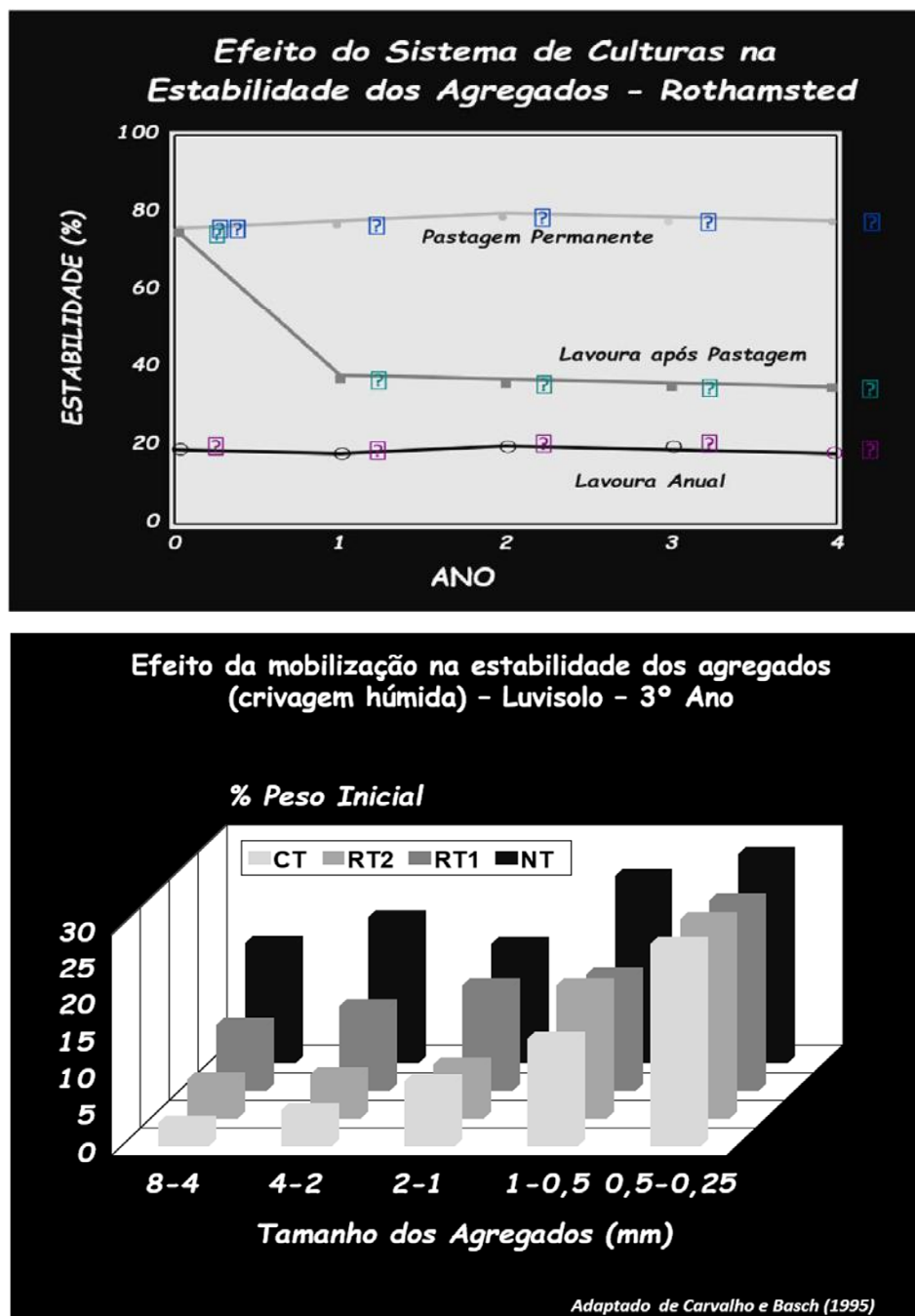


Um solo bem estruturado apresenta agregados de diferentes dimensões, com origem e composição diversas:

- Primeiramente, os **microagregados** que resultam da ligação estável entre a matéria orgânica humificada – ou húmus – e as partículas de argila do solo.
- Em segundo lugar, podemos encontrar **agregados de 2ª ordem**, que consistem na agregação de argila e de microagregados em torno de matéria orgânica particulada, de maiores dimensões.
- Finalmente as hifas fúngicas que se encontram na rizosfera, em contacto íntimo com as raízes das plantas, envolvem todos estes agregados de 1ª e 2ª ordem numa matriz coesa e capaz de se manter estável sob condições de encharcamento ou compressão mecânica – **os macroagregados**.



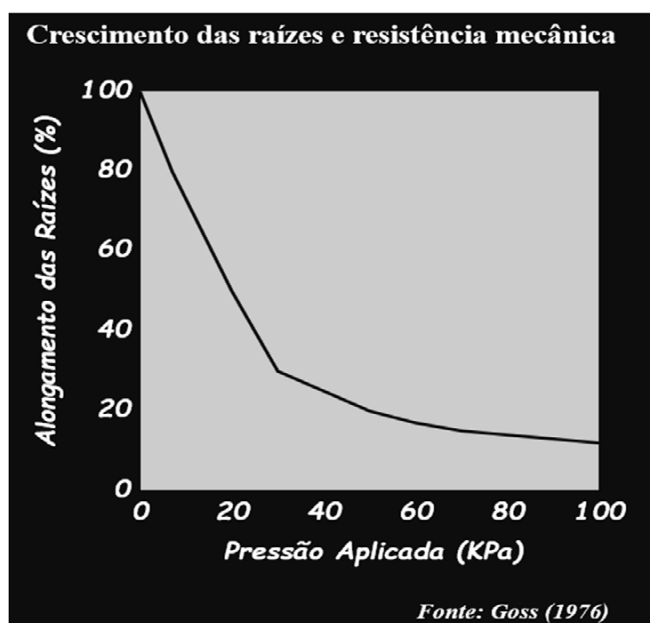
Como foi já referido, as práticas de mobilização de solos em muito contribuem para a destruição dos agregados, particularmente os macroagregados, tendo como consequência a diminuição da porosidade e subsequente perda de estabilidade:



No segundo gráfico, podemos verificar a influência da mobilização do solo na estabilidade dos agregados, segundo a sua dimensão. Comparam-se 4 métodos de gestão, com diferentes níveis de mobilização associados: CT – Mobilização Tradicional, RT2 – Mobilização Reduzida (2), RT1 – Mobilização Reduzida (1) e NT – Sem Mobilização (Sementeira Direta). É possível verificar que, em todas as classes de agregados com mais de 0,5mm, o efeito da mobilização na presença destas classes numa amostra de solo é significativo. A classe dimensional menor é a menos afetada, visto que a estabilidade destes agregados não está tão dependente da presença de hifas como nas outras, sendo o reflexo da presença de matéria orgânica humificada.

Outro fator importante a considerar quando abordamos a questão da porosidade e estabilidade dos agregados do solo, é o seu efeito no crescimento radicular das plantas.

Apenas os pelos radiculares apresentam dimensões pequenas o suficiente (cerca de  $10\mu\text{m}$  para penetrarem nos macroporos (entre os  $30\mu\text{m}$  e os  $50\mu\text{m}$ ). Todas as outras estruturas radiculares de maiores dimensões se desenvolvem por entre os agregados, em poros criados por raízes anteriores ou macrofauna do solo (minhocas, p.ex.). Isto revela-nos que após o processo de desagregação e perda de porosidade associado às mobilizações, as plantas veem a sua capacidade de crescimento radicular muito comprometida, particularmente nas camadas mais profundas do solo, sujeitas ao efeito cumulativo da compactação pelas alfaías e trator (é também importante referir que, mesmo em plantas anuais, o crescimento das raízes se dá em profundidade, atingindo, em boas condições de penetrabilidade, até um metro abaixo da superfície).



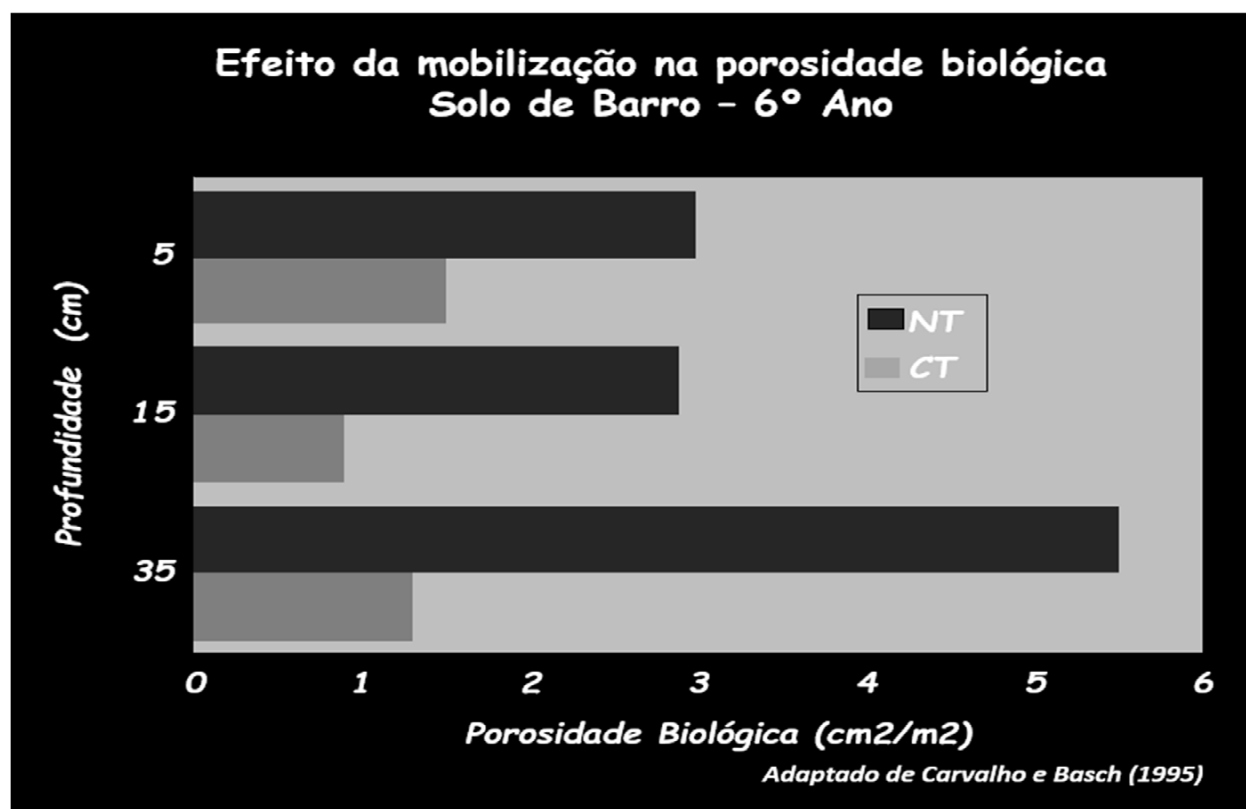
**Diâmetro médio das raízes da cevada:**

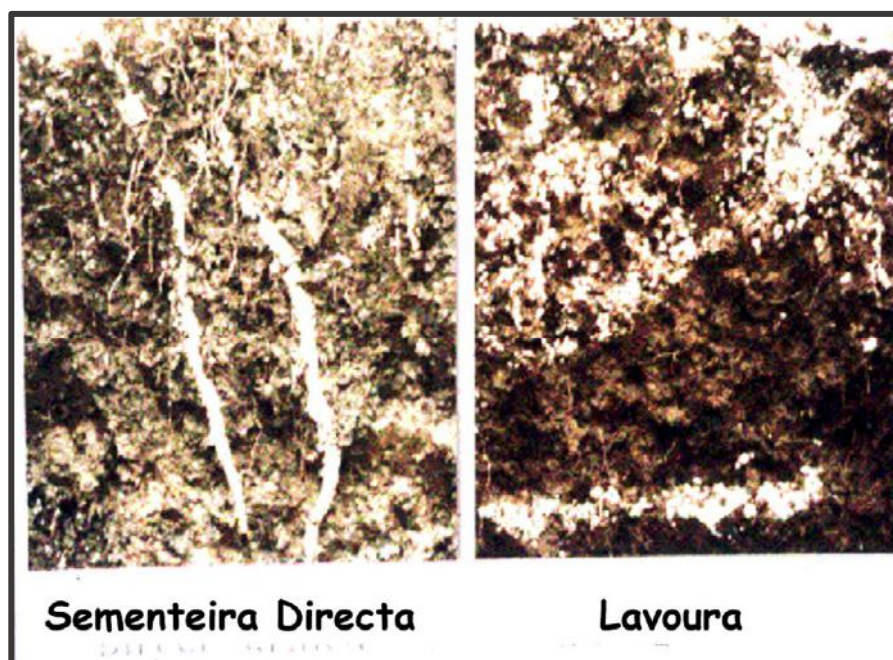
Seminais:  $410\ \mu\text{m}$

Laterais 1ª ordem:  $150\ \mu\text{m}$

Pelos radiculares:  $10\ \mu\text{m}$

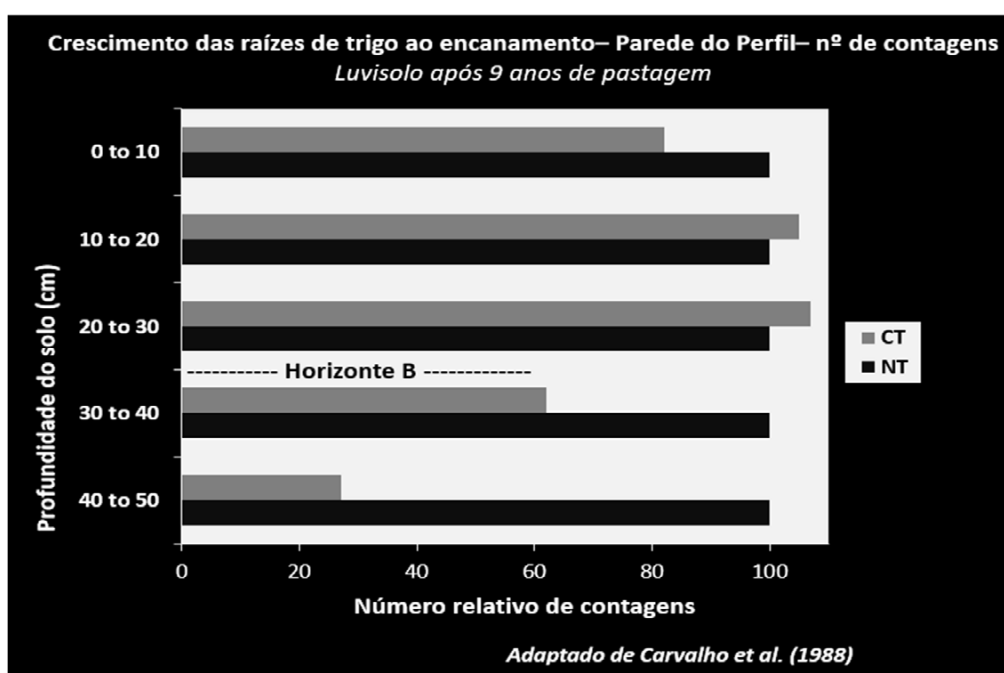
Poros para drenagem:  $30 - 50\ \mu\text{m}$





As imagens acima evidenciam o efeito das mobilizações na porosidade biológica dos solos. Em ambos os casos, foi aplicada uma solução de gesso sobre o solo, com perspectiva de verificar, depois de secagem, qual a estrutura de poros existente. Após escavação, podemos ver que, na imagem da esquerda (parcela sob gestão de mobilização mínima), existem dois grandes canais que se aprofundam no perfil de solo – fruto da ação de minhocas ou outros organismos – bem como uma infinidade de pequenos canais intercomunicantes – espaços radiculares de culturas anteriores – que atravessam todo o perfil, permitindo a circulação de ar e água. Na imagem da direita (parcela sob gestão convencional), verificamos que a continuidade da porosidade se encontra comprometida – manchas brancas uniformes – surgindo um pouco abaixo uma zona sem qualquer penetração de água, limitada inferiormente por uma barreira impermeável – consequência da compactação ao nível base de influência da alfaia.

Também abaixo conseguimos ver o efeito da mobilização na profundidade de penetração de raízes de trigo, em parcelas convencionais (CT) e parcelas de sementeira direta (NT).

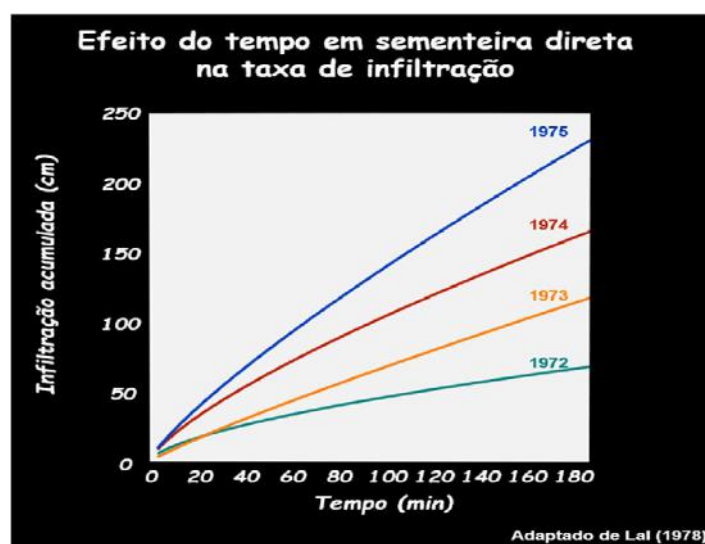


Deste modo, podemos concluir que, para um correto desenvolvimento das raízes das plantas ao longo de todo o perfil de solo, é necessário que se garanta um baixo nível de resistência mecânica em toda a sua profundidade útil. Para isso se conseguir, podemos recorrer aos **processos naturais de formação de porosidade biológica** – que deverão ser mantidos sob uma gestão de conservação e mobilização mínima – ou, então, às **estratégias convencionais de mobilização** – que acarretam sempre os efeitos de perda de permeabilidade em profundidade, mineralização, erosão e diminuição de transitabilidade.

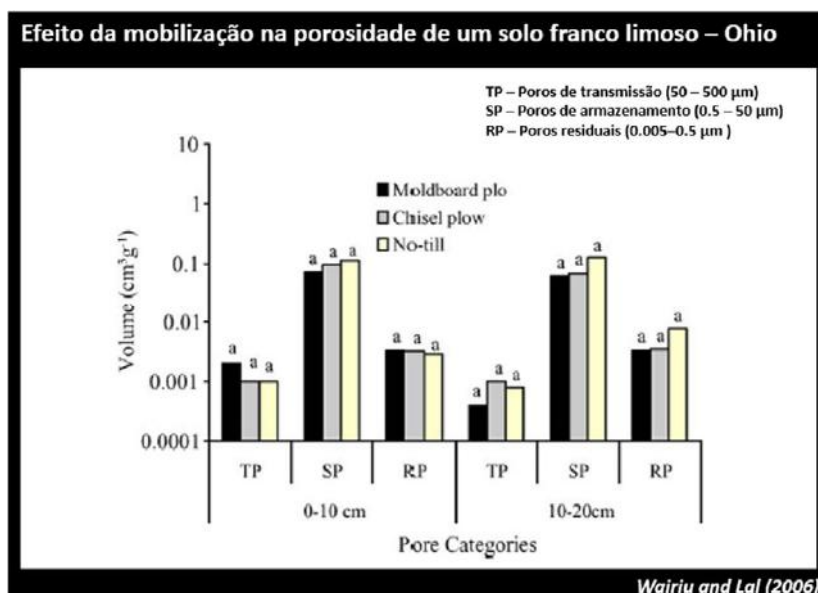
#### ➤ **Armazenamento de Água, Drenagem e Transitabilidade**

Existem duas abordagens centrais para que se aumente o teor de água utilizável nos nossos solos: a **redução do escoamento** e o **aumento do volume de poros que retêm água utilizável**.

Sobre a primeira abordagem, já foram referidos os efeitos da mobilização na capacidade de infiltração de água dos solos: quando eliminamos a macroporosidade, diminuímos a capacidade de infiltração e, consequentemente, aumentamos as perdas por escoamento. Também o gráfico abaixo nos revela os efeitos de 3 anos de sementeira direta na capacidade de infiltração dos solos:

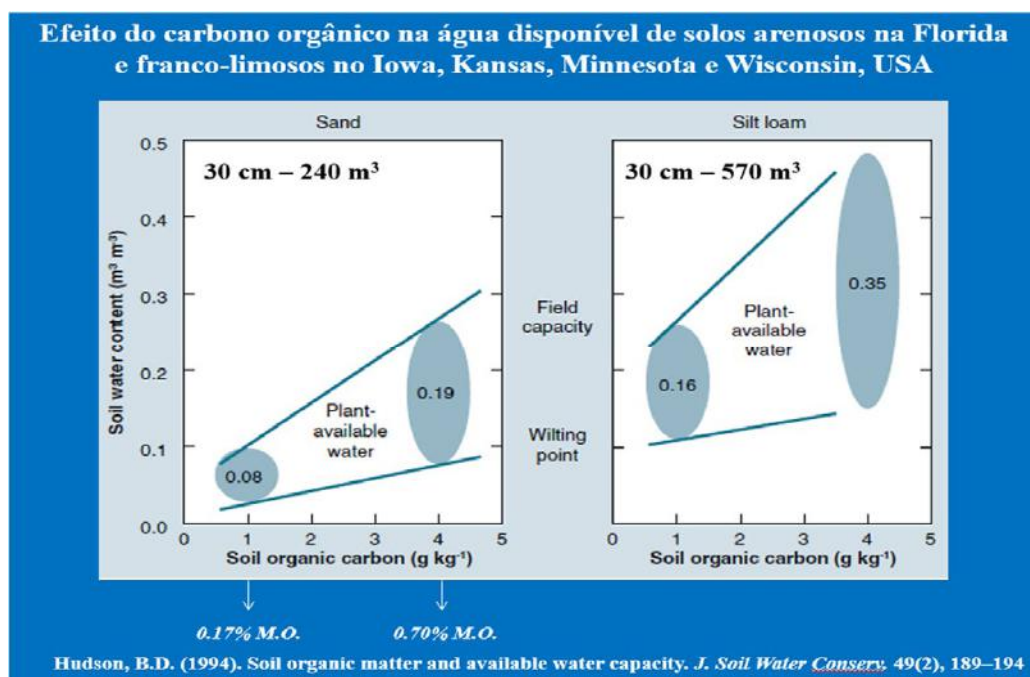


No entanto, estudos indicam que a mobilização, apesar de afetar a capacidade de infiltração, não tem nenhum efeito significativo sobre a capacidade de armazenamento de água ao nível dos poros:

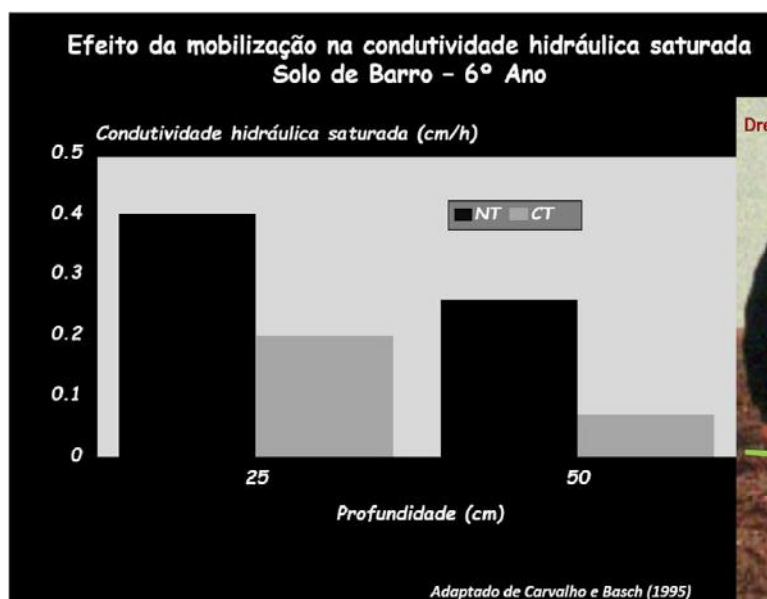




Então, as técnicas utilizadas para este fim – o aumento da água disponível às plantas – devem incidir sobre **o aumento de matéria orgânica nos solos**, cujo efeito podemos observar nos gráficos seguintes:



A gestão da água nos solos é de sobremaneira importante no ambiente mediterrânico. Por termos períodos de pluviosidade curtos, mas intensos, é necessário garantir que a água possa infiltrar, para evitar perdas por escoamento, e drenar eficientemente, sob pena de ser ultrapassada a capacidade de campo e de originarmos fenómenos de encharcamento/ anoxia radicular, com implicações graves no desenvolvimento das plantas, particularmente em culturas de inverno. Aqui também as práticas que minimizam a mobilização têm um papel importante, permitindo uma drenagem mais eficiente pela manutenção da porosidade biológica através dos perfis de solo, e garantindo também a transitabilidade dos terrenos.



## Aspetos Químicos para a Gestão do Solo e da Fertilidade

Para se poder fazer uma gestão correta e efetiva da fertilidade dos nossos solos, devemos sempre conhecer qual o seu teor de nutrientes e a disponibilidade dos mesmos para as plantas.

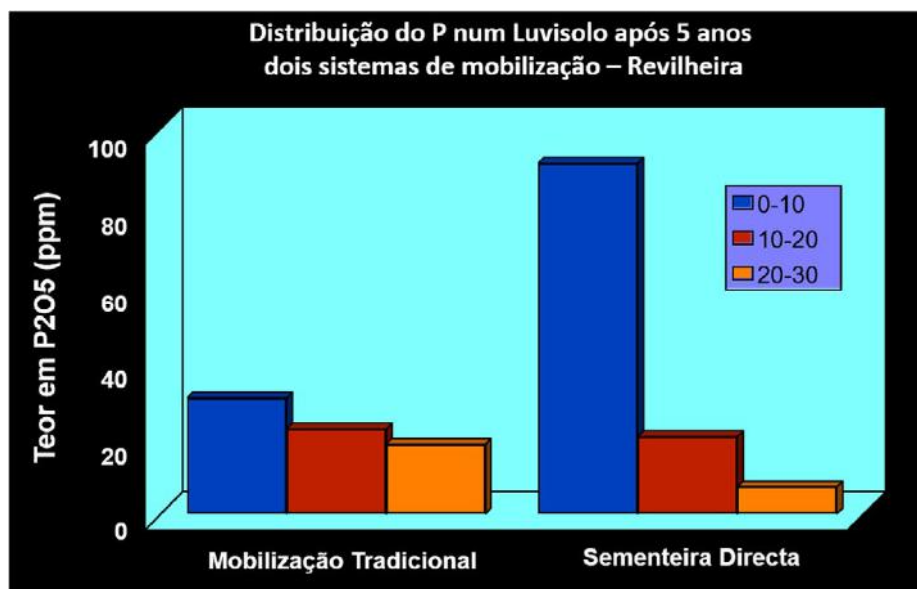
A bibliografia agronómica define três limiares fundamentais para a análise do teor de nutrientes de um dado solo: o **nível deficitário** – em que as quantidades de nutrientes disponíveis são inferiores às necessidades de crescimento das plantas – o **nível agronómico desejável** – em que a quantidade de nutrientes disponível é a adequada ao crescimento vegetal, sem necessidade de fertilização adicional, apenas de reposição depois de uma campanha – e o **nível excessivo** – a partir do qual a presença de um dado nutriente em concentrações excessivas provoca impactos ambientais (toxicidade, eutrofização, etc.), ou toxicidade para as plantas. Estes limiares permitem que seja feito um processo designado de **adubação racional**, que consiste na **avaliação da disponibilidade de nutrientes** – sujeita às suas várias limitações químicas, físicas e biológicas – na **avaliação da produtividade da cultura** – que está relacionada com a gestão, o solo, o clima, etc. – e na **avaliação das perdas** – também muito dependente das características do ano agrícola para o qual se está a fazer a análise.

Assim, no processo de adubação racional, existe um enorme conjunto de variáveis que influenciam a decisão final sobre que quantidade e qualidade de adubo deve ser aplicado, mas que muitas vezes são desconsiderados, sendo apenas feitas recomendações com base em valores referência, refletidos da bibliografia. **É fundamental que se façam análises químicas de um solo, mas igualmente importante é saber interpretá-las face ao contexto específico.**

Também o **método de análise** é de grande importância para a interpretação de um dado perfil analítico. Abaixo podemos ver os resultados de uma análise ao fósforo (P) de dois solos calcários da região de Avis. Na coluna da esquerda, utilizando o método de Egner-Riehm, ambos os solos apresentavam níveis “muito altos” de fósforo. A mesma amostra, analisada através do método de Olsen, na coluna da direita, deu resultados significativamente diferentes: a primeira amostra apresentava um nível “muito alto” de fósforo, enquanto a segunda apresentava um nível “muito baixo”. Este fenómeno está relacionado com a adequabilidade de cada um dos métodos ao pH do solo em questão. No caso de solos alcalinos ( $\text{pH} > 7$ ) o método de Olsen é o mais indicado.

<b>Análises de solo (P) – Solo calcário - Avis</b>		
<b>pH</b>	<b>Egner-Riehm</b>	<b>Olsen</b>
<b>7.9</b>	<b>231 (muito alto)</b>	<b>62 (muito alto)</b>
<b>8.1</b>	<b>211 (muito alto)</b>	<b>18 (muito baixo)</b>

Finalmente, a **profundidade a que são recolhidas as amostras é de extrema importância** para uma correta avaliação do teor de nutrientes. Diferentes nutrientes apresentam diferentes padrões de acumulação nos solos, variando também consoante as práticas de gestão adotadas. Assim, é fundamental que, para uma correta monitorização do conteúdo em nutrientes de um solo ao longo dos ciclos produtivos, as **amostras sejam feitas sempre à mesma profundidade**.



Um fator crucial a ter em conta quando são feitas recomendações de adubação, particularmente com adubos químicos, é a solubilidade do composto fertilizante no solo em que será aplicado. É muito comum, especialmente no caso do fósforo (P), a escolha do adubo ser recomendada sem consideração pelo pH do solo em que será aplicada, podendo esse adubo ter efeitos muito reduzidos na disponibilidade para as plantas.

Kg de P aplicados como superfosfato para igualar a produção conseguida com 100 kg P aplicados com cada um dos outros adubos			
Nabo			
Solo	pH<5.5	pH 5.5-6.5	pH >6.5
Nº Ensaio	10	22	3
Fosf. Dicalcico	97	85	95
Silico-fosfato	90	84	52
<u>Gafsa</u>	<u>91</u>	<u>86</u>	<u>12</u>
Batata			
Solo	pH<5.5	pH 5.5-6.5	pH >6.5
Nº Ensaio	10	15	9
Fosf. Dicalcico	122	62	84
Silico-fosfato	92	56	30
<u>Gafsa</u>	<u>34</u>	<u>37</u>	<u>4</u>

No caso do potássio (K), é também importante perceber que este é um **nutriente muito suscetível à lixiviação**, isto é, à sua remoção do solo por dissolução ou lavagem e escorrência ou infiltração. Para além das perdas por lavagem, as plantas apresentam um consumo de luxo quando a disponibilidade de K é elevada. Ensaio de suplementação em K à cultura de azevém revelaram que em situações de grandes aplicações de K ao solo, apesar de ter havido uma grande remoção do nutriente pela cultura, **a produtividade não teve um aumento significativo** e, por outro lado, o K de troca no momento final **não aumentou proporcionalmente com a adição inicial**, indicativo de que muito do K aplicado foi lavado do sistema.

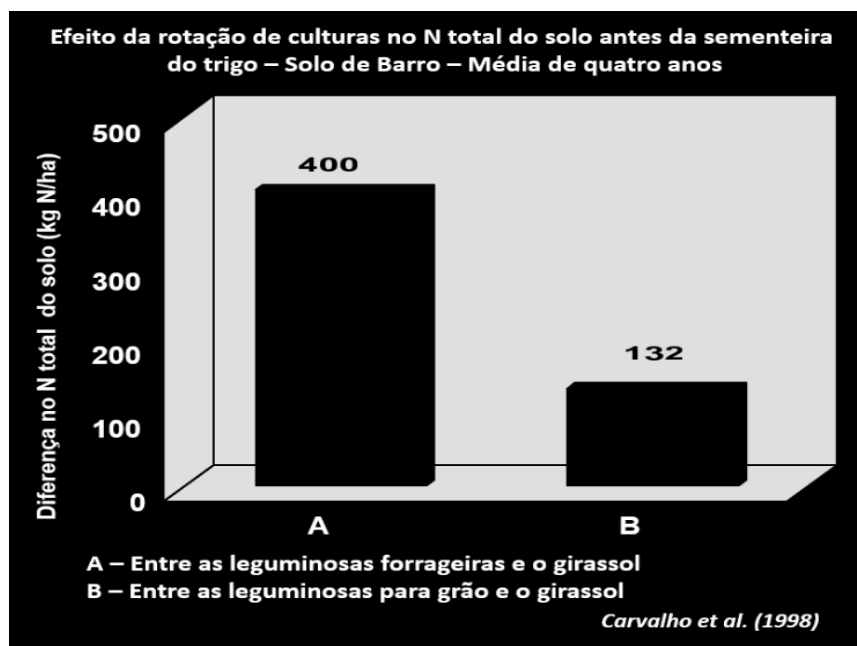
### Absorção de Potássio pelo Azevém Valores referentes a 4 Anos

K adicionado kg.ha <sup>-1</sup>	K extraído kg.ha <sup>-1</sup>	Decréscimo K do solo kg.ha <sup>-1</sup>	K troca no final mg/100g	Produção t ms.ha <sup>-1</sup>	% K na ms
0	660	660	6.8	36	1.9
250	840	590	6.8	38	2.2
500	1030	530	6.6	39	2.6
1000	1290	290	9.9	40	3.2

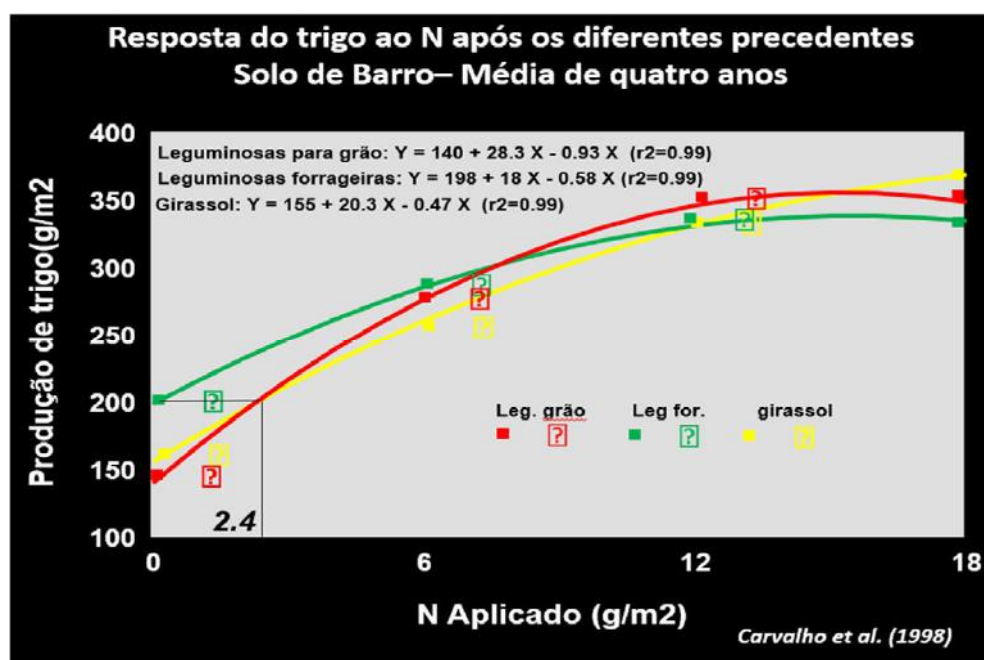


## O papel da matéria orgânica na gestão da fertilização azotada

É reconhecido o papel das leguminosas integradas em sistemas rotacionais para a manutenção da diversidade biológica do sistema, contribuindo para o fornecimento de matéria orgânica aos solos e para a manutenção da atividade microbiológica. É também comum a ideia de que a produção de leguminosas contribui para o aumento do teor de azoto nos solos, o que pode ser observado no gráfico abaixo, relativo à quantidade de azoto num solo onde será cultivado trigo, após produção de leguminosas forrageiras e para grão, comparativamente com uma cultura de girassol, à data de sementeira do trigo:

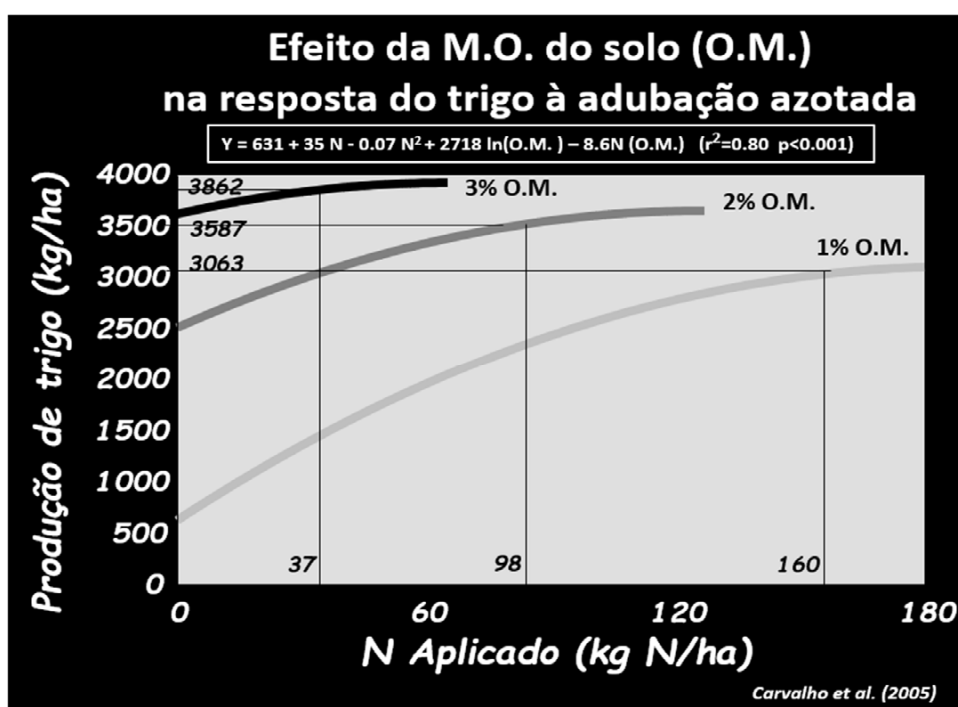
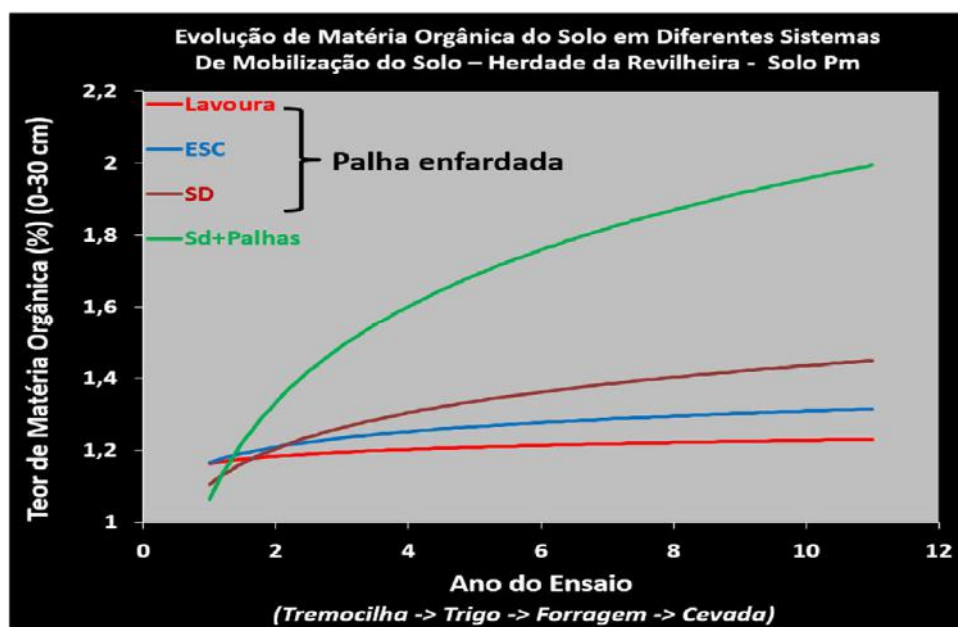


Podemos verificar que, em comparação com a cultura do girassol em rotação, o cultivo de leguminosas aumentou consideravelmente a quantidade de azoto no solo à data da instalação do trigo. No entanto, ao longo do ciclo de produção, foi verificado que a cultura de trigo respondeu positivamente às adições de azoto suplementares, o que nos indica que, apesar do aumento relativo de azoto na fase de instalação da cultura, a utilização de leguminosas não garante o fornecimento de azoto necessário durante todo o ciclo cultural.



Assim, é importante frisar que qualquer estratégia direcionada ao aumento da resposta das culturas à fertilização azotada deve basear-se no aumento da matéria orgânica nos solos.

Os dois gráficos seguintes mostram, primeiramente, o efeito do sistema de mobilização no fornecimento de matéria orgânica aos solos (numa rotação que inclui leguminosas) e também a resposta da cultura de trigo ao azoto, em função do teor de matéria orgânica do solo.

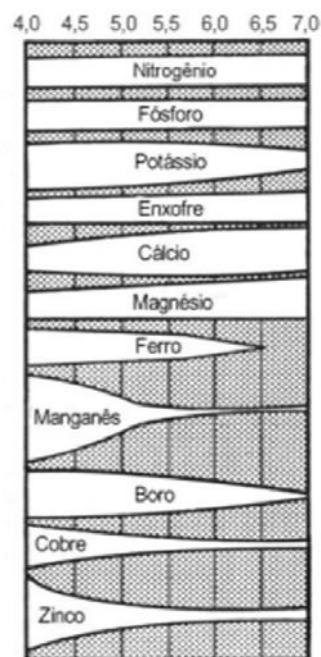


Através do segundo gráfico, conseguimos verificar a grande influência da M.O. do solo na resposta da cultura ao azoto. **Para atingir o mesmo valor de produção de um solo com 2% de M.O., teríamos de adicionar um excesso de 123kg de azoto por hectare a um solo com apenas 1% de M.O.** (nota: a curva de resposta para um solo com 3% de M.O. é resultado de uma extrapolação de modelo matemático, não tendo sido possível a recolha de dados por não ter sido atingido o nível de M.O. indicado).

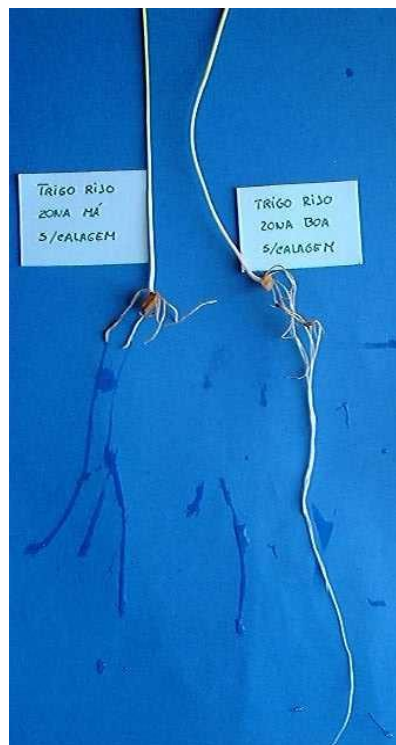
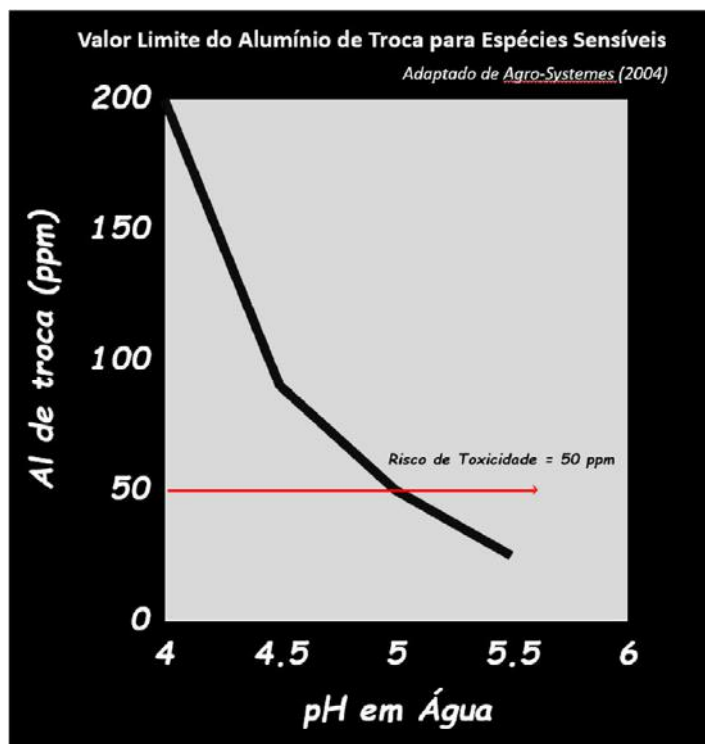
## Correção da Acidez do Solo

Como referido anteriormente, os solos portugueses apresentam-se tipicamente como solos ácidos, o que origina, para além de problemas de disponibilidade de nutrientes, particularmente do fósforo, fenómenos de toxicidade. Existem duas perspetivas sobre que tipo de intervenção deve ser feita num solo, para melhor equilíbrio do pH: uma que defende que **as correções de pH – nomeadamente a calagem – deveriam ser feitas sempre no sentido de aproximar o pH dos 6.5**, valor considerado como ideal. Uma perspetiva alternativa defende que **o pH apenas deve ser corrigido nos limiares da toxicidade**, assumindo que a produtividade de um solo de pH 6 é igual à de um solo com pH 6.5, e que mesmo ambientes mais ácidos contribuem para a disponibilidade de alguns nutrientes.

É importante que sejam conhecidas as principais toxicidades associadas a solos mais ácidos. Estas podem ser de **Alumínio**, **Manganês** e, nalguns contextos, de **Ferro**.



- **Toxicidade de Alumínio (Mn):** caracteriza-se por um atrofiamento marcado do sistema radicular, com forte inibição de crescimento, originando ainda o bloqueio da absorção e translocação de fósforo pelas raízes à parte aérea. Uma toxicidade de alumínio (Al) é facilmente discriminável através de uma análise de solos que considere a proporção de alumínio nos complexos de troca catiónica – **Al disponível superior a 50ppm/ pH < 5.5/ % Al troca > 30% a 40% consoante a cultura.**



- **Toxicidade de Manganês (Mn):** é caracterizada por efeitos mais marcados na parte aérea do que no sistema radicular. É de diagnóstico mais difícil por não haver métodos de análise laboratorial que a identifiquem com segurança. Através de ensaios experimentais, baseados na correção dos solos, foi verificado o efeito da concentração de Mn nas folhas de trigo e nas raízes de trevo subterrâneo no desenvolvimento vegetativo de ambas as espécies.

Os resultados são visíveis nas imagens, tendo sido identificado um limiar de concentração foliar do nutriente (reflexo da sua biodisponibilidade no solo) que compromete o desenvolvimento das culturas:

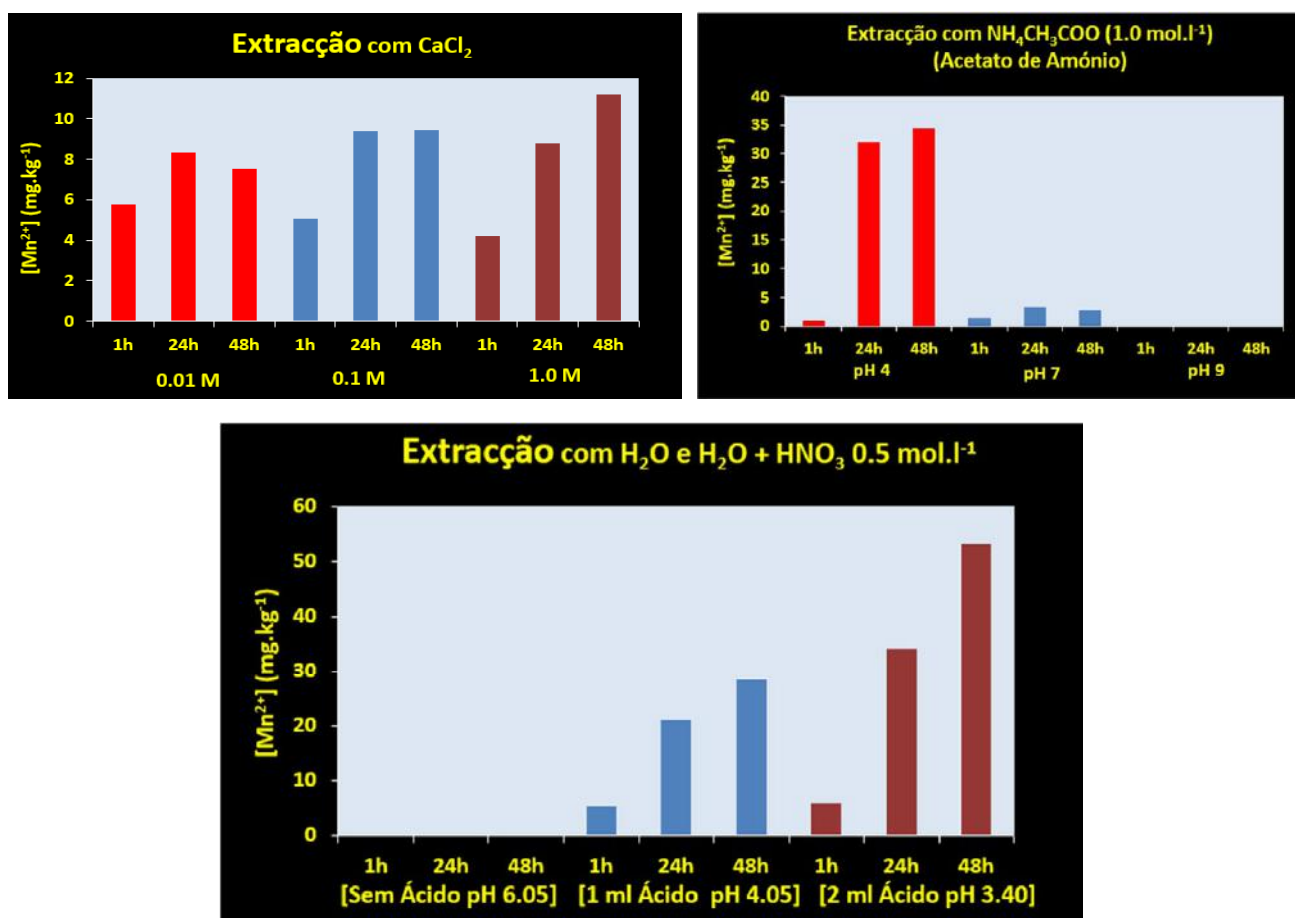


Note-se, na segunda imagem, o efeito inibitório do Mn na produção de nódulos radiculares de *Rhizobium* (bactéria simbiótica de espécies leguminosas, fixadora de azoto atmosférico).



A dificuldade em identificar situações de toxicidade de Manganês em análises químicas de solo está relacionada fundamentalmente com a **forma na qual o Mn se encontra**, e a sua respetiva solubilidade e biodisponibilidade: os métodos de análise para o Mn são aplicados sob amostras de solo expostas ao ar. Nestas situações, o **Mn encontra-se na sua forma oxidada, pelo que a sua solubilidade é 1000 vezes inferior à das formas reduzidas do elemento**. Assim, um solo que apresente concentrações baixas de Mn oxidado – evidente nas análises, mas pouco problemático – pode apresentar efeitos de toxicidade quando, por exemplo, é encharcado e os níveis de oxigénio baixam, reduzindo o Mn à sua forma mais solúvel.

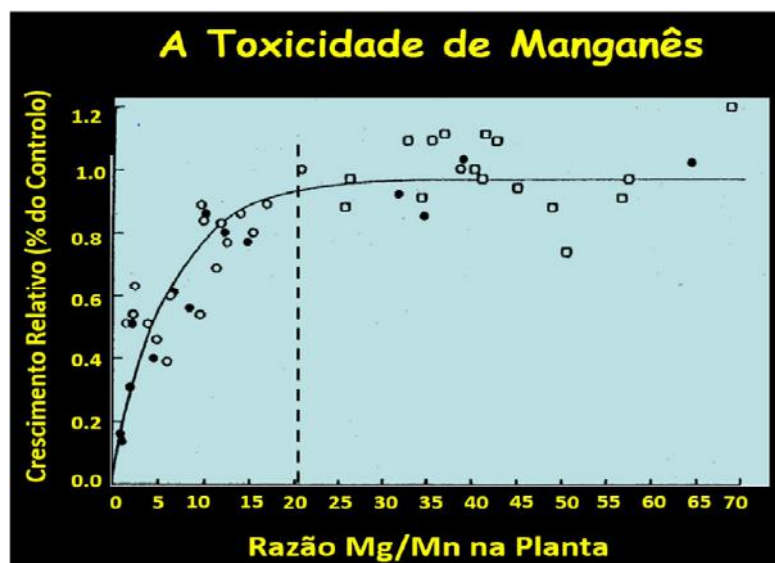
Também a concentração da solução extratante, o seu pH e o tempo que a solução passa em contacto com a amostra – normalmente, os laboratórios deixam a amostra em reação durante 1h – afetam os resultados patentes nos boletins de análise:



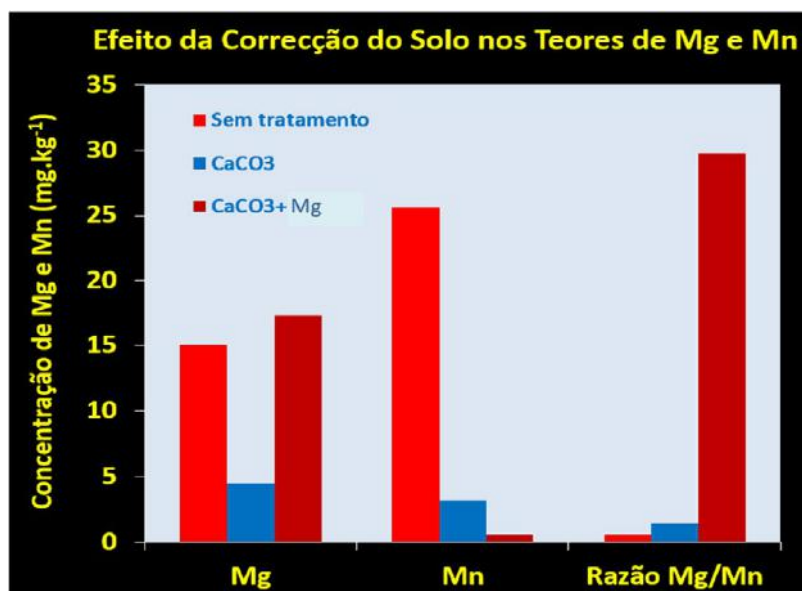
Assim, depreendemos que num contexto real de produção, as concentrações de Mn num solo podem ser erroneamente desconsideradas, surgindo ainda assim problemas graves de toxicidade ao longo do ciclo cultural, por incapacidade de deteção atempada dos níveis reais do nutriente na solução do solo. Nestes casos, a identificação do problema pode apenas representar a “certidão de óbito” da cultura, por ser já tarde demais para intervir.

Um outro problema associado à deteção da toxicidade de Manganês está relacionado com a sua **razão de concentração** com o Magnésio (Mg), tanto nos tecidos da planta, como na solução nutritiva do solo.

Devido às suas características de polaridade molecular, ambos os elementos são utilizados pelas enzimas da planta em processos análogos, dando a planta preferência ao Magnésio nas situações em que a razão entre as concentrações dos dois nutrientes – Mg/Mn – é inferior a 20/1. A partir desse limiar, o recurso ao Mn torna-se mais frequente, originando fenómenos de stress oxidativo e inibição de crescimento. Note-se que esta relação é independente da concentração de cada um dos elementos na planta, i.e., valores mais elevados de Mn na planta não comprometiam o crescimento, desde que compensados na razão de 20/1 pelo Mg.



Verificamos, portanto, que a identificação de problemas de toxicidade de Mn através de processos analíticos do solo é muito difícil, sendo por vezes impossível fazer recomendações atempadas de resolução do problema, antes que o efeito já seja visível e irreversível nas culturas. Também vemos o efeito da presença do Mg como tampão para os efeitos do Mn nas plantas. Assim, as recomendações de correção incidem sobre a aplicação de calcário dolomítico – uma forma de calcário enriquecida com Magnésio – a solos que apresentem uma acidez mais alta (maior disponibilidade de Mn), em vez do uso de calcário normal. O aumento da concentração de Mg aliado à redução da disponibilidade de Mn faz com que a razão entre os dois nutrientes no solo aumente, diminuindo os efeitos tóxicos já mencionados.



Através da observação da vegetação espontânea, especialmente em pastagens, podemos inferir sobre eventuais problemas de toxicidade associados às concentrações de Mg e Mn.

Na imagem da esquerda, podemos verificar que existe uma predominância de azedinha (*Rumex bucephalophorus*) na composição herbácea da pastagem, fora da copa da árvore. A presença desta espécie é indicadora de que poderá existir um problema de toxicidade de Mn, visto que ela apresenta uma grande tolerância ao nutriente. Debaixo da árvore, o maior teor de matéria orgânica permite que o pH do solo seja ligeiramente menos ácido, que o Mn esteja menos disponível e que exista também uma maior concentração de Mg ( $Mg/Mn$ ). Nesta situação, todas as outras espécies da pastagem veem o seu crescimento menos comprometido, tomando vantagem sobre o crescimento de azedinha.



O mesmo pode ser inferido através da dominância de margaça (*Chamaemelum mixtum*) numa pastagem – imagem da direita. Esta espécie é extremamente tolerante ao encharcamento, condição que provoca um grande aumento da disponibilidade de Mn, inibindo assim o crescimento de espécies mais sensíveis das famílias das leguminosas e das gramíneas. As correções com calcário dolomítico apresentam-se como a melhor solução para mitigar os problemas de toxicidade de Mn, como se pode verificar pelos exemplos seguintes, nos quais podemos comparar o crescimento vegetativo de diferentes pastagens em solos corrigidos com calcário dolomítico, contra o crescimento em parcelas não corrigidas:





**Abegoaria (Podzois e Regossolos)  
Correcção com 1,5 t/ha  
de calcário dolomítico (2014)**



**Sesmaria – Vizinho  
Mesmo solo não corrigido**



**18 de Janeiro de 2016 – Vendas Novas 18/ 01/ 2016**

**Fotografia Aérea da Herdade da Abegoaria – 17/ 04/ 2018**



## **Alteração climática ou degradação do solo?**

**Alcáçovas → Torrão - 2 Montados separados pela estrada – Nov./2017**





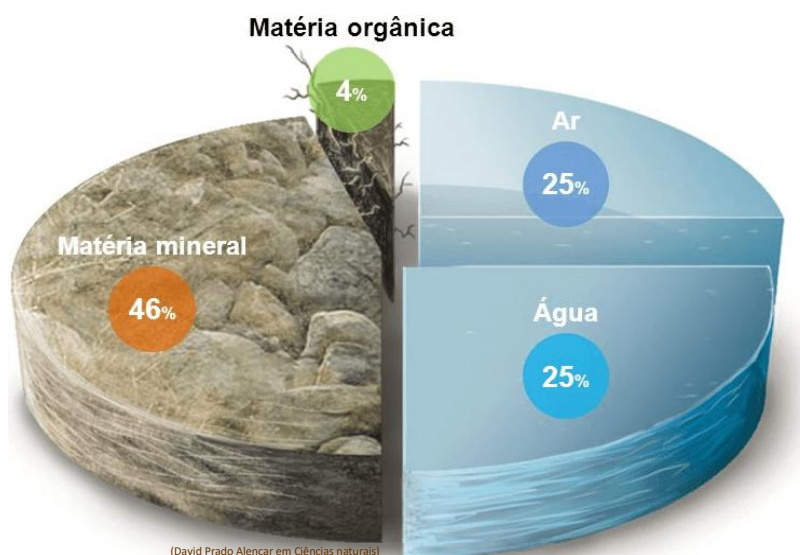
## (Micro)Biologia do Solo

Isabel Brito – MED/UÉvora  
[ibrito@uevora.pt](mailto:ibrito@uevora.pt)



### O Solo

Antes de mais, é importante que se defina o que é o solo, e os seus diferentes constituintes:



O solo é composto por diferentes fases (sólida, líquida e gasosa), que interagem entre si, formando uma matriz heterogénea que serve de suporte às comunidades microbianas que nela vivem, permitindo o desenvolvimento das raízes das plantas e o seu suporte mecânico.

Um solo saudável apresenta uma fase sólida de aproximadamente 50% do volume total, sendo esta constituída principalmente por matéria mineral (45% a 50%), sendo essa fase complementada pela matéria orgânica presente (0% a 5%).

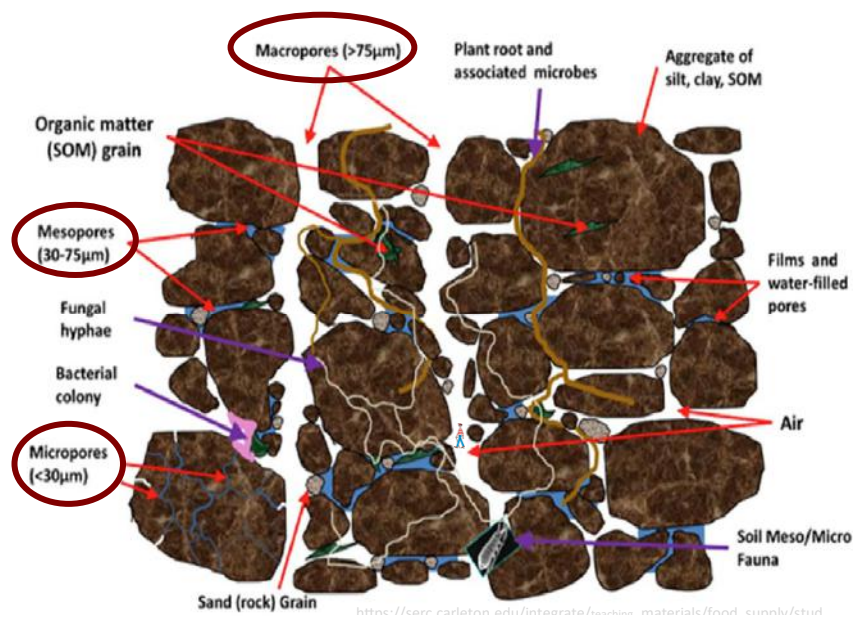
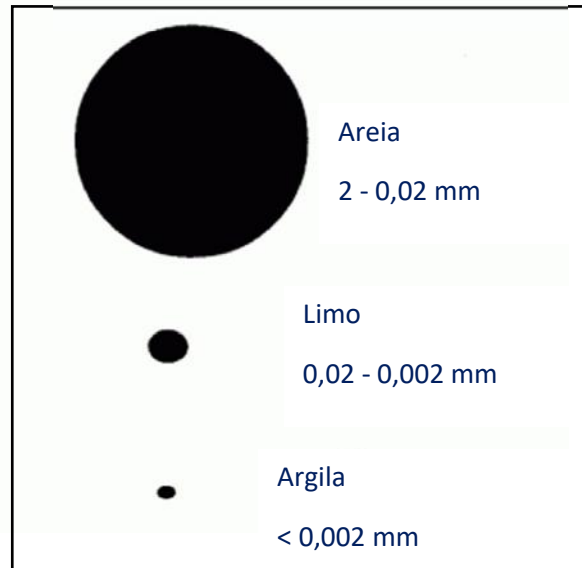
A fase fluida do solo reparte-se entre a sua componente líquida – água – (25%) e a sua componente gasosa – ar – (25%). Estas duas componentes são dinâmicas e vêem-se afetadas pela capacidade de retenção de água do solo, pela sua porosidade e condutividade hídrica. Em determinados momentos, a água pode tomar conta de todos os espaços ocupados pelo ar – em situações de encharcamento – e o mesmo acontece no sentido oposto – em situações de défice hídrico.

A componente mineral do solo pode ser caracterizada segundo as dimensões das partículas que a formam: **a areia** (dimensões entre os 2 e os 0,02 mm), **o limo** (dimensões entre os 0,02 e os 0,002 mm) e **a argila** (dimensões inferiores a 0,002 mm).

A predominância de uma destas categorias, ou a relação entre elas na composição do solo, irá definir a sua **textura**.

A associação das partículas elementares pela matéria orgânica constitui os agregados do solo. A forma como estes agregados se agrupam e os espaços vazios que ficam entre eles definem a estrutura do solo e a sua porosidade.

## Partículas elementares

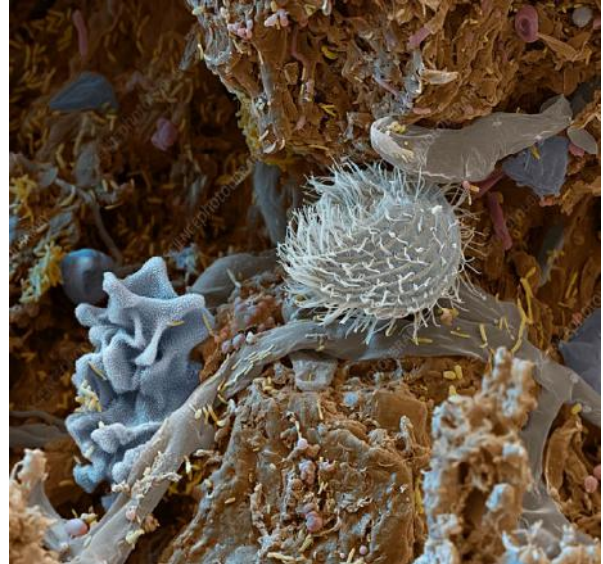


É nesta matriz de agregados e poros que se desenvolve a atividade microbiana e onde podemos encontrar a enorme diversidade de microrganismos que habitam os solos.



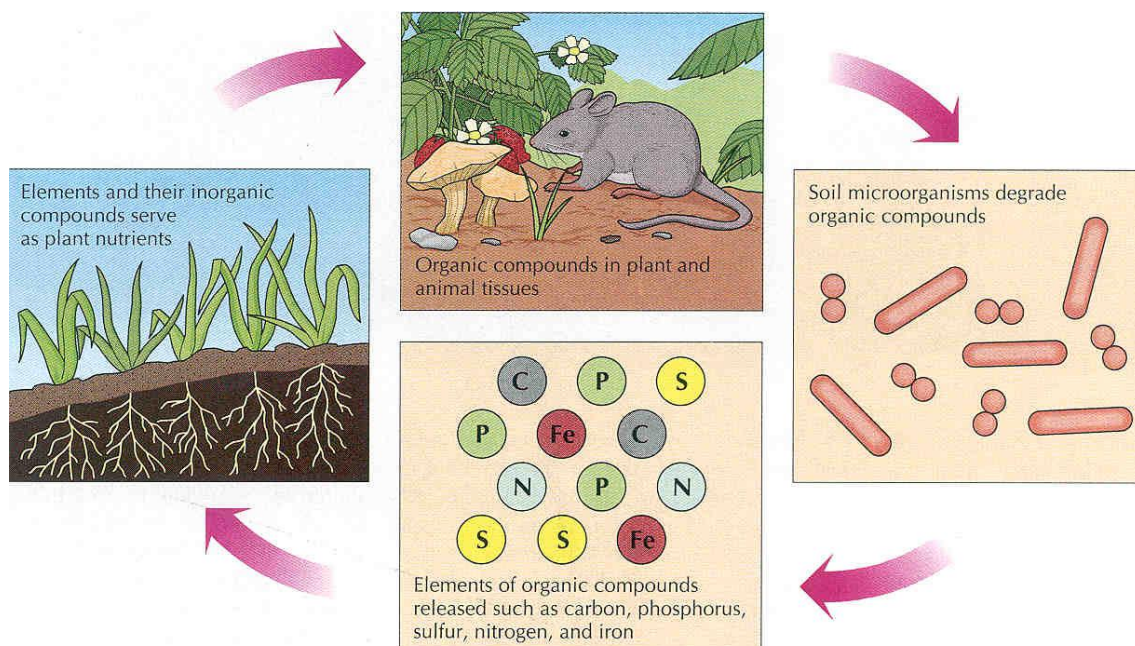
Estes microrganismos desenvolvem-se onde encontram condições favoráveis à sua proliferação e estão sobretudo associados às raízes das plantas, sendo responsáveis por um enorme conjunto de funções, algumas delas indispensáveis à manutenção da vida na Terra:

- **Decomposição de Matéria Orgânica;**
- **Agregação de Partículas;**
- **Estabilidade Estrutural;**
- **Interações Bióticas;**
- **Fixação de Azoto;**
- **Produção de Compostos Químicos;**
- **Degradação de Xenobióticos;**
- **Sequestro de Carbono (Biomassa).**



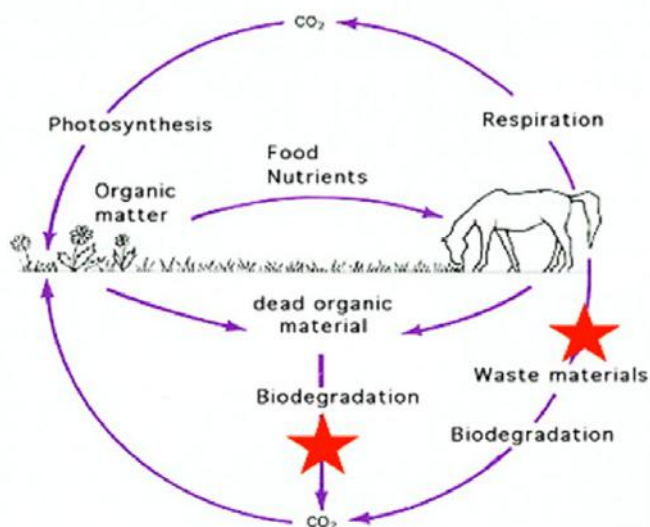
#### ➤ **Decomposição de Matéria Orgânica**

Por mais complexo que seja um ecossistema e as relações existentes entre os diferentes organismos que o constituem e suportam, é através da ação dos microrganismos do solo que é feita a reciclagem e mineralização dos nutrientes que servirão de base para a produção primária. Estes processos de recirculação são a base para a manutenção das condições de fertilidade de um solo, permitindo a recuperação de elementos imobilizados.

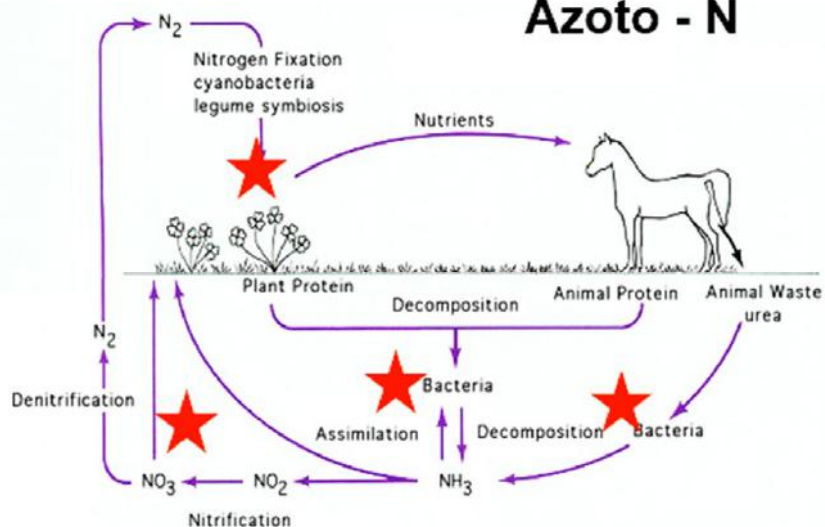


## ★ Acção microbiana

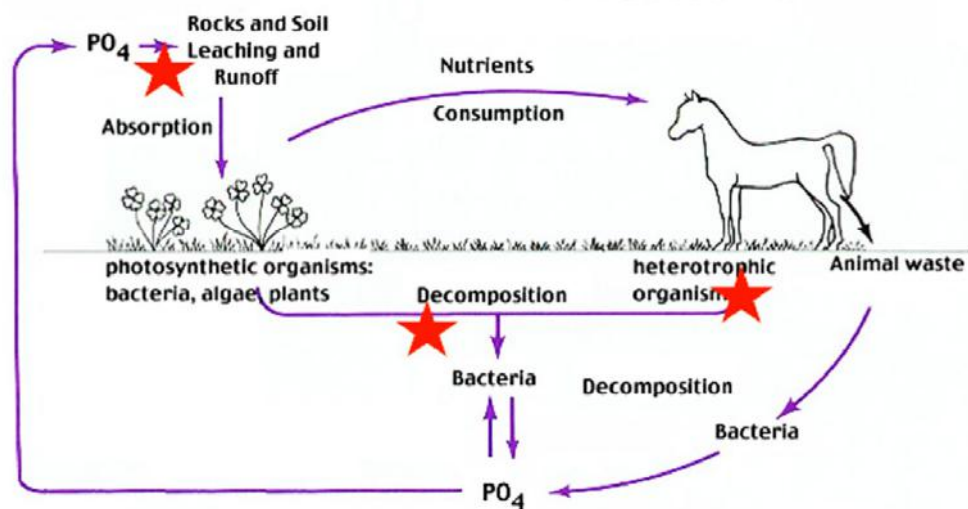
### Carbono - C



### Azoto - N



### Fósforo - P





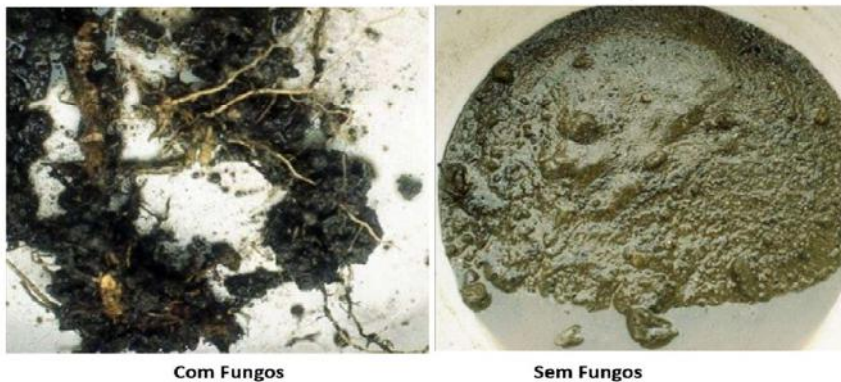
### ➤ **Agregação de Partículas e Estabilidade Estrutural**

A presença de comunidades microbianas saudáveis e funcionais revela-se como um fator fundamental para a manutenção da estrutura dos solos, particularmente ao nível da agregação de partículas e manutenção da coesão da matriz do solo. Através da colonização radicular por parte de hifas de fungos micorrízicos, e do desenvolvimento de biofilmes bacterianos em torno de micro e macroagregados (EPS – Exopolissacáridos), é mantida a estabilidade dos poros e a permeabilidade dos solos.

## **Agregação de partículas**

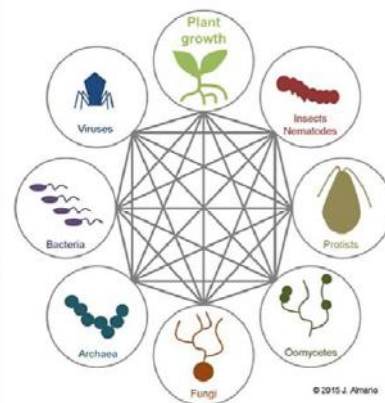
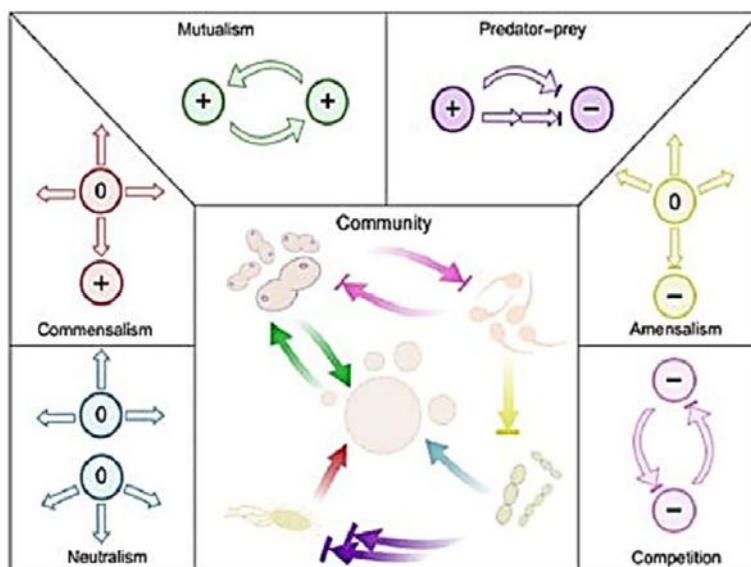
**Fungos filamentosos e bactérias EPS**

### **Estabilidade estrutural em água**



### ➤ **Interações Bióticas (Mutualismo, Predação, Comensalismo, etc.)**

Na ótica da saúde dos solos e da produção vegetal, é comum serem referidas as interações simbióticas mutualistas entre plantas e microrganismos como aquelas mais importantes para a manutenção de boas condições de crescimento para as plantas. No entanto verifica-se uma complexidade consideravelmente maior de interações que envolvem microrganismos. Destas interações pode depender por exemplo o controlo de populações de agentes patogénicos (predação ou parasitismo).



### ➤ Produção de Compostos Químicos

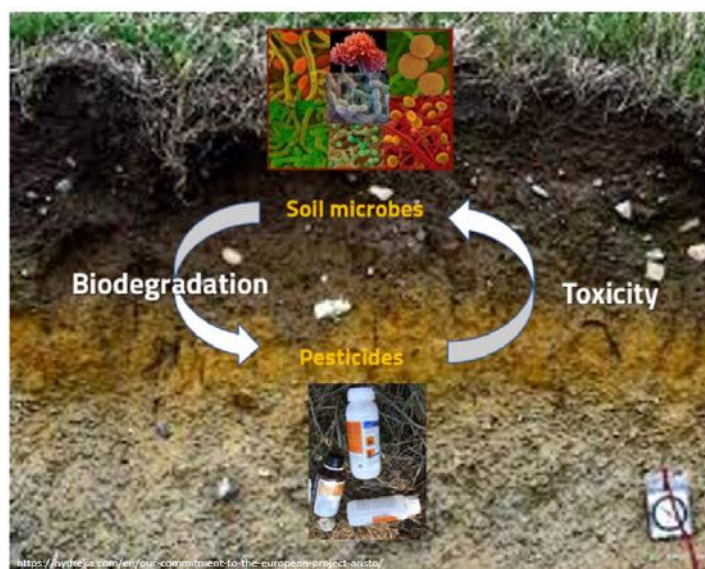
As comunidades microbianas existentes nos nossos solos são uma fonte de compostos químicos, alguns ainda desconhecidos, que podem ser de enorme importância no desenvolvimento de novos produtos e soluções de base natural, como sejam os antibióticos. Através da identificação e isolamento de um determinado grupo de microrganismos, conseguimos saber mais sobre os mecanismos químicos que estes utilizam para se desenvolver e, potencialmente, como poderemos tirar partida desses mecanismos para enfrentar os desafios que o futuro nos coloca. É por isso da maior importância a conservação e preservação deste potencial genético, particularmente ao nível dos solos.

## Antibióticos



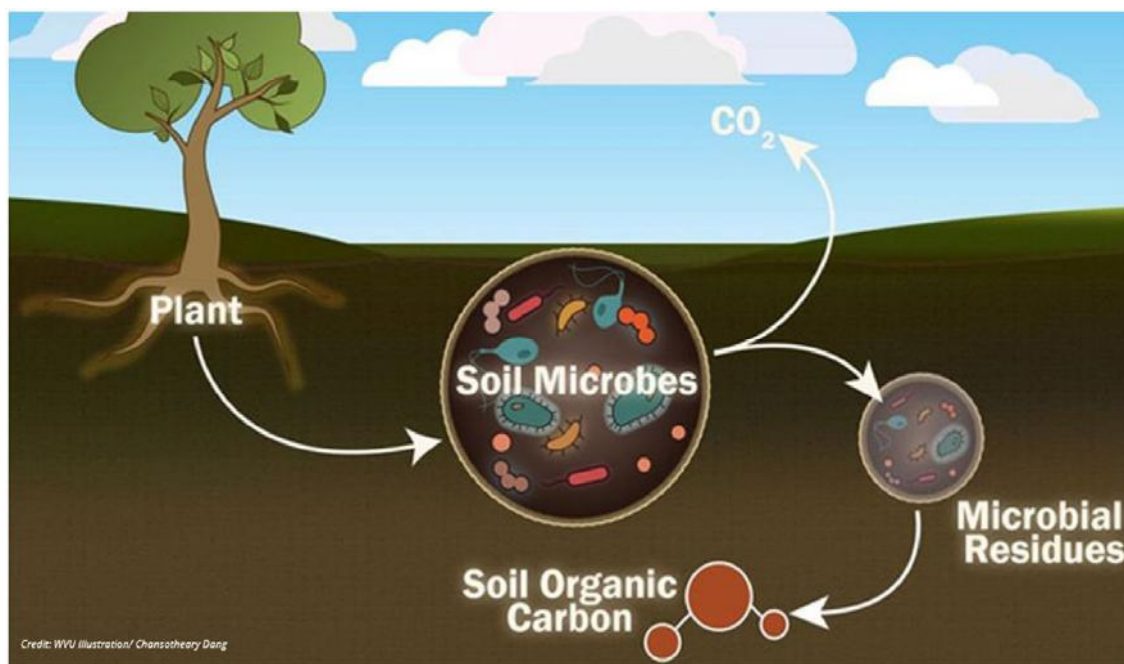
### ➤ Degradação de Xenobióticos

Tendo em conta a crescente e transversal utilização de compostos biocidas (pesticidas, inseticidas, fungicidas, bactericidas) – xenobióticos – nos sistemas de produção alimentar, é de enorme importância a capacidade que alguns microrganismos têm para degradar estes mesmos compostos, diminuindo a sua toxicidade e evitando contaminações que vão para além da sua utilização pretendida. É graças à ação dos microrganismos que muitos destes compostos conseguem ser degradados, modificados e removidos dos solos, mantendo a sua saúde e capacidade produtiva.



➤ **Sequestro de Carbono (Biomassa)**

É do conhecimento geral que o único grupo de organismos capazes de fazer fixação de carbono atmosférico são as plantas, que através da fotossíntese, conseguem produzir hidratos de carbono utilizando o dióxido de carbono da atmosfera como fonte de carbono e a luz solar como fonte de energia. No entanto, como já foi referido, a presença de plantas garante a manutenção de comunidades saudáveis e diversas de microrganismos que, ao longo da sua vida, vão assimilando esses compostos orgânicos e criando uma reserva considerável de carbono nos solos, que se estima ser três vezes superior à quantidade de carbono atmosférico. Assim, de uma maneira indireta, os microrganismos do solo contribuem para o sequestro de carbono pela acumulação da sua biomassa nos sistemas terrestres.



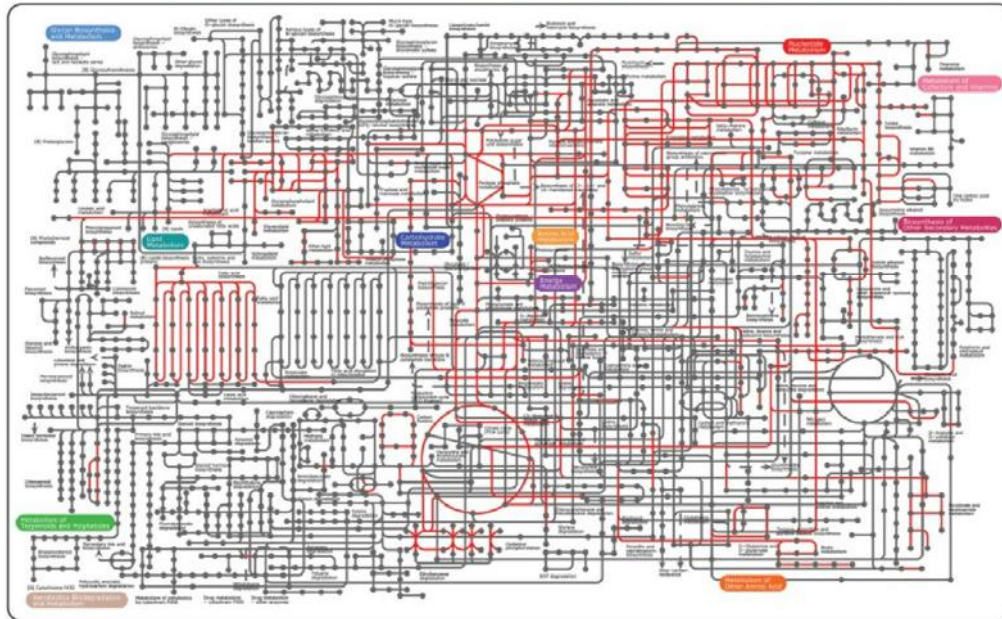
### Os Micróbios do Solo em Números

Os microrganismos do solo representam mais de 25% da biodiversidade do planeta. Estes seres vivos guardam um potencial genético de valor incalculável e são fundamentais para a manutenção da vida nos ecossistemas globais. São comunidades incansáveis, que continuamente providenciam serviços como os referidos anteriormente, sem folgas, descanso ou férias!

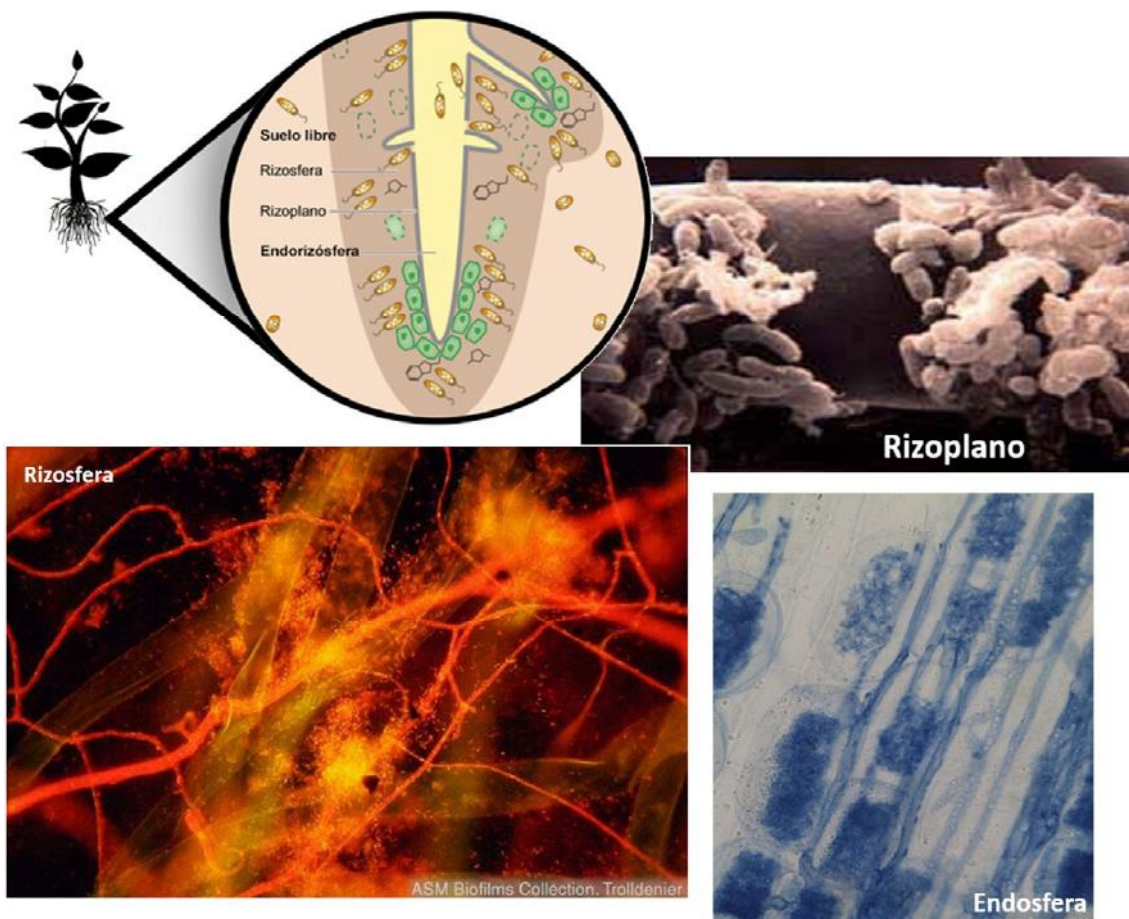
Apesar de serem invisíveis a olho nu, apresentam-se em quantidades muito expressivas: num hectare de solo agrícola, o peso das bactérias na porção orgânica do solo pode atingir o equivalente ao de duas vacas! Os seus grandes números (1000.000.000 de micróbios por colher de solo) revelam que, a nível genético, são um repositório único de diversidade e capacidade adaptativa. A nível metabólico, a diversidade de vias metabólicas que encontramos numa comunidade de microrganismos de solo é extraordinária, podendo os diferentes grupos adaptar-se rapidamente às condições mutáveis do seu meio, utilizando diferentes substratos para o seu crescimento e multiplicação.



## Micróbios - Diversidade Metabólica



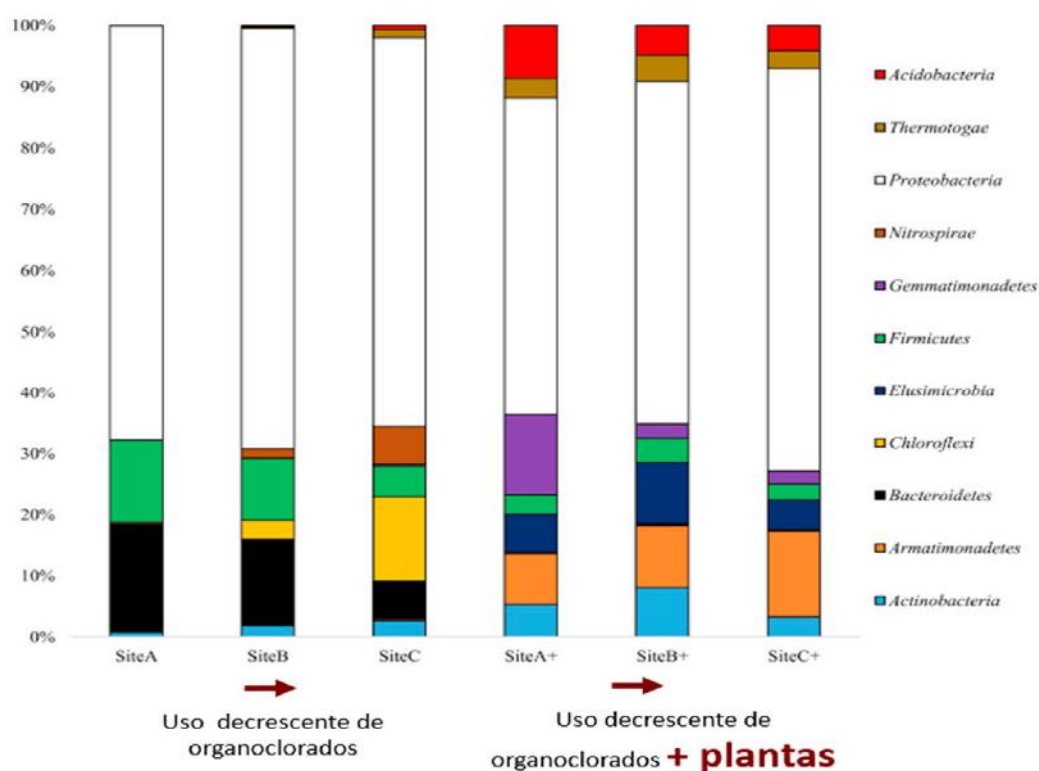
A maior parte da comunidade microbiana do solo encontra-se nos primeiros 15 a 20cm de solo, e em estreita associação com as raízes das plantas, que através da libertação de compostos nutritivos – exsudados radiculares, mucilagens e lisados – garantem a manutenção de um ambiente propício ao desenvolvimento sobretudo de bactérias e fungos.





Abaixo podemos observar os efeitos da aplicação de pesticidas em diferentes concentrações, na diversidade microbiana de um solo, com a presença de plantas (colunas à direita) ou sem elas (colunas à esquerda).

Podemos verificar que a diversidade de grupos de microrganismos aumenta com a diminuição da concentração dos compostos químicos, sendo sempre maior nos casos em que existem plantas a crescer no solo. Acresce que o efeito do compostos testados, independentemente da sua concentração, é menos impactante na diversidade microbiana do solo na presença de plantas.



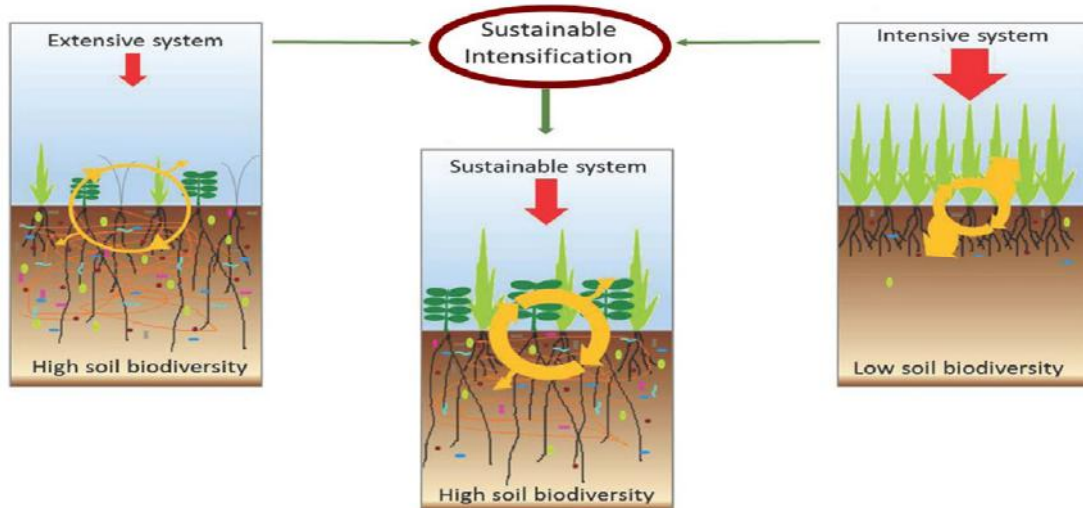
(Sun et al., (2019). Chemosphere 215, 461-469)

A grande diversidade de microhabitats e nichos que o solo proporciona contribui para a grande biodiversidade de microrganismos que nele encontramos. Esta diversidade vê-se comprometida quando são adotadas práticas agrícolas desajustadas, que eliminam heterogeneidade, destroem porosidade, e condicionam a circulação de água e ar, diminuindo os habitats preferenciais de determinados microrganismos e levando à perda de funcionalidade do sistema solo-planta.

Esta perda de diversidade resulta numa **diminuição das interações bióticas** e numa **perda de redundância e complementaridade de ação**, promovendo a **proliferação de espécies indesejáveis** (potenciais patogénicos) e resultando ultimamente na **perda de funções do solo e resiliência do sistema**.

## Como tirar partido do conhecimento existente sobre a microbiologia do solo?

No presente contexto de aumento da população mundial é necessário assegurar o proporcional aumento da produção de alimentos. No entanto, tal tem de ocorrer de forma sustentável e sem comprometer o ritmo e equilíbrio dos ecossistemas. No passado foi possível lograr grandes produções, pela aceleração de processos à custa de grande incorporação de fatores de produção, mas com graves consequências ambientais. Por outro lado, sistemas extensivos com uso muito limitado de inputs, não são capazes de garantir a quantidade de alimentos necessária para uma população crescente. A procura de um equilíbrio entre os dois sistemas é assim fundamental e constitui um enorme desafio para a agricultura na atualidade.



Esse compromisso pode ser mais facilmente atingido se tirarmos partido das diferentes funções e capacidades das comunidades microbianas do solo, particularmente dos **fungos micorrízicos arbusculares (AMF)**. Estes fungos são capazes de aumentar consideravelmente o volume de solo explorado por uma determinada raiz, facilitando a aquisição de nutrientes e absorção de água, proporcionando simultaneamente proteção contra stresses biótico e abiótico.

## Fungos Micorrízicos Arbusculares

AMF



**Aquisição de nutrientes facilitada**

**Bioproteção contra stresses bióticos e abióticos**

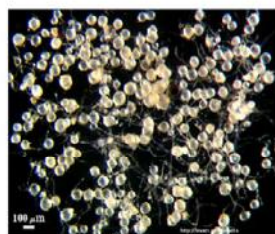
Estabilidade estrutural do solo

Produção de hormonas pela planta

Alteração da expressão genética

Estes fungos podem permitir que uma determinada cultura agrícola se instale com mais facilidade e tenha o seu desenvolvimento estimulado por um mais fácil acesso a nutrientes e água, providenciado pelas hifas dos fungos associados às suas raízes. Estudos verificaram que o método de colonização mais eficaz das raízes, por parte dos fungos AMF é a utilização de micélio extra-radical (ERM) intato como inóculo na instalação de novas culturas.

## AMF – Fontes de inoculum



**Esporos**



**Fragmentos de raízes colonizadas**

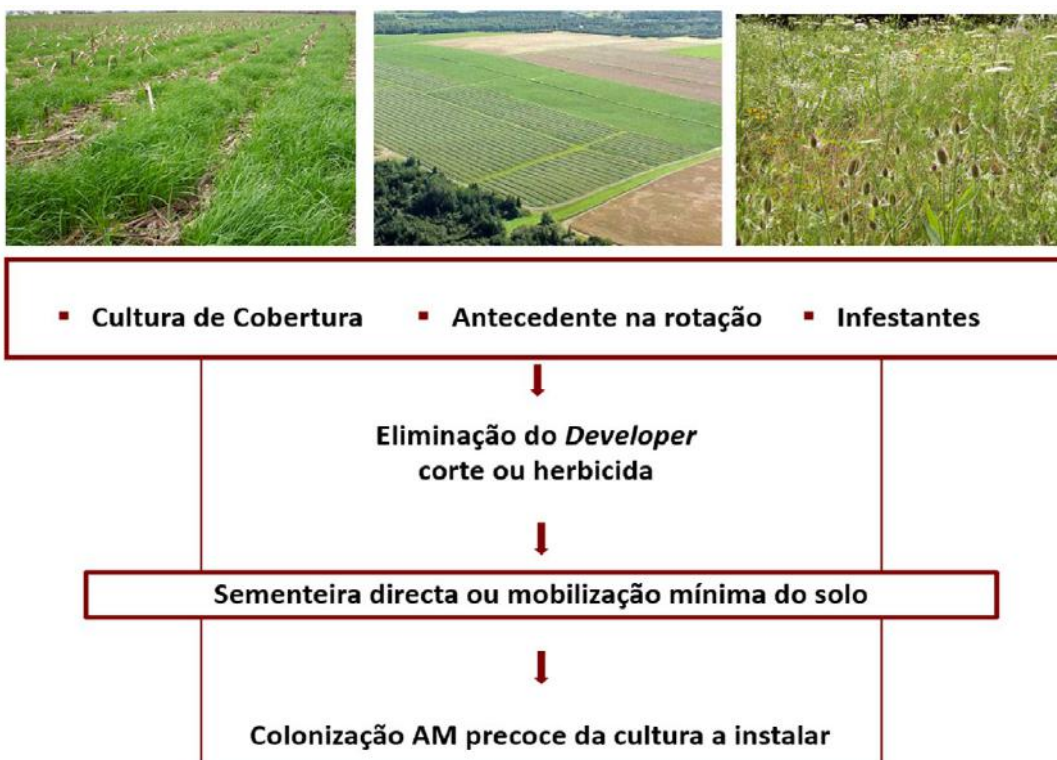


**Micélio extra-radical**

**A partir de micélio extra-radical intacto, a colonização ocorre **mais cedo e rápido****

(Read et al., 1976, Fairchild & Miller, 1988; Jasper et al. 1989; Brito et al., 2013, Brito et al., 2014)

De um ponto de vista prático, uma estratégia para potenciar os benefícios decorrentes da micorrização das culturas, sobretudo no que se refere à proteção contra stresses bióticos e abióticos, consiste em que plantas com grande capacidade de produzir micélio extra-radical (*Developer*) sejam utilizadas antes da cultura principal. A planta *Developer* garantirá o desenvolvimento de uma extensa rede de ERM no solo, que ao ser mantida intacta, proporcionará a rápida colonização da cultura seguinte e desta forma a possibilidade de mais precocemente beneficiar das vantagens da micorrização. Estas espécies podem ser integradas numa rotação como antecedente da cultura de interesse ou como cultura de cobertura, podendo mesmo ser utilizada a vegetação natural (“infestantes”) como *developer*.



Esta abordagem técnica foi já utilizada em diversas culturas, de maneira a melhorar as suas condições de crescimento e a fazer face a agentes patogénicos ou fenómenos de toxicidade:

- Toxicidade de Manganês em Trigo e Trevo Subterrâneo
- Fusariose (*Fusarium oxysporum*) em Tomate
- Murchidão do Milho (*Cephalosporium maydis*)
- Stresses múltiplos em Vinha

**Referências:** Brito, I., Carvalho, M., & Goss, M. J. (2021). Managing the functional diversity of arbuscular mycorrhizal fungi for the sustainable intensification of crop production. *Plants, People, Planet*, 3( 5), 491– 505

**Exemplo: Implementação da Estratégia na Cultura do Tomate para Indústria**  
**(Projeto BIOPROTOMATE)**

## Adaptação das práticas culturais

- Antecipação das operações de descompactação do solo e armação dos camalhões
- Instalação de uma cultura de cobertura durante o Inverno
- Plantação do tomate sem mobilização do solo

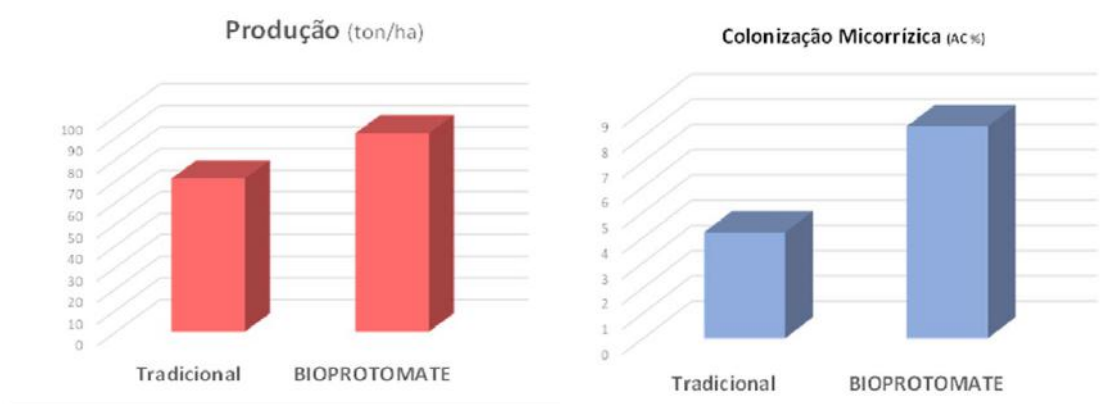


Em ensaios realizados no contexto da horticultura intensiva para indústria, particularmente na cultura do tomate na região do Ribatejo, verificou-se um aumento de produção total, bem como diminuições significativas nos tempos de rega e na incidência de doenças associadas a microrganismos, como o *Fusarium sp.* e nemátodes.



Foi ainda possível observar um aumento evidente da atividade microbiana nas parcelas de ensaio, contra aquelas sob gestão convencional:

- **Aumentos da produção (até 30%)**
- **Aumento da colonização micorrízica (> 100%)**
- **Redução da incidência de fusário (até 15% Cts)**
- **Redução do número de nemátodos (até 40%)**
- **Diminuição do tempo de rega (até 25%)**
- **Aumento da fixação de C (até 2 ton/ha)**
- **Aumento da atividade microbiana do solo ( $\beta$ -Glucosidase até 65%; Fosfatase até 47%)**

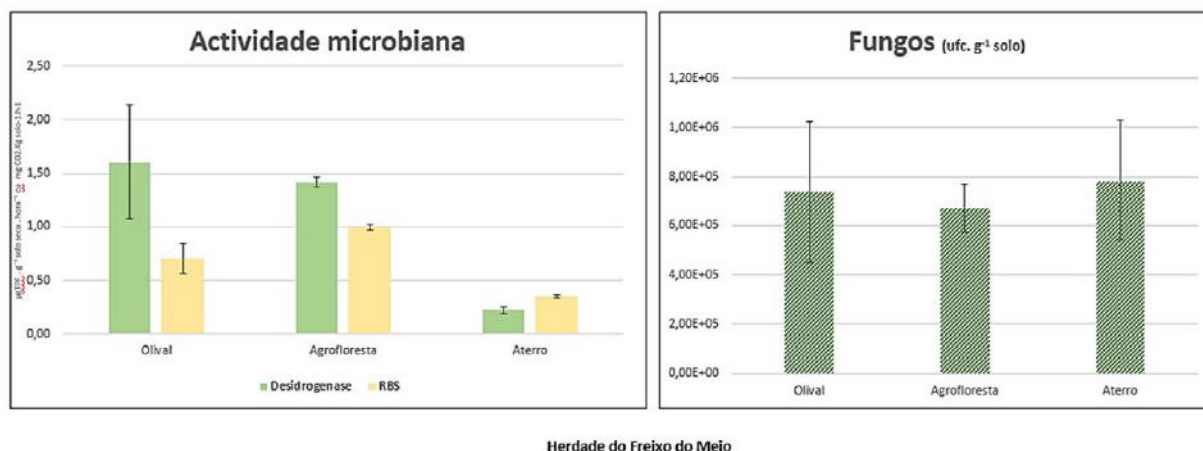


### Como Avaliar o Microbioma do Solo?

As diferentes técnicas de análise laboratorial contemporâneas permitem-nos ter uma imagem cada vez mais completa das comunidades microbianas que habitam os solos, tanto ao nível da sua **diversidade**, como também da sua **funcionalidade**:

- **Carbono microbiano**
- **Respiração basal do solo**
- **Atividade enzimática:**
  - Desidrogenase (oxirredutase)
  - Arilsulfatase (ligações ester – sulfato  $\text{SO}_4^{2-}$ )
  - B-Glucosidase (celulose-glucose)
  - Fosfatase (P-monoester a fosfatos  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )
  - Urease (ureia a amónio  $\text{NH}_3$ )
  - Taxa de colonização micorrízica
- **Avaliação de rizóbio (quantidade e eficiência)**
- **Contagem de bactérias e fungos totais ou específicos**

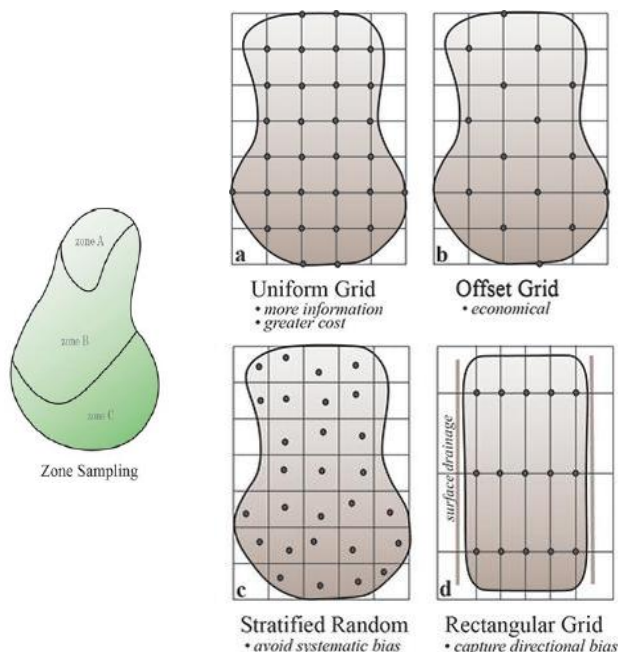
## Funcionalidade vs. Diversidade



A **diversidade de microrganismos** expressa numa dada amostra de solo não reflete necessariamente os seus níveis de atividade e funcionalidade ecológica. No exemplo acima podemos verificar que, apesar de em termos de diversidade fúngica termos números relativamente semelhantes de unidades formadoras de colónia (ufc) por grama de solo (direita), em três locais amostrais distintos, a atividade enzimática registada (esquerda) é marcadamente diferente, entre sistemas mais complexos – maior presença de plantas – e menos complexos).

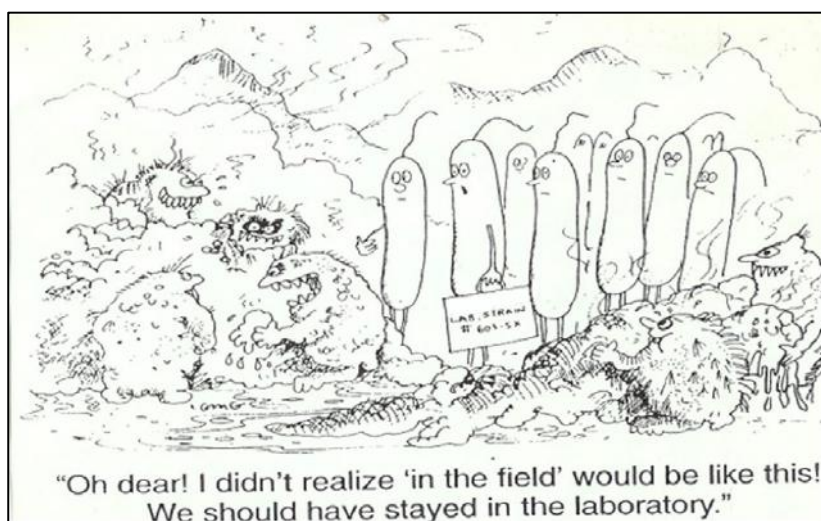
### Amostragem

Tendo em conta a complexidade dos ecossistemas que existem debaixo dos nossos pés, numa qualquer parcela de solo agrícola, é importante que o processo de amostragem seja capaz de capturar a maior variabilidade possível de condições existentes. Para tal, é necessário que as amostras sejam **compostas**, **recolhidas de maneira sistemática** e **sob as mesmas condições** edafoclimáticas. É muito importante que seja tida em consideração a **finalidade da amostragem** (quais os processos analíticos a aplicar) e a **conservação da amostra no tempo**.



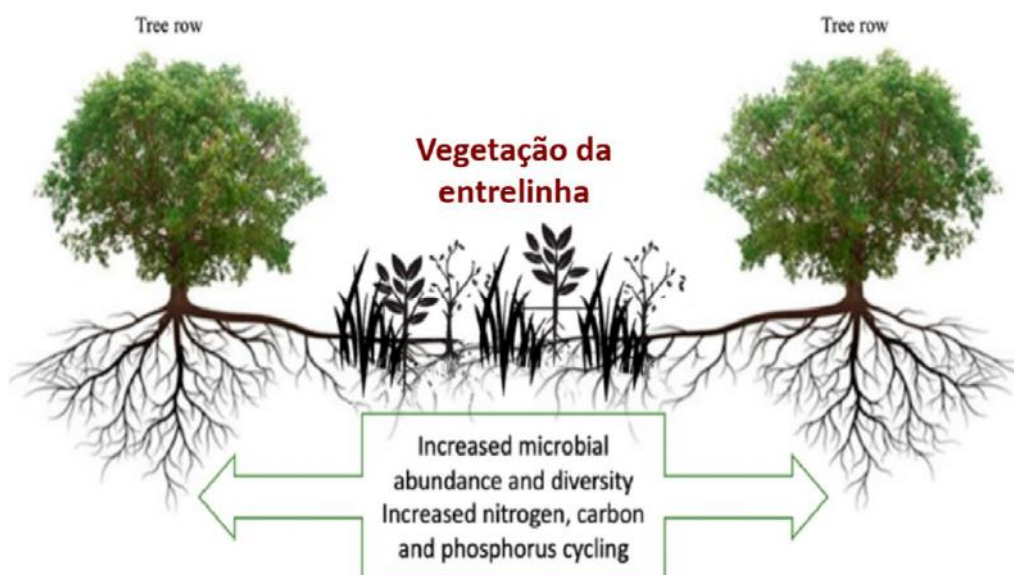
### A importância do inóculo nativo do solo.

Se considerarmos a utilização de microrganismos como uma ferramenta para melhorar a instalação, desenvolvimento e produção das culturas agrícolas, deve ser tida em conta, para além da forma, **a origem dos inóculos a serem utilizados** nas parcelas. É cada vez mais comum a comercialização de “extratos” e “isolados” de culturas fúngicas ou bacterianas, utilizadas como promotores de crescimento ou “tónicos” de solo. No entanto, culturas isoladas em laboratório, ou multiplicadas através de bio-reatores, apresentam uma menor adaptabilidade e resiliência quando comparadas com inóculos que têm por base comunidades multiespecíficas, provenientes de ambientes naturais. Este tipo de inóculo revela-se **mais biodiverso, mais adaptado e mais barato**, uma vez que já está no nosso solo e não precisamos de o adquirir nem distribuir no campo!



### Gestão do Microbioma em Culturas Permanentes

No contexto de cultura permanente de espécies arbóreas, como no caso dos pomares, olivais e, no caso presente, dos montados de sobro e azinho, a gestão do microbioma não pode ser feita com base em intervenções que modelem de forma direta as relações já existentes ao nível da rizosfera das árvores. Nestes sistemas extensivos, a abordagem será sempre focada na vegetação da entrelinha ou, no caso dos montados, no subcoberto herbáceo – a pastagem.



Com o propósito de avaliar o efeito das copas das árvores e da aplicação de calcário dolomítico sobre o desenvolvimento da pastagem, foi desenvolvido um estudo na Herdade da Mitra, no biénio 2021/ 2022, sobre um Cambissolo de pH 5.4, sujeito a duas aplicações de calcário dolomítico (2000 kg/ha) nos anos de 2017 e 2019 (Daniel Bailote 2023, tese de mestrado – Universidade de Évora).

Neste estudo foi feita uma análise da atividade microbiana do solo, da composição florística da pastagem, bem como da sua qualidade e produtividade. Os resultados comparativos revelaram que os indicadores de atividade microbiana eram transversalmente maiores debaixo das copas das árvores, com exceção das taxas de colonização micorrízica (o que pode ser explicado pelas taxas fotossintéticas mais baixas debaixo da copa da árvore, o que diminui a quantidade de hidratos de carbono disponíveis para os fungos):

### Solo e Atividade Microbiana

- ↑ Teor de MO \*
- ↑ pH\*
- ↑ Carbono Microbiano\*
- ↑ Respiração Basal do Solo\*
- ↑ Atividade enzimática:
  - Desidrogenase\*
  - $\beta$ -glucosidase
  - Fosfatase \*
  - Arilsulfatase\*
- ↑ N total\*
- ↑ P assimilável\*
- ↓ Taxa de Colonização Micorrízica\*

### Composição florística, produtividade e qualidade da pastagem

- ↑ Percentagem gramíneas (favorecimento de gramíneas altas)
- ↓ Percentagem de leguminosas (indicador de qualidade)
- = Matéria seca
- = Índice qualidade da pastagem (Proteína bruta, fibra, humidade)

\*  $p \leq 0.05$

Relativamente à composição florística, foi verificado que debaixo da copa da árvore a pastagem revelava uma maior predominância de gramíneas altas, e uma menor percentagem de leguminosas, sendo os indicadores de produtividade (matéria seca) e qualidade (proteína bruta, fibra e humidade) similares dentro e fora da copa.



Analisando os efeitos das aplicações de calcário dolomítico nas parcelas em estudo, não se verificaram diferenças relevantes ao nível da produtividade e qualidade da pastagem, sendo apenas evidente um aumento de pH nas zonas fora de copa e um aumento do rácio Mg/Mn. No entanto, foi possível observar tendências para um pequeno aumento de diversidade florística fora da copa, bem como uma diminuição na amplitude das diferenças entre a atividade microbiana dentro e fora da copa:

↑ pH * apenas FCA	↓ A diversidade de famílias DCA
↑ Rácio Mg/Mn FCA	↑ A diversidade de famílias FCA
↑ Atividade microbiana FCA – diminuição da amplitude das diferenças DCP e FCA	= Matéria seca – melhor FCA
	= Índice qualidade da pastagem
↓ Taxa de Colonização Micorrízica DCA	(Proteína bruta, fibra, humidade) – melhor DCA e FCA

### Notas Finais - Quais os principais desafios da gestão dos solos do Montado?

Como notas finais, podem ser referidos três pilares fundamentais para a correta gestão e manutenção da qualidade e fertilidade dos solos nos ecossistemas de montado:

- **Aumento do teor de matéria orgânica (aumento da biomassa produzida e a sua devolução ao solo).**
- **A diminuição, ou eliminação, das mobilizações de solo (evitar a erosão e as perdas de M.O., contribuindo para a manutenção da diversidade de habitats no solo).**
- **A correção da acidez dos solos, contribuindo para o aumento do crescimento e da diversidade das plantas da pastagem.**

*É de frisar que a atividade microbiana está diretamente relacionada com todos estes aspetos!*

Formação sobre

# Sanidade no Montado

5ª edição 2024