



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Viticultura e Enologia

Dissertação

As doenças do lenho em videira: uma abordagem integradora

Joana Martins Tendeiro Calisto

Orientador(es) | Maria do Rosário Félix

Mariana Cardoso Patanita

Évora 2023



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Viticultura e Enologia

Dissertação

As doenças do lenho em videira: uma abordagem integradora

Joana Martins Tendeiro Calisto

Orientador(es) | Maria do Rosário Félix
Mariana Cardoso Patanita

Évora 2023



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Maria João Cabrita (Universidade de Évora)

Vogais | Maria Doroteia Campos (Universidade de Évora) (Arguente)
Maria do Rosário Félix (Universidade de Évora) (Orientador)

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha sincera gratidão a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho:

À Professora Doutora Maria do Rosário Félix e à Dra. Mariana Patanita, pelo apoio, incentivo e orientação prestados durante a realização do mesmo.

Ao corpo docente do Mestrado em Viticultura e Enologia, que contribuíram para a minha aprendizagem ao longo deste percurso.

Aos meus colegas de curso pela troca de ideias, apoio e amizade ao longo deste mestrado.

Aos meus pais e avós, pela confiança e pelo apoio que sempre me deram, em especial aos meus avós maternos que me transmitiram a paixão pela viticultura.

Ao meu marido, Rodrigo, pelo seu apoio, e ao meu filho Francisco, que foi uma fonte de inspiração e motivação ao longo da execução deste trabalho.

Resumo

As doenças do lenho da videira (DLV) são atualmente responsáveis por prejuízos significativos nas vinhas em todo o mundo, sendo uma preocupação crescente para todo o setor vitivinícola. Por se tratar de um dos maiores sectores de mercado, tanto em termos de valor económico como social e histórico, é crucial abordar esta questão. Esta dissertação teve como principal objetivo aprofundar o conhecimento sobre as DLV, descrevendo as suas características gerais, a sua evolução, sintomatologia e métodos atualmente disponíveis e adequados para mitigar os seus efeitos. Esta abordagem integradora contribui, assim, através do conhecimento científico, para ajudar a evitar, da melhor forma, os danos diretos verificados nas vinhas, prolongando a longevidade e a produtividade das plantas.

Palavras-chave: *Vitis vinifera* L.; doenças; fungos do lenho; stress biótico; viticultura

Abstract

Grapevine trunk diseases (GTDs) are currently responsible for significant damages in vineyards worldwide, and are a growing concern for the entire wine industry, one of the sectors with the largest market presence, both for its economic value and for its social and historical value. The aim of this dissertation was to develop a more profound knowledge about GTDs, describing their general characteristics, evolution, symptomatology and adequate methods to mitigate their effects. This integrative approach contributes, through of scientific knowledge on this subject, to help to prevent, in the most efficient way, the damage to vineyards, increasing the longevity and productivity of the plants.

Keywords: *Vitis vinifera* L.; diseases; trunk pathogens; biotic stress; viticulture

Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo	II
Abstract	III
Índice	IV
Índice de Figuras.....	V
Índice de Quadros.....	VI
Lista de Abreviaturas	VII
1. Introdução	1
2. Principais doenças que constituem o complexo das doenças do lenho da videira .	2
2.1. Esca e Doença de Petri	3
2.2. Eutipiose	6
2.3. Escoriose Americana.....	8
2.4. Escoriose Europeia	9
2.5. Pé Negro da Videira	10
3. Sintomatologia associada ao complexo de doenças do lenho.....	13
4. Impacto das doenças do lenho da videira no Mundo e em Portugal	19
5. Fatores associados à expressão de sintomas deste complexo de doenças	22
6. Métodos disponíveis para a mitigação e controlo das doenças do lenho	25
6.1. Métodos culturais.....	25
6.2. Métodos físicos.....	26
6.3. Métodos biológicos	27
6.4. Métodos químicos	27
7. Discussão	30
8. Conclusões Gerais e Perspetivas Futuras	32
Referências Bibliográficas.....	33

Índice de Figuras

Figura 1 – Estruturas morfológicas assexuadas de <i>Phaeoacremonium parasiticum</i> e <i>Phaeoacremonium minimum</i> . A e B: conidióforos, C: micélio com gotas de exsudado, D-F: filíades, G: conídios ou esporos, H e I: conidióforos. Barra = 10 µm. Escala da Barra presente em (A) aplica-se de até (G). Adaptado de Gramaje et al., 2015.	4
Figura 2 – Ciclo de vida de <i>Phaeoacremonium minimum</i> . Os asteriscos indicam a forma primária de disseminação (Gramaje et al., 2015).	5
Figura 3 – Conidióforos e conídios de <i>Phaeomoniella chlamydospora</i> . Barra = 10 µm (Crous & Gams, 2000).....	6
Figura 4 – <i>Fomitiporia mediterranea</i> : hifas vegetativas (esquerda) e poros de um corpo de frutificação (direita). Adaptado de Moretti et al., 2021.....	6
Figura 5 – Ciclo de vida de <i>Eutypa dieback</i> (Jackson, 2014).....	7
Figura 6 – Ciclo de vida de <i>Phomopsis viticola</i> (Anco et al., 2011).	9
Figura 7 – Ciclo de vida dos fungos da família Botryosphaeriaceae (Pitt et al., 2012). .	10
Figura 8 – <i>Dactylonectria riojana</i> . A-B: conidióforos no micélio; C-D: micro e macro conídios. Barra A-C = 10 µm; Barra D = 50 µm. Adaptado de Berlanas et al., 2020.	12
Figura 9 – <i>Ilyonectria vivaria</i> . A-C: clamidósporos no micélio; D-F: micro e macro conídios. Barra = 10 µm. Adaptado de Berlanas et al., 2020.	12
Figura 10 – Sintomas em corte transversal do lenho da videira (Almeida, 2007).	13
Figura 11 – Cortes transversais do lenho da videira apresentando mais do que uma doença (Almeida, 2007).....	16
Figura 12 – Distribuição mundial das DLV (Sofia, 2018).....	19

Índice de Quadros

Quadro 1 – Principais doenças do lenho da videira e alguns dos seus agentes causais.. 2

Quadro 2 – Principais sintomas das doenças do lenho da videira observados nas plantas.
..... 14

Quadro 3 – Produtos Fitofarmacêuticos autorizados pela DGAV para as DLV (DGAV,
2022)..... 28

Lista de Abreviaturas

DGAL – Direção-Geral das Autarquias Locais

DGAV – Direção-Geral da Alimentação e Veterinária

DLV – Doenças do Lenho da Videira

GTDs – *Grapevine Trunk Diseases*

IFV – Instituto Francês do Vinho

OIV – Organização Internacional da Vinha e do Vinho

PCR – *Polymerase Chain Reaction*

1. Introdução

A viticultura é uma prática agrícola com mais de 7 000 anos, difundida em todos os continentes, com exceção da Antártica (OIV, 2022). A nível global, a área mundial de vinha está estimada em 7,3 milhões de hectares, em 2021, o que corresponde à área total de superfície plantada com videiras para fins industriais (vinho e uva de mesa) (OIV, 2022). Portugal encontra-se entre os dez principais produtores de vinho do mundo, com uma produção de 7,3 milhões de hectolitros em 2021, verificando-se um aumento de 14% em relação ao ano anterior (OIV, 2022).

Uma das maiores dificuldades desta cultura é a sua suscetibilidade a uma grande variedade de microrganismos, nomeadamente vírus, bactérias, nemátodes, e fungos, os quais causam grandes danos nas vinhas (Travadon et al., 2016). As doenças do lenho da videira (DLV) são um grupo de doenças causadas por vários fungos patogénicos, que vivem e colonizam a madeira, levando à sua necrose (Bertsch et al., 2013). Estas doenças podem afetar os troncos ou as raízes das videiras causando sintomas, que incluem atrofia, clorose, atraso na floração, crescimento deficiente e eventual morte da planta (Pathrose, 2012). De uma forma geral, são doenças de grande importância económica, não só pelos prejuízos diretos que provocam nas vinhas afetadas, como também pelo impacto na longevidade das mesmas. As DLV afetam não só as videiras com aptidão para vinho, como também as para uva de mesa, apresentando como consequência a diminuição do seu valor comercial (Fontaine, et al., 2016).

Nos últimos anos, a incidência das DLV tem aumentado devido a inúmeros fatores, quer a nível dos métodos de produção, como das restrições europeias à utilização de pesticidas, não existindo atualmente nenhuma forma de controlo eficaz para combater os fungos do lenho (Fontaine, et al., 2016). Assim, este trabalho tem como objetivo a realização de uma revisão sobre as DLV, possibilitando não só o estudo destas doenças, mas também abordando os métodos para a sua mitigação e controlo, numa perspetiva integradora.

2. Principais doenças que constituem o complexo das doenças do lenho da videira

As DLV formam um complexo que engloba uma série de doenças, nomeadamente a Esca, Eutipiose, Escoriose Europeia e Escoriose Americana, que se manifestam maioritariamente em plantas adultas, com cerca de 10 a 15 anos de idade (Smart, 2015), e a Doença de Petri e o Pé Negro da Videira que ocorrem essencialmente em plantas jovens (Gramaje & Armengol, 2011). Estas doenças, apesar de serem causadas por inúmeros e diferentes fungos, apresentam sintomatologias muito semelhantes e até mesmo confundíveis, por isso agrupam-se, formando este complexo de doenças que se denomina por doenças do lenho. Todas estas doenças podem coexistir numa mesma planta, apresentando diferentes conjugações, ou podem ocorrer de forma isolada. A presença de múltiplas espécies de fungos associados nas mesmas plantas dificulta o diagnóstico da doença (Magalhães, 2015; Mondello et al., 2018). No Quadro 1 apresentam-se as principais DLV e alguns dos seus agentes causais. Note-se que não existe um único fungo associado a cada uma destas doenças, mas sim vários fungos de diferentes espécies e inclusive de diferentes géneros. Atualmente estão descritas 133 espécies diferentes, que pertencem a 34 géneros e 9 famílias (Gramaje et al., 2018).

Quadro 1 – Principais doenças do lenho da videira e alguns dos seus agentes causais.

Doenças do Lenho da Videira		Agentes Causais
Plantas adultas	Plantas jovens	
Esca	Doença de Petri	<i>Phaeoacremonium</i> spp. <i>Phaeoconiella chlamydospora</i> <i>Fomitiporia</i> spp.
Eutipiose		<i>Eutypa lata</i> <i>Diatrype stigma</i> <i>Cryptovalsa ampelina</i>
Escoriose Americana		<i>Phomopsis viticola</i> (syn. <i>Diaporthe ampelina</i>) <i>Hormonema</i> sp.
Escoriose Europeia		<i>Neofusicoccum parvum</i> <i>Diplodia seriata</i> Família <i>Botryosphaeriaceae</i>
	Pé Negro da Videira	<i>Ilyonectria</i> sp. <i>Cylindrocarpon</i> sp. <i>Campylocarpon</i> sp.

O ciclo de vida e a epidemiologia dos fungos responsáveis pelas DLV são muito semelhantes, sendo as feridas de poda, feridas mecânicas ou fendilamentos causados pelas geadas os seus principais pontos de entrada. Mais tarde, crescem, degradam a madeira e destroem lentamente as videiras. Os corpos de frutificação produzidos em madeira morta e os seus esporos são libertados na presença de água, dispersos pelo vento, e, finalmente, podem infetar novas feridas recentes (Bertsch et al., 2013; Smart, 2015).

2.1. Esca e Doença de Petri

A Esca e a Doença de Petri são duas das doenças do lenho mais destrutivas, em vinhas adultas e em vinhas jovens, respetivamente, e consideradas das doenças mais antigas, presentes em ambos os hemisférios. A Doença de Petri é também conhecida por “declínio das vinhas jovens” ou “black-goo” (Fontaine, et al., 2016).

Estas doenças são causadas pelos mesmos fungos, principalmente os ascomicetas *Phaeoacremonium* spp., sendo os mais comuns *Phaeoacremonium parasiticum* e *Phaeoacremonium minimum* (Figura 1), e *Phaeomoniella chlamydospora* e o basidiomiceto *Fomitiporia* spp., onde se incluem a *Fomitiporia mediterranea* e a *Fomitiporia punctata* (Fontaine et al., 2016; Oliveira & Rego, 2013; Pereira et al., 2012).

Estes atacam a parte lenhosa da videira causando uma diminuição na transmissão de componentes orgânicos para o interior da planta conduzindo a uma dessecação parcial ou total das folhas, causando stress vegetativo com consequências nos pequenos cachos de uvas e risco de propagação para as videiras vizinhas (Alessandrini et al., 2021). Estes fungos progridem no sentido descendente da planta, provocando o seu enfraquecimento e até a sua morte, quando o sistema vascular já não tem capacidade para compensar a transpiração das folhas.

Estas doenças podem também ser causadas pela toxicidade de metabolitos fúngicos produzidos no tecido lenhoso infetado em decomposição, ou pela oxidação de algumas substâncias de resposta do hospedeiro. Particularmente α -glucanas e dois pentacetídeos de naftalenona, denominados scitalona e isosclerona, que são metabolitos secundários de diversos fungos (Bruno & Sparapano, 2007). É uma doença

complexa cujos sintomas podem ser devidos à ação concomitante de vários fatores (Bénard-Gellon et al., 2015).

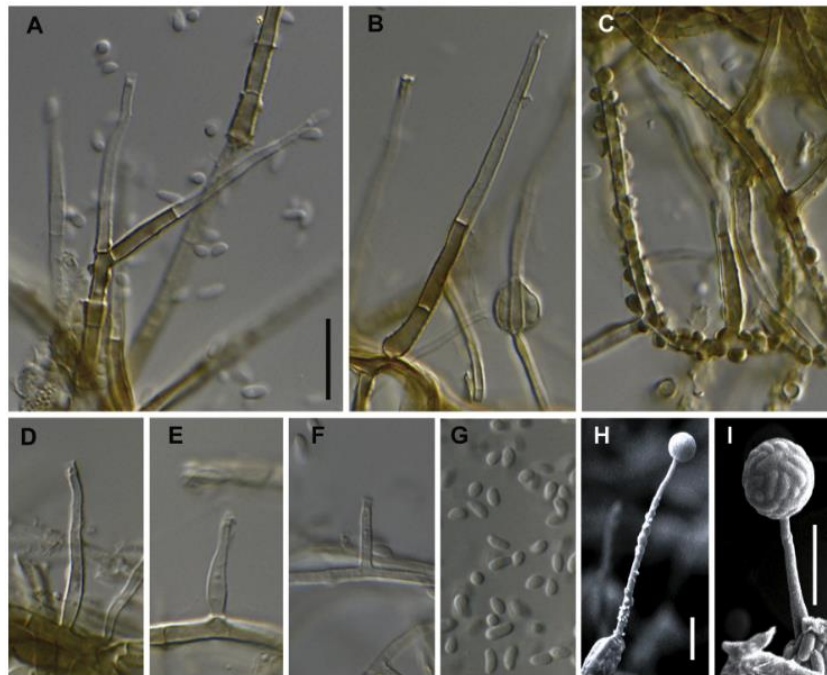


Figura 1 – Estruturas morfológicas assexuadas de *Phaeoacremonium parasiticum* e *Phaeoacremonium minimum*. A e B: conidióforos, C: micélio com gotas de exsudado, D-F: filíades, G: conídios ou esporos, H e I: conidióforos. Barra = 10 μ m. Escala da Barra presente em (A) aplica-se de até (G). Adaptado de Gramaje et al., 2015.

O género *Phaeoacremonium* contém atualmente mais de 20 espécies, das quais cerca de 15 foram isoladas de *Vitis vinifera* em várias partes do mundo (Abreo et al., 2011). O ciclo de vida de *P. minimum*, uma das espécies mais comuns e amplamente distribuída, foi estudado com o objetivo de avaliar a sua capacidade de propagação na Doença de Petri e nas vinhas afetadas por Esca (Figura 1).

P. minimum coloniza o xilema, onde produz livremente conídios que são transportados pela seiva da videira (Feliciano & Gubler, 2001). Estes agentes patogénicos têm a capacidade de se mover, germinar e penetrar nas paredes celulares do parênquima vascular, causando necrose dos tecidos. Além disso, *P. minimum* e *P. parasiticum* podem infetar as videiras, sendo provenientes de solo contaminado a partir de resíduos de poda e por vezes em água de rega (Rooney et al. 2001), tendo já sido detetados em viveiros (Agustí-Brisach et al., 2012). Na primavera, devido ao aumento da temperatura do ar e do solo, o crescimento da vinha torna-se vigoroso, os esporos (conídios e

ascósporos) de *P. minimum* podem tornar-se novamente ativos, e transportados pela água, ar e insetos, poderão infetar outras videiras (Moyo et al., 2014). Os ascósporos são libertados do peritécio após períodos de humidade ou precipitação, infetando a videira através de feridas de poda recentes (Eskalen et al., 2005). A precipitação é relacionada com períodos de pico de libertação de esporos assexuados de *P. minimum*. Os conídios de *Phaeoacremonium* spp. podem também ser dispersos por via aérea (Gramaje et al., 2015). A Figura 2 representa o ciclo de vida de *P. minimum*.

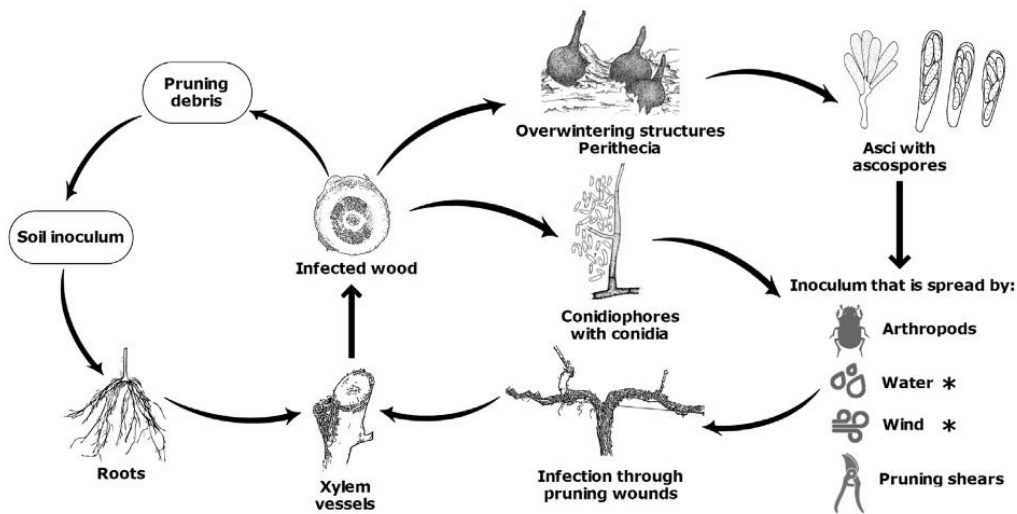


Figura 2 – Ciclo de vida de *Phaeoacremonium minimum*. Os asteriscos indicam a forma primária de disseminação (Gramaje et al., 2015).

Phaeomoniella chlamydospora é um ascomiceta anamórfico que se distingue por ter um crescimento em cultura semelhante ao das leveduras. É formado por hifas septadas e ramificadas, separadas ou agrupadas, tuberculadas, com verrugas e paredes castanhas. Os clamidospórios, geralmente isolados, podem ser abundantes ou escassos, com coloração castanha-esverdeada, lisos e tuberculados. Os conidióforos são verdes/castanhos, eretos, simples e cilíndricos. Os seus conídios apresentam-se agregados e têm uma forma oblongo-elipsoidal e coloração castanha-pálida (Figura 3) (Marraschi, 2019; Sofia et al., 2015).

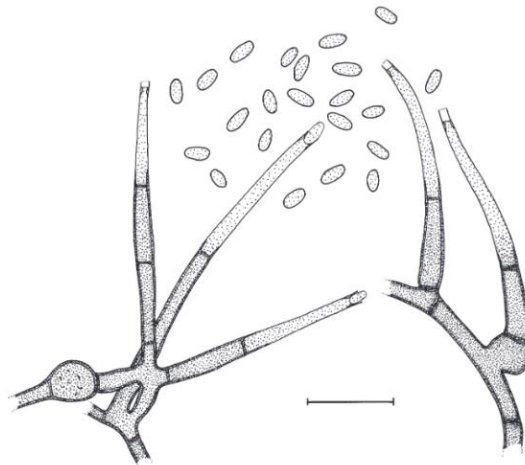


Figura 3 – Conidióforos e conídios de *Phaeomoniella chlamydospora*. Barra = 10 µm (Crous & Gams, 2000).

Por meios morfológicos e anatómicos, não foi possível diferenciar os corpos de frutificação de *Fomitiporia mediterranea* e *F. punctata* (Fischer, 2002). A *F. mediterranea* continua a ser o principal basidiomiceta associado à Esca na Europa (Fischer, 2006). A Figura 4 mostra hifas vegetativas em crescimento na madeira de videira infetada e a superfície dos poros de um corpo de frutificação de *F. mediterranea*.

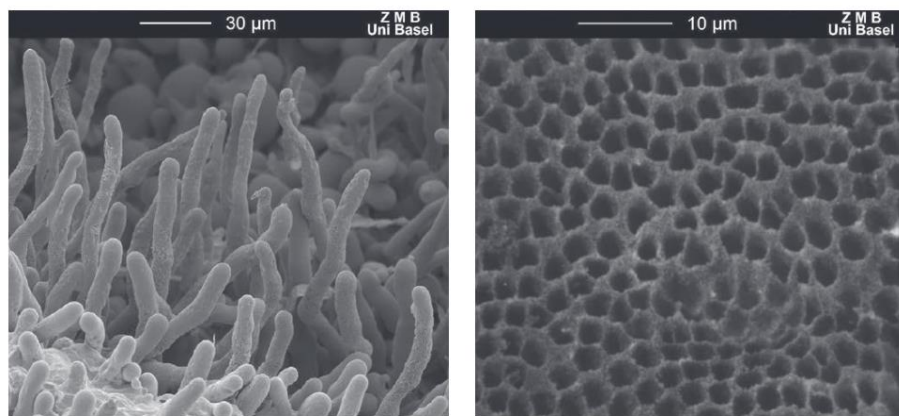


Figura 4 – *Fomitiporia mediterranea*: hifas vegetativas (esquerda) e poros de um corpo de frutificação (direita). Adaptado de Moretti et al., 2021.

2.2. Eutipiose

A Eutipiose, também conhecida por “Eutypa dieback”, tem como principal agente causal o fungo *Eutypa lata* e está difundida mundialmente afetando sobretudo alguns cultivares mais sensíveis (Magalhães, 2015). O impacto económico desta doença é mais evidente quando as plantas atingem a idade adulta, devido à sua lenta progressão, podendo este fungo ser um fungo precursor na síndrome da Esca (Pereira et al., 2012).

Eutypa lata é um ascomiceta da família Diatrypaceae, classificado entre os fungos de “decomposição mole”, pois desenvolve-se no interior das paredes secundárias formando cavidades (Larignon et al., 2009). Este fungo sobrevive em troncos de madeira velha, sobre a superfície da madeira da videira morta ou em zonas necrosadas do tronco a nível do solo, durante longos períodos de tempo e propaga-se através de ascósporos, produzidos em peritécas formadas em estromas negros. Sob condições de humidade elevada, os ascósporos libertam-se dos ascos, sendo disseminados pelo vento a longas distâncias, seguindo-se a germinação na presença de humidade e temperaturas entre 20-25°C, que penetra, através das feridas da poda, invadindo os vasos condutores e destruindo progressivamente o lenho (Magalhães, 2015; Pereira et al., 2012) (Figura 5).

Esta doença manifesta-se pelo enrugamento dos rebentos (folha em leque), apresentando folhas cloróticas, enrugadas e rasgadas com necrose marginal, podendo generalizar-se por todo o limbo. No tronco, uma necrose setorial castanha é o principal sintoma (Larignon, 2016).

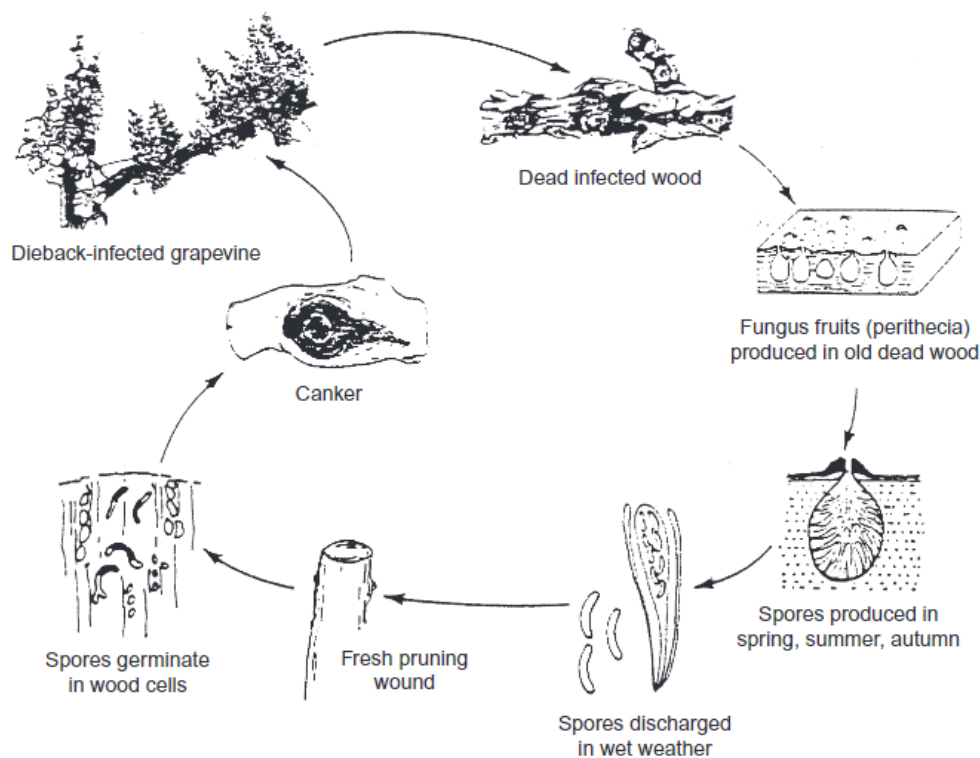


Figura 5 – Ciclo de vida de *Eutypa dieback* (Jackson, 2014).

2.3. Escoriose Americana

A Escoriose Americana, também conhecida por “Phomopsis dieback”, é uma doença parasitária da videira causada principalmente pelo fungo *Diaporthe ampelina* (syn. *Phomopsis viticola*). No inverno, este fungo apresenta duas formas de conservação: através de conídeos formados em picnídeos, que se encontram na madeira necrosada dos sarmentos, ou micélio hibernante, presentes nos gomos dormentes dos sarmentos. Na primavera, perto do abrolhamento, sob condições de chuva ou humidade, mesmo a temperaturas baixas (5-7°C), entra em atividade com a libertação dos esporos dos picnídeos. O micélio invade os tecidos parenquimatosos corticais, principalmente na zona dos pâmpanos, formando manchas escuras onde surgem novos picnídeos (ao fim de 14 dias). As infeções podem ocorrer a partir dos conídeos ou dos micélios. As contaminações ocorrem com condições de temperatura entre 15-18°C e períodos de humidade consecutiva de 7-10 horas. A disseminação dos esporos é fracamente facilitada pelo vento, espalhando-se a distâncias curtas. No verão, a doença progride sobre os sarmentos, acentuando-se os sintomas com a contaminação dos gomos pelo micélio. No outono, os sarmentos apresentam uma coloração esbranquiçada, com pontos negros, os picnídeos, que começam a maturação. O micélio dos gomos torna-se latente até à próxima primavera (Magalhães, 2015; Pereira et al., 2012). O seu ciclo de vida está representado na Figura 6.

P. viticola pode infetar todas as partes verdes da videira, podendo-se observar nas folhas pequenas manchas verde-pálidas a amarelas com centros necróticos, nos sarmentos lesões necróticas castanhas escuras de formato irregular e nos cachos necrose do ráquis e bagos escuros e secos na altura próxima da colheita (Úrbez-Torres et al., 2013). O desenvolvimento da doença é favorecido pelo tempo fresco e húmido, ficando o fungo inativo durante o tempo quente e seco, permanecendo em estado latente no verão (Magalhães, 2015).

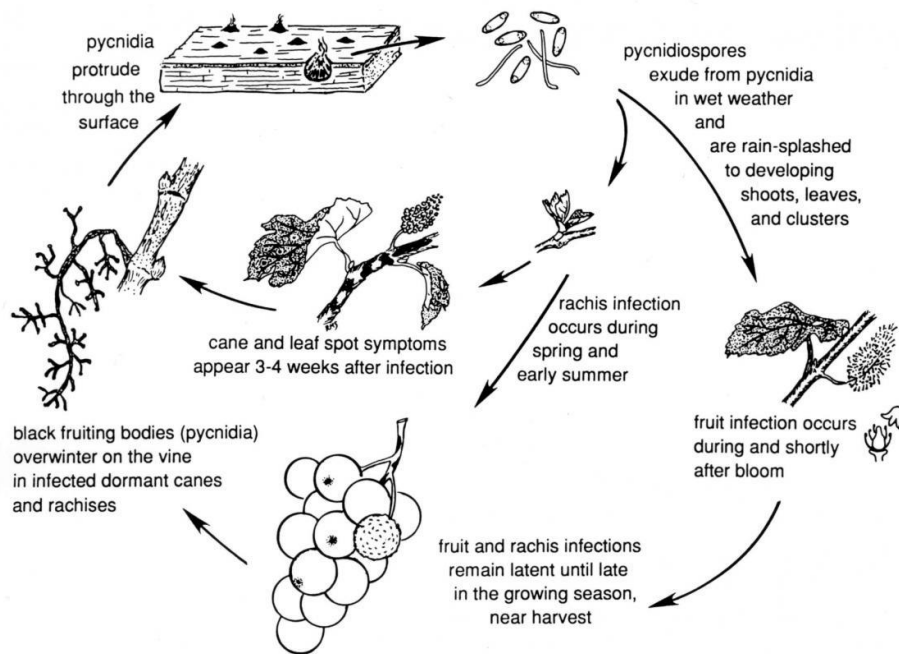


Figura 6 – Ciclo de vida de *Phomopsis viticola* (Anco et al., 2011).

2.4. Escoriose Europeia

A Escoriose Europeia, também designada por “*Botryosphaeria dieback*” ou “*Black Dead Arm*”, é uma doença associada a fungos da família *Botryosphaeriaceae*. Foi descrita pela primeira vez em 1974 na região de Tokau, associada ao fungo *Botryosphaeria stevensii*, e depois em Itália, associada ao fungo *Botryosphaeria obtusa* (Díaz & Latorre, 2013; Magalhães, 2015). Foram identificadas cerca de 26 espécies diferentes de fungos da família *Botryosphaeriaceae* em vários estudos em videiras em todo o mundo (Gramaje et al., 2018; Urbez-Torres, 2011).

A propagação destes fungos inicia-se frequentemente em material proveniente de solos infetados dos viveiros, nas plantas-mãe de porta-enxertos e garfos, onde se mantêm latentes até que as videiras jovens sejam sujeitas a fatores de stress ou a outras condições favoráveis para a germinação dos esporos produzidos nas estruturas de frutificação, dos diversos órgãos da videira atacados, nomeadamente no ritidoma esbranquiçado das varas, em cancrios, ou em madeira da poda abandonada na vinha (Magalhães, 2015).

O ciclo de vida dos fungos da família *Botryosphaeriaceae*, responsáveis por causar esta doença, pode ser observado na Figura 7. Ao longo da época de crescimento, os picnídeos

produzem e libertam conídeos (esporos), os quais após a hidratação são espalhados pelo vento e pela chuva, de videira em videira, e de uma parte da videira para outra. A doença desenvolve-se quando os conídeos penetram através da madeira recém cortada ou danificada. Estes germinam entre os 15-37°C e invadem o tecido lenhoso através do xilema danificando o sistema vascular, sendo a temperatura ótima de infeção de 23-26°C. Formam-se os cancrios à volta do ponto de infeção inicial, causando danos no sistema vascular, necrose e morte das videiras. Em algumas espécies, a pseudoteca forma-se no exterior dos cancrios e produz ascósporos. Tal como os conídeos, os ascósporos são disseminados pelo vento e chuva e entram na planta através de feridas de poda recentes, formando-se novos picnídeos no exterior da madeira doente (Magalhães, 2015; Pereira et al., 2012; Pitt et al., 2012).

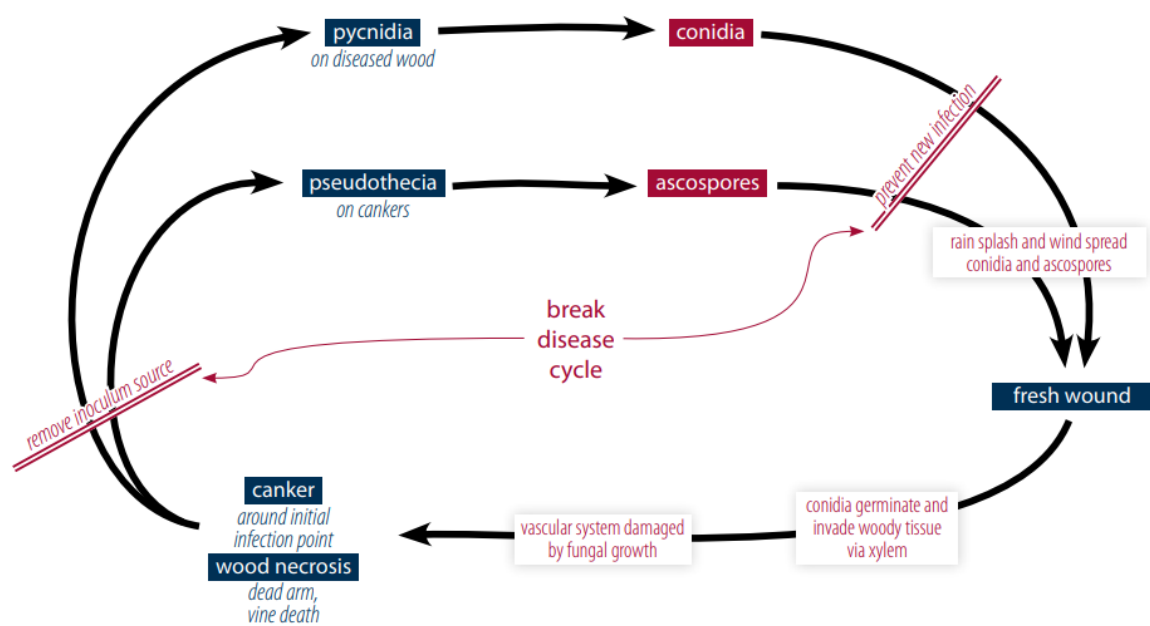


Figura 7 – Ciclo de vida dos fungos da família Botryosphaeriaceae (Pitt et al., 2012).

2.5. Pé Negro da Videira

O Pé Negro da Videira ou “Black Foot” é uma doença causada por vários fungos assexuados do complexo *Cylindrocarpon* pertencentes aos géneros *Campylocarpon*, *Cylindrocladiella*, *Dactylonectria*, *Ilyonectria*, *Neonectria*, e *Thelonectria* (Gramaje et al., 2018; Magalhães, 2015). Entre eles, a *Dactylonectria torresensis* é uma das espécies mais frequentes em Portugal (Reis et al., 2013) e Espanha (Berlanas et al., 2017). Os

sintomas internos das videiras com esta doença geralmente vão desde lesões negras, afundadas, necróticas nas raízes até à descoloração castanha-avermelhada na base do tronco do porta-enxerto. Os sintomas foliares associados à doença do Pé Negro são praticamente indistinguíveis dos observados nas videiras afetadas pela Doença de Petri e incluem a quebra retardada de botões, folhagem clorótica com margens não necróticas, atrofiamento geral, e murchidão de folhas ou rebentos inteiros (Agustí-Brisach & Armengol, 2013). Também se assemelham a sintomatologia associada a perturbações abióticas, tais como geada primaveril, danos de inverno, deficiência de nutrientes e/ou stress hídrico (Gramaje et al., 2018).

Os fungos do género *Cylindrocarpon* sobrevivem no solo durante longos períodos de tempo, sob a forma de micélio hibernante ou de clamidósporos, nos resíduos vegetais e nos órgãos atacados da planta. Podem residir no solo e penetrar as células epidérmicas das raízes da videira, invadindo posteriormente o tecido vascular. Podem também colonizar feridas a partir de inóculo aéreo, sendo mais severas em condições de stress hídrico. O material de propagação vegetativo é o principal veículo de disseminação destes agentes patogénicos, o que explica em parte a disseminação de plantas afetadas nas parcelas das vinhas. A proveniência das diferentes amostras (viveiros) é o fator que mais influencia a incidência deste complexo de fungos, ou seja, o solo do viveiro proveniente (Pereira et al., 2012).

Os fungos do género *Cylindrocarpon* podem estar presentes no solo como micélio, conídeos e clamidósporos. Os conídeos podem ser dispersos na água do solo e os clamidósporos conseguem sobreviver no solo por grandes períodos de tempo (Petit et al., 2011). Estas estruturas podem ser visualizadas na Figura 8 e na Figura 9.

A infeção pode ocorrer através da pequena ferida feita quando as raízes se rompem durante o processo de plantação, através de feridas feitas no processo de propagação da videira ou feridas de poda, a partir das quais a infeção progride para baixo até à base do tronco (Halleen et al., 2006; Pathrose, 2012).

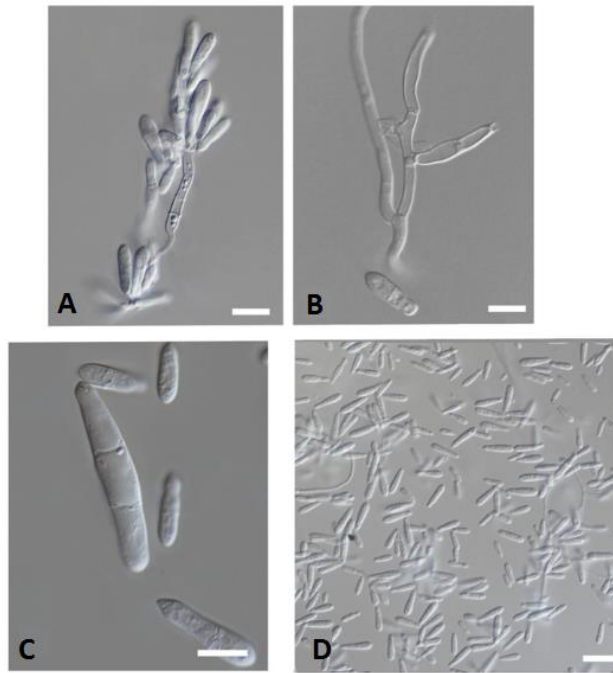


Figura 8 – *Dactylonectria riojana*. A-B: conidióforos no micélio; C-D: micro e macro conídios. Barra A-C = 10 μ m; Barra D = 50 μ m. Adaptado de Berlanas et al., 2020.

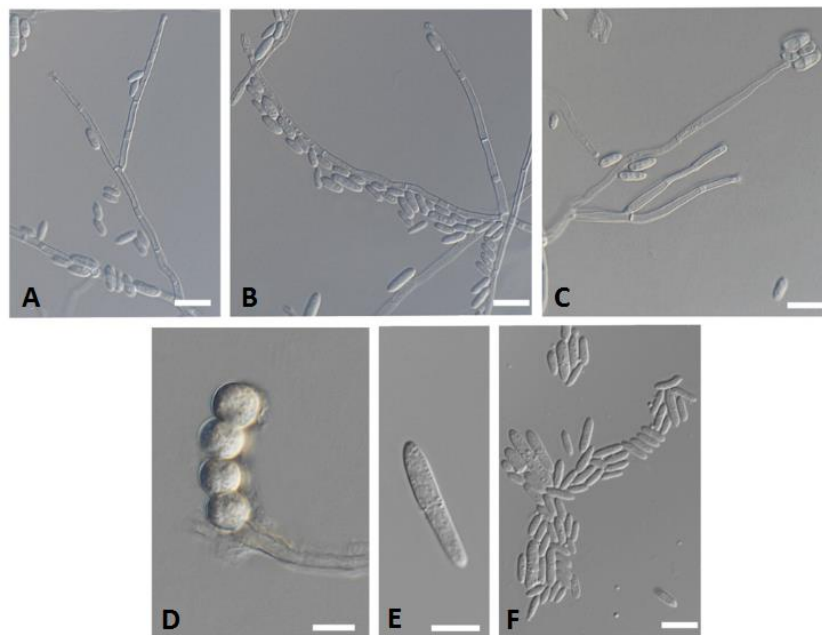


Figura 9 – *Ilyonectria vivaria*. A-C: clamidósporos no micélio; D-F: micro e macro conídios. Barra = 10 μ m. Adaptado de Berlanas et al., 2020.

3. Sintomatologia associada ao complexo de doenças do lenho

Os sintomas gerais das DLV incluem manchas necróticas bem visíveis quando se fazem cortes transversais na zona lenhosa, os quais progredem para as folhas onde são visíveis cloroses e necroses no limbo das folhas. Além disso, os lançamentos ficam mais fracos, existe um atraso no abrolhamento, crescimento atrofiado, redução do vigor, cada vez menor produção vegetativa, com conseqüente redução da taxa fotossintética. Desta forma, os foto-assimilados não atingem os bagos, impedindo que estes se formem completamente, apresentando muitas vezes sintomas de murchidão, ou mesmo dessecação dos cachos. As DLV conduzem à morte das folhas, seguida dos pâmpanos, sarmentos e rebentos, e podem inclusive causar a morte completa da videira (Patanita et al., 2022; Fischer & Peighami Ashnaei, 2019). De referir que os sintomas foliares podem estar ausentes por muitos anos, contudo as necroses permanecem nos troncos das videiras como infeções latentes, podendo flutuar de ano para ano (Patanita et al., 2022). Através da observação dos sintomas presentes quando se fazem cortes transversais do lenho, geralmente, podem ser distinguidas algumas DLV (Figura 10) (Almeida, 2007).











Figura 10 – Sintomas em corte transversal do lenho da videira (Almeida, 2007).









Em vinhas jovens, sintomas externos como atraso no crescimento, vigor reduzido, entrenós encurtados, folhagem escassa e clorótica com margens necróticas, murchidão, “dieback” e morte podem aparecer devido ao Pé Negro ou à Doença de Petri, sendo possível observar lesões necróticas das raízes afundadas com redução da biomassa das raízes e dos pelos radiculares, embora estes sintomas sejam frequentemente indistinguíveis (Gramaje & Armengol, 2011).

O Quadro 2 mostra os principais sintomas das DLV observados nas plantas.

Quadro 2 – Principais sintomas das doenças do lenho da videira observados nas plantas.

DLV	Madeira/Tronco	Folhas	Cachos/Bagos
Esca	 <p>(Almeida, 2007)</p>	 <p>(Larignon, 2016)</p>	 <p>(Larignon, 2016)</p>
Doença de Petri	 <p>(Gramaje et al., 2018)</p>	 <p>(Gramaje et al., 2018)</p>	
Eutipiose	 <p>(Ellis, 2008)</p>	 <p>(Ellis, 2008)</p>	 <p>(Larignon, 2016)</p>

Quadro 2 – (continuação).

DLV	Madeira/Tronco	Folhas	Cachos/Bagos
Escoriose Americana	 (Larignon, 2016)	 (Anco et al., 2011)	 (Anco et al., 2011)
Escoriose Europeia	 (Larignon, 2016)	 (Larignon, 2016)	 (Urbez-Torres, 2011)
Pé Negro da Videira	 (Agustí-Brisach & Armengol, 2013)	 (Halleen et al., 2006)	

É de notar que uma videira pode ser afetada por uma ou por mais do que uma DLV ao mesmo tempo, pois existem várias oportunidades de infeção ao longo de uma estação e ao longo dos anos (Figura 11). Além disso, alguns sintomas são tão semelhantes que se podem sobrepor, tornando difícil a sua identificação no campo. Na Doença de Petri, quando se fazem cortes transversais ou longitudinais nos troncos e rebentos, pode-se observar pontuações negras e estrias castanhas ou pretas nos tecidos xilémicos (Almeida, 2007; Gramaje et al., 2018).



Figura 11 – Cortes transversais do lenho da videira apresentando mais do que uma doença (Almeida, 2007).

As DLV podem evoluir de duas formas distintas, que correspondem a dois síndromes diferentes: a síndrome do declínio crónico ou forma lenta e o síndrome apoplético ou apoplexia, dependendo dos agentes patogénicos que estão envolvidos e que se encontram associados numa mesma planta, dos fatores ambientais e dos stresses a que essa planta está sujeita e da idade da videira (Songy et al., 2019).

A apoplexia ocorre geralmente durante o verão, onde as folhas ficam verde claras-acinzentadas, murchando e secando rapidamente, devido à diminuição da condutividade no xilema, e a forma lenta ou crónica ocorre principalmente entre junho e setembro, com sintomas a nível das folhas, que se tornam amarelas a castanhas, tronco, varas e cachos (Chicau, 2006).

De forma a tornar mais explícitos os sintomas das DLV, abordou-se cada um dos órgãos da planta em separado: sarmentos, folhas e bagos/cachos.

Quando se trata de Eutipiose, pode ocorrer a morte do rebento (“Black dead arm”), necrose setorial do tronco com tiras escuras, observando-se mau atempamento dos sarmentos, com pouco vigor (Larignon, 2016). O sintoma mais precoce desta doença é

um cancro que geralmente se forma em torno de feridas de poda, em madeira mais velha do tronco principal e raramente ocorre abaixo da linha do solo. É possível observar, em corte transversal, a madeira mais escurecida ou descolorida, estendendo-se em forma de cunha até ao centro do tronco (Ellis, 2008).

Na Escoriose Americana observa-se a presença de pequenas manchas negras nos ramos mais jovens, que mais tarde se desenvolvem em crostas castanho-escuro bem individualizadas. Pode aparecer um estrangulamento na sua base, o que pode levar à quebra sob certas condições (nomeadamente vento e peso da cultura). Também podem ser encontradas manchas necróticas negras ao longo dos vasos principais e secundários, assim como nos pecíolos (Úrbez-Torres et al., 2013).

Na Escoriose Europeia, o principal sintoma no tronco é uma necrose setorial típica com descoloração vascular. As plantas afetadas são caracterizadas por braços mortos com desenvolvimento vegetativo enfraquecido (Larignon, 2016).

Relativamente ao Pé Negro, a planta mostra um vigor reduzido com troncos de pequeno tamanho, entrenós encurtados, maturidade irregular da madeira, a sintomatologia corresponde a cloroses e necroses da madeira afetada, tonando-se mais escura, e desenvolvendo-se desde a base do porta-enxerto (Agustí-Brisach & Armengol, 2013; Fontaine, Pinto, et al., 2016).

As folhas, no caso da Esca e Doença de Petri, apresentam manchas amarelo-acastanhadas (cultivares brancas) ou vermelho-acastanhadas (cultivares tintas) entre as nervuras ou abrangendo partes da folha, assumindo o padrão de “listas de tigre” (Gramaje et al., 2018).

Na Eutipiose, são observados rebentos fracos e curtos, com folhas mais pequenas, serrilhadas, cloróticas e, por vezes, com necroses nas extremidades, enrugamento de rebentos (folha em forma de leque) com folhas cloróticas, enrugadas e rasgadas com necroses marginais, e que se podem disseminar por todo o membro. Estes sintomas podem desaparecer de todas as folhas, exceto nas folhas basais dos rebentos afetados (Giralda & Parra, 1995; Ellis, 2008; Fontaine et al., 2016).

Na Escoriose Americana, algumas porções de folhas podem também tornar-se amarelas, verde-pálido e/ou castanhas. As folhas gravemente infetadas ou folhas com pecíolos fortemente infetados podem cair (Úrbez-Torres et al., 2013). Os sintomas mais comuns desta doença são pontos ou lesões em rebentos e folhas. Nas folhas podem aparecer pequenas manchas verde-claro com margens irregulares, ocasionalmente em forma de estrela, afetando normalmente apenas as folhas inferiores, de uma a quatro folhas num rebento. As manchas tornam-se maiores, pretas, com margem amarela, ficando distorcidas com o tempo, até à sua queda e morte (Anco et al., 2011).

Os sintomas foliares na Escoriose Europeia são caracterizados por cloroses em áreas entre as nervuras sem margem amarela, nas primeiras fases de aparecimento dos sintomas (cultivares tintas), e com margem amarela nas fases finais, semelhante à Esca (Reis et al., 2016).

Na Doença do Pé Negro, a folhagem é escassa, as folhas são pequenas e apresentam cloroses e necroses inter-nervuras (Agustí-Brisach & Armengol, 2013).

A nível dos bagos, na Doença de Petri, podem aparecer pontuações negras chamadas “black measles” ou sarampo preto (Pinto, 2010).

Na Eutipiose, os cachos podem aparecer quase normais antes da floração, observando-se posteriormente dessecação das inflorescências (Giralda & Parra, 1995; Larignon, 2016).

Na Escoriose Americana, os cachos podem apresentar manchas e fissuras de cana de uva causadas por *Phomopsis viticola*. Estes sintomas típicos da cana estão normalmente presentes apenas nos primeiros três a quatro entrenós (Anco et al., 2011). Por outro lado, os frutos tornam-se castanhos e murçam, com múmias ou bagas murchas perto da colheita (Úrbez-Torres et al., 2013).

Na Escoriose Europeia, à medida que a infeção dos frutos progride, os bagos tornam-se mais escuros e acabam por murchar, assemelhando-se a uma passa, chamadas “múmias”, e ficam cobertos de picnídeos (Urbez-Torres, 2011).

4. Impacto das doenças do lenho da videira no Mundo e em Portugal

As DLV são consideradas um dos maiores desafios da viticultura e uma das doenças mais destrutivas da videira das últimas décadas. Estas doenças encontram-se distribuídas a nível mundial, sendo uma preocupação crescente em todos os países produtores de vinho (Figura 12) (Fontaine et al., 2016).

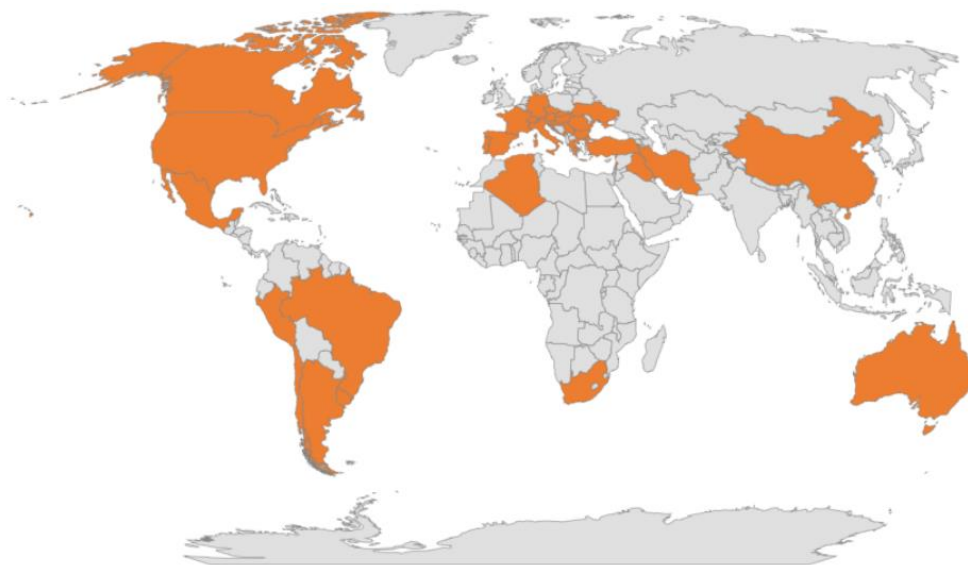


Figura 12 – Distribuição mundial das DLV (Sofia, 2018).

Estas doenças afetam as vinhas, manifestando-se em videiras jovens e videiras adultas, e também nos viveiros, em plantas-mãe (Gimenez-Jaime et al., 2006; Oliveira & Rego, 2013). Quando ocorrem em vinhas jovens, como a Doença de Petri e o Pé Negro, reduzem a sua produtividade e longevidade, causando assim perdas económicas consideráveis na atividade (Gramaje & Armengol, 2011).

Estima-se que a nível mundial os custos em substituição de videiras mortas seja superior a 1,5 biliões de dólares por ano (Hofstetter et al., 2012).

No Canadá, particularmente na província Colômbia Britânica, observou-se uma baixa incidência de Esca (0,2%) e Doença de Petri (8%) (Úrbez-Torres et al., 2014). Na Califórnia, estima-se que 64% das vinhas de ‘Sauvignon Blanc’ e 55% de ‘Chardonnay’ estão infetadas com Escoriose Europeia (Gubler et al., 2005). As perdas anuais de rendimento devidas a Eutipiose e a Escoriose Europeia correspondem a 14% do seu valor bruto produzido. Foram atribuídas perdas económicas de pelo menos 260 milhões

de dólares por ano às DLV e alguns estudos indicam que é necessária uma intervenção precoce para restringir a propagação destas doenças e a perda de rendimentos (Siebert, 2001).

No Chile, observou-se que entre 694 amostras de videiras com sintomas de DLV, recolhidas em 67 regiões vinícolas, as espécies *P. chlamydospora* (85%) e fungos da família Botryosphaeriaceae (56%) eram os microrganismos mais frequentemente isolados (Díaz et al., 2013). Também foram identificadas espécies de fungos da família Botryosphaeriaceae em uvas de mesa, com incidência entre 22 e 69% conforme a idade da vinha, 11 a 20 anos, respetivamente (Morales et al., 2012).

Na Austrália, a Eutipiose causa perdas económicas consideráveis à indústria vinícola australiana de 8,3 mil milhões de dólares. Relativamente a vinhas de 'Syrah', foram contabilizadas perdas de rendimento até 1500 kg/ha (Fontaine et al., 2016).

Na Nova Zelândia, foi realizado um estudo em 43 vinhas de seis regiões vitivinícolas que mostrou que a Escoriose Europeia está presente em 88% das vinhas e em 68% das videiras sintomáticas da amostra analisada (Baskarathevan et al., 2012).

A China, sendo um país emergente de produção de vinho, também é afetado pelas DLV, particularmente pela Escoriose Europeia, tendo sido detetada em 18 das 20 regiões vinícolas pesquisadas num estudo realizado entre 2009 e 2012 (Yan et al., 2013).

Na Turquia, a taxa de Esca é muito baixa, correspondendo a 2,61% das vinhas de Tekirdag, Região de Marmara (Ari, 2000). Em Itália, a Esca tem grande impacto em diferentes regiões vinícolas como a Toscana, Sicília e Apúlia, apresentando um aumento anual médio da incidência estimado em 4 a 5% (Mugnai et al., 1999).

Quase 13% das vinhas francesas são afetadas por DLV, segundo o inquérito conduzido pela DGAL em 2012 (Grosman and Doublet, 2012). Por conseguinte, é uma grande preocupação dos viticultores desde que o arsenito de sódio foi proibido em 2001, que era um produto que mostrava eficácia no tratamento da Esca. Doenças como a Esca, Escoriose Europeia e Eutipiose foram associadas a um decréscimo da produção de vinho de 13% em França em 2014, segundo o Ministério da Agricultura e o Instituto Francês

do Vinho. A incidência destas doenças atingiu valores superiores a 10% para a Escoriose Europeia e 25% para a Eutipiose nas vinhas francesas. Estas doenças apresentam um impacto económico aproximado de 1 bilião de euros por ano na produção de vinho perdida (Bruez et al., 2013).

Em Espanha, entre 2003 e 2007 houve um aumento de 8,7% de vinhas infetadas com DLV (Coque & Jimeno, 2011). Num estudo realizado em vinhas na região de Castilla y León, correspondentes às denominações de origem Cigales, Toro, Ribera del Duero e Tierra de León, o impacto passou de um grau de afetação de 1,8% em 2001 para um grau de afetação de 10,5% em 2007, considerando que 7% das plantas são afetadas por DLV (Martin & Cobos, 2007).

Em Portugal, as DLV estão amplamente distribuídas por todas as regiões vitivinícolas, principalmente nas regiões dos Vinhos Verdes, Douro, Dão e Alentejo. A Esca e a Escoriose Europeia são as principais doenças da videira adulta associadas a consideráveis prejuízos e perdas económicas. A incidência da Eutipiose é baixa quando comparada com outros países. Nas videiras jovens, também há incidência da Doenças de Petri e Pé Negro no porta-enxerto (Rego et al., 2006). Note-se que ainda não existem muitos estudos acerca destas doenças no nosso país, no entanto é de destacar um crescente aumento de plantas sintomáticas nas vinhas portuguesas, com áreas extensas de videiras afetadas nas principais regiões produtoras de vinho.

5. Fatores associados à expressão de sintomas deste complexo de doenças

Têm-se vindo a verificar que existem cultivares que apresentam menor suscetibilidade aos fungos causadores de doenças do lenho do que outras, contudo são visíveis em diversas vinhas, pertencentes à mesma cultivar, plantas sintomáticas e assintomáticas, inclusive plantas que se encontram na mesma linha e até plantas localizadas lado a lado. Sabe-se atualmente que vários fatores podem aumentar a suscetibilidade das videiras às DLV, nomeadamente clima, idade da planta, fertilização do solo, práticas culturais, microbiota, porta-enxerto e cultivar (Gimenez-Jaime et al., 2006).

Um estudo demonstrou que, no caso da Escoriose Europeia, cultivares como Cabernet Sauvignon são mais sensíveis do que outras como é o caso da Merlot (Fontaine et al., 2016). Num outro estudo, foram classificadas cultivares de acordo com a sua suscetibilidade às DLV, sendo a Cabernet Sauvignon um exemplo de cultivar mais sensível, e Merlot, Semillon e Petit Verdot menos sensíveis (Bertsch et al., 2013). Um estudo realizado em Espanha avaliou a suscetibilidade aos sintomas foliares da Esca, de 22 cultivares brancas e 25 cultivares tintas ao longo de três anos, identificando algumas cultivares mais sensíveis tais como Cabernet Sauvignon, Syrah, Sauvignon Blanc e outras mais tolerantes tais como Petit Verdot, Pinot Noir, Chardonnay e Riesling (Chacón-Vozmediano et al., 2021).

Também a escolha do porta-enxerto afeta expressão dos sintomas das DLV. Um estudo avaliou a suscetibilidade dos porta-enxertos mais utilizados em Espanha (110-R, 1103-P, 140-R, 161-49C, 196-17C, Fercal e SO4) a dois fungos responsáveis pela doença do Pé Negro (*Cylindrocarpon liriodendri* e *C. macrodidymum*), demonstrando que todos foram afetados por esta doença, sendo o porta-enxerto 110-R o mais sensível (Alaniz et al., 2010). Outro estudo combinou garfos de Sauvignon blanc com diferentes porta-enxertos, demonstrando que a incidência de Esca aumentou em plantas enxertadas em SO4, comparando com plantas enxertadas em 1103P (Murolo & Romanazzi, 2014). Este resultado pode ser atribuído à maior resistência à seca do 1103P em comparação com o SO4, pois o porta-enxerto afeta a eficiência do transporte de água para a parte aérea

devido a restrições de condutividade impostas pela anatomia dos vasos do xilema, corroborando a hipótese de que a expressão de sintomas das DLV ocorrem principalmente em plantas stressadas.

O clima pode assim afetar a expressão de sintomas das DLV, sendo os períodos secos os que causam maior stress hídrico à videira, favorecendo a expressão de sintomas (Stamp, 2001).

Pelo contrário, a presença de outros microrganismos podem reduzir ou impedir o seu desenvolvimento (Surico et al., 2006). É o caso dos endófitos, microrganismos encontrados nos tecidos internos das plantas (raízes, xilema, floema e ou folhas). Estes microrganismos são cruciais para os mecanismos de defesa das plantas, pois interagem diretamente com o sistema da mesma e são também conhecidos por apresentarem benefícios diretos ou indiretos a gerir o stress da planta hospedeira, levando a uma relação benéfica entre estes (Singh et al., 2020), tornando-as assim mais resistentes ao ataque de agentes patogénicos e à expressão de sintomas da doença. Os fungos endofíticos aumentam assim a resistência das plantas aos fatores de stress abiótico, como o aumento da tolerância à seca, diferenças de temperatura, baixos valores de pH, alta salinidade e presença de metais pesados no solo, prolongando, por outro lado, a sua longevidade (Lata et al., 2018).

Um exemplo de redução da progressão dos sintomas das DLV é refletido num estudo em vinhas de Cabernet Sauvignon afetadas por Esca, que demonstrou que as que estavam colonizadas nas suas raízes por *Pythium oligandrum* apresentaram uma redução de 40-50% de necrose, comparativamente às não colonizadas (Yacoub et al., 2016). Além disso, a *P. oligandrum* pode também reduzir o stress biótico através da triptamina produzida pelo fungo, um composto de auxina envolvido no crescimento das plantas (Benhamou et al., 2012).

A incidência das DLV é maior em vinhas adultas do que em vinhas jovens. Com o passar do tempo a planta é submetida a mais ciclos de poda e assim terá maior probabilidade de infeção, uma vez que as feridas de poda são a principal forma de contaminação da videira por este complexo de doenças (Mugnai et al., 1999). Atualmente os sintomas

aparecem tendencialmente mais cedo. Este facto pode atribuir-se à produção de plantas prontas infetadas nos viveiros, e/ou à ocorrência de maior quantidade de inóculo na natureza, o que aumenta a probabilidade de infeção tanto numa fase inicial nos viveiros, como durante os primeiros anos de vida de uma vinha (Surico et al., 2006).

6. Métodos disponíveis para a mitigação e controlo das doenças do lenho

O controlo das DLV representa um grande desafio para os viticultores, viveiristas, técnicos e cientistas, especialmente pela sua complexidade em relação a outras doenças da videira (Mondello et al., 2018). Também devido à limitação da utilização de algumas substâncias ativas eficazes contra as DLV, devido a questões ambientais e de saúde pública, levando ao aumento da incidência e severidade destas doenças (Gramaje et al., 2018). Atualmente, está recomendada uma estratégia de proteção integrada para prevenir ou reduzir a incidência e severidade das DLV, através da adoção de métodos culturais, físicos, biológicos e químicos (Urbez-Torres, 2011).

6.1. Métodos culturais

Antes da fase de instalação de uma vinha, podem ser consideradas boas práticas preventivas das DLV, sendo de extrema importância a escolha do material vegetativo, em bom estado sanitário. A nível dos viveiros, devem ser implementados meios de luta, nas plantas-mãe de porta-enxertos e de garfos para evitar a presença de fungos do lenho no material de propagação vegetativa utilizado na instalação da vinha, sendo possível identificar picnídeos em garfos de *Vitis vinifera*, ou necroses do lenho em enxertos prontos e bacelos. Estão disponíveis métodos baseados em PCR para detetar alguns fungos do lenho em videiras infetadas e fontes de inóculos em viveiros (Oliveira et al., 2004).

Projetar as vinhas orientadas de forma a receber uma maior exposição solar, evitando sombra, com boa drenagem do solo e circulação do ar, ajuda a aumentar a penetração da luz na vinha, reduzindo os períodos húmidos, propícios à disseminação destas doenças (Anco et al., 2011). Deve-se proporcionar uma estrutura de solo que permita arejamento e drenagem, evitando condições de stress para a planta (Larignon, 2016).

A escolha do sistema de condução e tipo de poda podem influenciar as infeções causadas por fungos do lenho, por exemplo através da poda dupla, efetuando pré-poda mecânica após a queda das folhas, deixando varas com superiores a 40 cm e,

posteriormente, efetuar a poda de inverno. Desta forma, é possível concentrar as infecções que ocorrem durante o período de maior pressão do inóculo na parte superior da vara, e retirá-la mais tarde aquando da poda de inverno (Gramaje et al., 2018).

As videiras infetadas devem ser marcadas na altura em que seja possível identificar os sintomas. A sua poda deve ser realizada em último lugar, preferencialmente em períodos secos e sem vento, utilizando instrumentos desinfetados com hipoclorito de sódio, etanol ou permanganato de potássio (Coque & Jimeno, 2011). As feridas da poda de maiores dimensões podem ser protegidas com um unguento de enxertia ou betume industrial (Almeida, 2007). No caso de plantas ainda viáveis, deve ser removida cirurgicamente toda a madeira doente, o que possibilita um aumento do tempo de vida das plantas (Savocchia et al., 2005), ou, no caso das plantas não viáveis, devem ser arrancadas antes da vindima (Palmero, 2007).

A lenha da poda deve ser removida, para evitar a contaminação das feridas produzidas, e realizada a sua destruição através de queima ou compostagem (Gramaje et al., 2018).

Segundo Munkvold & Marois (1995), a poda tardia perto do abrolhamento pode ser uma opção benéfica, pois as feridas têm uma maior capacidade de cicatrização devido à ocorrência de temperaturas mais elevadas. Porém, outros estudos indicam que o risco de infeção é mais baixo quando se praticam podas mais precoces durante o outono (Munkvold & Marois, 1995).

6.2. Métodos físicos

Vários estudos concluíram que a utilização de água quente (51-53°C) é eficaz para reduzir infeções de *B. dothidea*, *D. seriata*, *P. chlamydospora* e fungos da família Botryosphaeriaceae (Elena et al., 2015; Vignes et al., 2009). A utilização de tratamento com água quente poderá ser um método promissor para o controlo da doença do pé negro, pois a sua aplicação, a nível dos viveiros, em estacas de porta-enxertos antes da enxertia ou em bacelo pronto, pode ser eficaz na redução dos níveis de infeção (Gramaje & Armengol, 2011).

6.3. Métodos biológicos

O controlo preventivo das DLV através de agentes biológicos pode ser realizado através de espécies do género *Trichoderma*, que atuam de forma antagonista aos fungos responsáveis pelas DLV (Gonçalves, 2017). Estudos demonstram que estes são capazes de promover o crescimento radicular e reduzir a suscetibilidade às DLV, uma vez que protegem as feridas de poda, colonizando os tecidos dos talões, e oferecem uma proteção a longo prazo (Agustí-Brisach & Armengol, 2013). A vantagem da utilização destes produtos em relação a alguns produtos químicos reside no facto de não serem nocivos para o Homem nem para o meio ambiente (Halleen et al., 2010).

Existem outras espécies de fungos e bactérias utilizadas no âmbito do controlo biológico, tais como *Fusarium lateritium*, *Bacillus subtilis* e *Erwinia herbicola* (Hunt et al., 2001; Munkvold & Maroisa, 1993).

6.4. Métodos químicos

O controlo das DLV através de produtos químicos baseia-se essencialmente na proteção das feridas de poda, de modo a evitar a contaminação das plantas e a dispersão da doença nas vinhas (Bertsch et al., 2013).

Desde a proibição do arsenito de sódio, carbendazime e flusilazol, não existem fungicidas químicos autorizados para o controlo das DLV (Gonçalves, 2017), apesar de existirem vários estudos focados em encontrar alternativas eficientes para o controlo das DLV através de algumas substâncias como tebuconazol + resinas sintéticas, tebuconazol, fluazinam ou piraclostrobina (Gonçalves, 2017).

Existem outros métodos utilizados por alguns viticultores, os quais ainda necessitam de validação científica, tais como a aplicação de nanopartículas de cobre, através de injeções com uma seringa, por apresentar atividade *in vitro* contra fungos e leveduras patogénicas (Betancourt-Galindo et al., 2014; Ramyadevi et al., 2012); a injeção de peróxido de hidrogénio em videiras com sintomas da Esca e Escoriose Europeia, ou a imersão de plantas em fungicidas antes da plantação (van Breusegem & Dat, 2006).

A utilização de quitosano foi testada *in vitro* e *in vivo* contra alguns dos mais importantes fungos responsáveis pelas DLV, demonstrando que foi eficaz na redução do crescimento micelial dos fungos, melhorando significativamente o crescimento das plantas e diminuindo a incidência de doenças em comparação com plantas não tratadas, pois possui um efeito semelhante a outros fungicidas, tais como tebuconazol e misturas de carbendazim com flusilazol, e ciprodinil com fludioxonil (Nascimento et al., 2007).

No Quadro 3 apresenta-se a lista de produtos fitofarmacêuticos autorizados pela DGAV para aplicação relativamente às DLV.

Quadro 3 – Produtos Fitofarmacêuticos autorizados pela DGAV para as DLV (DGAV, 2022).

Inimigo / Efeito a atingir	Nome Científico	Substância(s) Ativa(s)	Designação Comercial
Esca	<i>Phaeoconiella chlamydospora</i> <i>Phaeoacremonium</i> sp.	Trichoderma atroviride SC1	VINTEC®
	<i>Phaeoacremonium aleophilum</i> <i>Chlamydospora phaemoniella</i> <i>Fomitiporia punctata</i> <i>Fomitiporia mediterranea</i> <i>Stereum hirsutum</i>	Trichoderma atroviride I-1237	ESQUIVE WP
	<i>Phaeoconiella chlamydospora</i> <i>Phaeoacremonium aleophilum</i>	Piraclostrobina + Boscalide	TESSIOR
Doença de Petri	<i>Phaeoconiella chlamydospora</i>	Trichoderma gamsii ICC080 + Trichoderma asperellum ICC012	DONJON BLINDAR
	Eutipiose	<i>Eutypa lata</i>	Piraclostrobina + Boscalide
		Trichoderma atroviride SC1	VINTEC®
		Trichoderma atroviride I-1237	ESQUIVE WP
Escoriose Americana	<i>Phomopsis viticola</i>	Azoxistrobina	QUADRIS
		Azoxistrobina + Folpete	QUADRIS MAX TRUNFO F TAGUS F

Quadro 3 – (Continuação).

Escoriose Americana		Ditianão + Fosfonatos de potássio	ENVITA
		Enxofre	ENXOFRE MICRONIZADO PREMIER KUMULUS S SUFREVIT THIOVIT JET ENXOFRE MOLHÁVEL SELECTIS ALASKA MICRO COSAN WDG SOUF PALLARÉS 80 WG MICROTHIOL SPECIAL DISPERS MICROTHIOL SPECIAL LIQUIDO THIOPRON 825 COLPENN SOFREX COSAN 80 WG ENXOFRE BAYER 80 WG NIMBUS 80 WG
		Folpete	SLEDOVAT FOLLOW 80 WG Fol-HiTec FLEXI 80 WG FOLLET 80 WG FOLPEC 50 SC FOLPEC 80 WG FOLPETIS SC
		Folpete + Fosetil (na forma de sal de alumínio)	Rhodax Flash
		Metirame	POLYRAM DF
		Metirame + Piraclostrobina	CABRIO TOP
		Óleos parafínicos + Cobre (na forma de óxido cuproso)	RED FOX
		<i>Cryptospora viticola</i>	Folpete
		Folpete + Fosetil (na forma de sal de alumínio)	VIDEVAL VALLÉS
Escoriose Europeia	<i>Botryosphaeria sp.</i>	Difenoconazol	ZANOL SCORE 250 EC MAVITA 250 EC
	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	Piraclostrobina + Boscalide	TESSIOR
Pé Negro da Videira	<i>Botryosphaera obtusa</i> <i>Botryosphaeria dothidea</i> <i>Botryosphaeria stevensii</i> <i>Botryosphaeria parva</i> <i>Botryosphaeria lutea</i>	Trichoderma atroviride I-1237	ESQUIVE WP

7. Discussão

Ao longo da história da agricultura, verificou-se que os fungos patogênicos têm sido uma ameaça devastadora apresentando uma elevada diversidade genética, o que lhes permite desenvolver resistência a tratamentos com fungicidas (Doehlemann et al., 2017). Com a saída do mercado de muitas substâncias de síntese química utilizadas para o controle fitossanitário, optou-se pela utilização do controle natural e biológico, o que acaba por ser menos prejudicial para os consumidores. Por outro lado, a utilização de produtos químicos, muitas vezes de forma descontrolada, acabou por eliminar espécies importantes que ajudam no controle das doenças, fazendo com que exista uma inibição de outros microrganismos, sendo os fungos endofíticos os mais afetados (Azevedo et al., 2000). A comunidade endofítica pode constituir uma fonte de novos agentes que sejam úteis para controlar as doenças da videira, especialmente as doenças que estão associadas ao declínio das videiras jovens produzidas em viveiros (González & Tello, 2011).

No caso das videiras, estas podem ser infetadas por diferentes agentes patogênicos ao longo do tempo, devido a múltiplas oportunidades de infecção e cada planta pode ser afetada simultaneamente por uma ou mais doenças do complexo de doenças do lenho. Para contaminar os tecidos da videira, os fungos causadores das DLV necessitam de feridas recentes como pontos de entrada, como é o caso das feridas causadas pela poda. O termo “inóculo externo” pode ser definido por várias formas de propagação dos fungos do lenho no ar, água ou no solo (esporos ou micélio) que podem permanecer na superfície ou nas proximidades da videira ou em detritos de madeira. O termo “inóculo interno” é caracterizado pelos fungos do lenho que penetram e se desenvolvem nos tecidos da videira (Claverie et al., 2020).

A prática da rega deficitária tem sido utilizada com o objetivo de melhorar a qualidade da uva e do vinho, no entanto pode gerar stress às plantas e ter consequências para as DLV. Apesar de existirem estudos que demonstrem maior incidência das DLV em vinhas sujeitas a rega com déficit hídrico severo (Hrycan et al., 2020), outros estudos sugerem que um stress hídrico moderado não afeta a expressão dos sintomas das DLV (Sosnowski et al., 2021).

Associados às alterações climáticas, espera-se que a ocorrência de aumentos de temperatura, ondas de calor e seca, contribuam para o stress das plantas, afetando a sintomatologia das DLV (Hrycan et al., 2020).

A exploração intensiva da vinha, com densidades de plantação superiores, contribui para uma menor circulação de ar, aumentando a probabilidade de humidade, que são condições mais favoráveis à propagação das DLV. O aumento das áreas cultivadas leva à necessidade de mecanização, que proporciona uma maior transferência de material infetado, quer pelos cortes, quer pelo transporte de solo contaminado de umas vinhas para outras. Também provoca compactação do solo, devido à passagem de máquinas pesadas, o que pode dificultar a drenagem, que é uma condição favorável para o aparecimento das DLV (Smart, 2014).

A livre circulação de material vegetal e a falta de controlo de passaportes fitossanitários são pontos fracos no circuito de produção, comercialização e certificação de materiais de propagação vegetativa de videira, levando ao aumento e disseminação das DLV. A DGAV estipulou procedimentos a ter em conta nos viveiros, na certificação de vinhas-mãe, não sendo aceites se obtiverem muitas falhas e/ou muitas plantas com sintomas de doenças do lenho >5% (DGAV, 2021), contudo continua a não se exigir obrigatoriedade na isenção de doenças do lenho na comercialização e certificação de material vitícola.

8. Conclusões Gerais e Perspetivas Futuras

Este trabalho permitiu rever as DLV, nomeadamente Esca, Doença de Petri, Eutipiose, Pé Negro da Videira, Escoriose Americana e Escoriose Europeia, e abordar as suas características e sintomas. O conhecimento destas particularidades revela-se importante a todos os intervenientes do setor, pois possibilita a implementação de métodos de prevenção e controlo, de forma a evitar ou retardar o aparecimento de sintomas, e também orientação para um tratamento mais eficiente.

É evidente que as DLV são um problema a nível mundial e uma ameaça permanente para a viticultura, sendo altamente devastadoras para as vinhas adultas e jovens. Torna-se assim essencial o desenvolvimento de meios de mitigação e controlo mais efetivos, económicos e ecológicos.

O controlo biológico tem sido apontado como uma solução bem recebida e uma alternativa não tóxica, o que representa claramente um benefício ambiental e uma excelente estratégia de combate às DLV, contudo necessita de ser mais desenvolvida.

Este trabalho abriu novas perspetivas à realização de experiências e sensibilização de todos os agentes, como os viveiristas, vitivinicultores e investigadores para que possam adquirir mais e melhor conhecimento sobre estas doenças, e que coloquem em prática os métodos disponíveis para o controlo e mitigação das DLV.

Seria interessante a criação uma rede de apoio para todos os agentes intervenientes neste setor, no sentido de promover a comunicação com informações sobre este tema.

Referências Bibliográficas

- Abreo, E., Martinez, S., Bettucci, L., & Lupo, S. (2011). *Phaeomoniella chlamydospora* and *Phaeoacremonium* spp. in grapevines from Uruguay. *Phytopathol. Mediterr*, 77–85.
- Agustí-Brisach, C., & Armengol, J. (2013). Black-foot disease of grapevine: an update on taxonomy, epidemiology and management strategies. *Phytopathologia Mediterranea*, 52(2), 245–261. https://doi.org/10.14601/PHYTOPATHOL_MEDITERR-12662
- Agustí-Brisach, C., Gramaje, D., García-Jiménez, J., & Armengol, J. (2012). Detection of black-foot and Petri disease pathogens in soils of grapevine nurseries and vineyards using bait plants. *Plant and Soil* 2012 364:1, 364(1), 5–13. <https://doi.org/10.1007/S11104-012-1333-1>
- Alaniz, S., García-Jiménez, J., Abad-Campos, P., & Armengol, J. (2010). Susceptibility of grapevine rootstocks to *Cylindrocarpon liriodendri* and *C. macrodidymum*. *Scientia Horticulturae*, 125(3), 305–308. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2010.04.009>
- Alessandrini, M., Calero Fuentes Rivera, R., Falaschetti, L., Pau, D., Tomaselli, V., & Turchetti, C. (2021). A grapevine leaves dataset for early detection and classification of esca disease in vineyards through machine learning. *Data in Brief*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.106809>
- Almeida, F. (2007). Caderno Técnico nº 2 - “Doenças do Lenho da Videira - Eutipiose e Esca.” *ADVID - Associação Para o Desenvolvimento Da Viticultura Duriense*.
- Anco, D. J., Erincik, O., & Ellis, M. A. (2011). *Phomopsis Cane and Leaf Spot of Grape | Ohionline*. <https://ohionline.osu.edu/factsheet/plpath-fru-47>
- Ari, M. E. (2000). A General Approach for Esca Disease in the Vineyards of Turkey. *Phytopathologia Mediterranea*, 39(1), 35–37. https://doi.org/10.14601/PHYTOPATHOL_MEDITERR-1531

- Baskarathevan, J., Jaspers, M. v., Jones, E. E., & Ridgway, H. J. (2012). Incidence and distribution of botryosphaeriaceous species in New Zealand vineyards. *European Journal of Plant Pathology*, *132*(4), 549–560. <https://doi.org/10.1007/S10658-011-9900-5>
- Bénard-Gellon, M., Farine, S., Goddard, M. L., Schmitt, M., Stempien, E., Pensec, F., Laloue, H., Mazet-Kieffer, F., Fontaine, F., Larignon, P., Chong, J., Tarnus, C., & Bertsch, C. (2015). Toxicity of extracellular proteins from *Diplodia seriata* and *Neofusicoccum parvum* involved in grapevine Botryosphaeria dieback. *Protoplasma*, *252*(2), 679–687. <https://doi.org/10.1007/S00709-014-0716-Y>
- Benhamou, N., le Floch, G., Vallance, J., Gerbore, J., Grizard, D., & Rey, P. (2012). *Pythium oligandrum*: an example of opportunistic success. *Microbiology*, *158*(11), 2679–2694. <https://doi.org/10.1099/mic.0.061457-0>
- Berlanas, C., López-Manzanares, B., & Gramaje, D. (2017). Estimation of viable propagules of black-foot disease pathogens in grapevine cultivated soils and their relation to production systems and soil properties. *Plant and Soil*, *417*(1–2), 467–479. <https://doi.org/10.1007/S11104-017-3272-3/FIGURES/3>
- Berlanas, C., Ojeda, S., López-Manzanares, B., Andrés-Sodupe, M., Bujanda, R., del Pilar Martínez-Diz, M., Díaz-Losada, E., & Gramaje, D. (2020). *Occurrence and Diversity of Black-Foot Disease Fungi in Symptomless Grapevine Nursery Stock in Spain*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-19-0484-RE>
- Bertsch, C., Ramírez-Suero, M., Magnin-Robert, M., Larignon, P., Chong, J., Abou-Mansour, E., Spagnolo, A., Clément, C., & Fontaine, F. (2013). Grapevine trunk diseases: Complex and still poorly understood. *Plant Pathology*, *62*(2), 243–265. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2012.02674.x>
- Betancourt-Galindo, R., Reyes-Rodríguez, P. Y., Puente-Urbina, B. A., Avila-Orta, C. A., Rodríguez-Fernández, O. S., Cadenas-Pliego, G., Lira-Saldivar, R. H., & García-Cerda, L. A. (2014). Synthesis of copper nanoparticles by thermal decomposition and their

- antimicrobial properties. *Journal of Nanomaterials*, 2014.
<https://doi.org/10.1155/2014/980545>
- Bruez, E., Lecomte, P., Grosman, J., Doublet, B., Bertsch, C., Fontaine, F., Ugaglia, A., Teissedre, P.-L., da Costa, J.-P., Guerin-Dubrana, L., & Rey, P. (2013). Overview of grapevine trunk diseases in France in the 2000s. *Phytopathologia Mediterranea*, 52(2), 262–275. https://doi.org/10.14601/PHYTOPATHOL_MEDITERR-11578
- Bruno, G., & Sparapano, L. (2007). Effects of three esca-associated fungi on *Vitis vinifera* L.: V. Changes in the chemical and biological profile of xylem sap from diseased cv. Sangiovese vines. *Undefined*, 71(4–6), 210–229.
<https://doi.org/10.1016/J.PMPP.2008.02.005>
- Chacón-Vozmediano, J. L., Gramaje, D., León, M., Armengol, J., Moral, J., Izquierdo-Cañas, P. M., & Martínez-Gascueña, J. (2021). Cultivar susceptibility to natural infections caused by fungal grapevine trunk pathogens in la mancha designation of origin (Spain). *Plants*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/plants10061171>
- Chicau, G. (2006). Ficha técnica 55 - Esca na Videira. *D.R.A.E.D.M.*
- Claverie, M., Notaro, M., Fontaine, F., & Wery, J. (2020). Current knowledge on Grapevine Trunk Diseases with complex etiology: a systemic approach. *Phytopathologia Mediterranea*, 59(1), 29–53. <https://doi.org/10.14601/Phyto-11150>
- Coque, J. J. R., & Jimeno, E. G. (2011). Las enfermedades de madera de vid como amenaza para el sector vitivinícola. *Winetech*, 18–21.
- Crous, P. W., & Gams, W. (2000). *Phaeomoniella chlamydospora* gen. et comb. nov., a causal organism of Petri grapevine decline and esca. *Phytopathologia Mediterranea*, 39(1), 112–118. <https://www.jstor.org/stable/26456536>
- DGAV. (2021). *Manual de Procedimentos - Certificação de Material de Propagação de Videira*.

- DGAV. (2022). *SIFITO - Sistema de autorizações de produtos fitofarmacêuticos*.
<https://sifito.dgav.pt/divulgacao/usos>
- Díaz, G. A., Auger, J., Besoain, X., Bordeu, E., & Latorre, B. A. (2013). Prevalence and pathogenicity of fungi associated with grapevine trunk diseases in Chilean vineyards. *Ciencia e Investigación Agraria*, 40(2), 327–339.
<https://doi.org/10.4067/S0718-16202013000200008>
- Díaz, G. A., & Latorre, B. A. (2013). *Efficacy of paste and liquid fungicide formulations to protect pruning wounds against pathogens associated with grapevine trunk diseases in Chile*. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.01.001>
- Doehlemann, G., Ökmen, B., Zhu, W., & Sharon, A. (2017). Plant Pathogenic Fungi. *Microbiology Spectrum*, 5(1). <https://doi.org/10.1128/MICROBIOLSPEC.FUNK-0023-2016>
- Elena, G., di Bella, V., Armengol, J., & Luque, J. (2015). Viability of Botryosphaeriaceae species pathogenic to grapevine after hot water treatment. *Phytopathologia Mediterranea*, 54(2), 325–334.
https://doi.org/10.14601/PHYTOPATHOL_MEDITERR-15526
- Ellis, M. A. (2008). *Eutypa Dieback of Grape* | *Ohionline*.
<https://ohionline.osu.edu/factsheet/plpath-fru-11>
- Eskalen, A., Rooney-Latham, S., & Gubler, W. D. (2005). First Report of Perithecia of *Phaeoacremonium viticola* on Grapevine (*Vitis vinifera*) and Ash Tree (*Fraxinus latifolia*) in California. *Plant Disease*, 89(6), 686–686. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0686B>
- Feliciano, A. J., & Gubler, W. D. (2001). Histological Investigations on Infection of Grape Roots and Shoots by «*Phaeoacremonium*» spp. *Phytopathologia Mediterranea*, 40(3), 387–393. https://doi.org/10.14601/PHYTOPATHOL_MEDITERR-1623

- Fischer, M. (2002). A new wood-decaying basidiomycete species associated with esca of grapevine: *Fomitiporia mediterranea* (Hymenochaetales). *Mycological Progress*, 1(3), 315–324. <https://doi.org/10.1007/S11557-006-0029-4>
- Fischer, M. (2006). Biodiversity and Geographic Distribution of Basidiomycetes Causing Esca-Associates White Rot in Grapevine: A Worldwide Perspective. *Phytopathologia Mediterranea*, 30–42. https://doi.org/10.14601/PHYTOPATHOL_MEDITERR-1846
- Fontaine, F., Gramaje, D., Armengol, J., Smart, R., Nagy, Z. A., Borgo, M., Rego, C., & Corio-Costet, M.-F. (2016). Grapevine Trunk Diseases. A review. *OIV Publications*, April. <http://www.oiv.int/public/medias/4650/trunk-diseases-oiv-2016.pdf>
- Fontaine, F., Pinto, C., Vallet, J., Clément, C., Gomes, A. C., & Spagnolo, A. (2016). The effects of grapevine trunk diseases (GTDs) on vine physiology. *European Journal of Plant Pathology*, 144(4), 707–721. <https://doi.org/10.1007/s10658-015-0770-0>
- Gimenez-Jaime, A., Aroca, A., Raposo, R., Garcia-Jimenez, J., & Armengol, J. (2006). Occurrence of Fungal Pathogens Associated with Grapevine Nurseries and the Decline of Young Vines in Spain. *J. Phytopathology*, 154, 598–602. www.blackwell-synergy.com
- Giralda, A. A., & Parra, B. M. (1995). La eutipiosis de la Vid. In *Plagas y enfermedades de la Vid*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Gonçalves, I. (2017). Estratégia Global para o Controle das Doenças do lenho da Videira. *Winetwork*.
- González, V., & Tello, M. L. (2011). The endophytic mycota associated with *Vitis vinifera* in central Spain. *Fungal Diversity*, 47(1), 29–42. <https://doi.org/10.1007/s13225-010-0073-x>
- Gramaje, D., & Armengol, J. (2011). Fungal Trunk Pathogens in the Grapevine Propagation Process: Potential Inoculum Sources, Detection, Identification, and

- Management Strategies. *Plant Disease*, 95(9), 1040–1055.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-01-11-0025>
- Gramaje, D., Mostert, L., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2015). Phaeoacremonium: From esca disease to phaeohyphomycosis. *Fungal Biology*, 119(9), 759–783.
<https://doi.org/10.1016/J.FUNBIO.2015.06.004>
- Gramaje, D., Urbez-Torres, J. R., & Sosnowski, M. R. (2018). Managing grapevine trunk diseases with respect to etiology and epidemiology: Current strategies and future prospects. *Plant Disease*, 102(1), 12–39. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0512-FE>
- Gubler, W., Rolshausen, P., Trouillas, F., Úrbez-Torres, J. R., Voegel, T., Leavitt, G. M., & Weber, E. A. (2005). Grapevine trunk diseases in California: Research update. *Practical Winery & Vineyards*, 1–9.
- Halleen, F., Fourie, P., & Crous, P. (2006). A review of black foot disease of grapevine. *Phytopathol. Mediterr*, 45, 55–67.
<https://www.researchgate.net/publication/40111026>
- Halleen, F., Fourie, P. H., & Lombard, P. J. (2010). Protection of Grapevine Pruning Wounds against *Eutypa lata* by Biological and Chemical Methods. In *J. Enol. Vitic* (Vol. 31, Issue 2).
- Hofstetter, V., Buyck, B., Croll, D., Viret, O., Couloux, A., & Gindro, K. (2012). What if esca disease of grapevine were not a fungal disease? *Fungal Diversity*, 54, 51–67.
<https://doi.org/10.1007/s13225-012-0171-z>
- Hrycan, J., Hart, M., Bowen, P., Forge, T., & Úrbez-Torres, J. R. (2020). Grapevine trunk disease fungi: their roles as latent pathogens and stress factors that favour disease development and symptom expression. *Phytopathologia Mediterranea*, 59(3), 395–424. <https://doi.org/10.14601/Phyto-11275>

- Hunt, J., Gale, D., & Harvey, I. (2001). Evaluation of Trichoderma as bio-control for protection against wood-invading fungi implicated in grapevine trunk diseases. *Phytopathologia Mediterranea*, 40, S485--6.
- Jackson, R. S. (2014). Vineyard Practice. In *Wine Science* (pp. 143–306). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381468-5.00004-X>
- Larignon, P. (2016). *Maladies cryptogamiques du bois de la vigne : symptomatologie et agents pathogènes*. <http://www.vignevin.com>,
- Larignon, P., Fontaine, F., Farine, S., Clément, C., & Bertsch, C. (2009). Esca et Black Dead Arm : deux acteurs majeurs des maladies du bois chez la Vigne. *Comptes Rendus - Biologies*, 332(9), 765–783. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2009.05.005>
- Lata, R., Chowdhury, S., Gond, S. K., & White, J. F. (2018). Induction of abiotic stress tolerance in plants by endophytic microbes. *Letters in Applied Microbiology*, 66(4), 268–276. <https://doi.org/10.1111/lam.12855>
- Magalhães, N. (2015). Doenças, pragas e desordens provocadas por factores abióticos. In *Tratado de Viticultura - A Videira, A Vinha e o "Terroir"* (2ª Edição, pp. 343–394). Esfera Poética.
- Marraschi, R. (2019). *Caracterização de Phaeoconiella Chlamydospora de Videiras, do Brasil*. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho."
- Martin, M. T., & Cobos, R. (2007). Identification of fungi associated with grapevine decline in Castilla y León (Spain). *Phytopathologia Mediterranea*, 46(1), 18–25.
- Mondello, V., Songy, A., Battiston, E., Pinto, C., Coppin, C., Trotel-Aziz, P., Clément, C., Mugnai, L., & Fontaine, F. (2018). Grapevine trunk diseases: A review of fifteen years of trials for their control with chemicals and biocontrol agents. *Plant Disease*, 102(7), 1189–1217. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-17-1181-FE>
- Morales, A., Latorre, B. A., Piontelli, E., & Besoain, X. (2012). Botryosphaeriaceae species affecting table grape vineyards in Chile and cultivar susceptibility. *Ciencia e*

Investigación Agraria, 39(3), 445–458. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202012000300005>

Moretti, S., Pacetti, A., Pierron, R., Kassemeyer, H.-H., Fischer, M., Péros, J.-P., Perez-Gonzalez, G., Bieler, E., Schilling, M., di Marco, S., Gelhaye, E., Mugnai, L., Bertsch, C., & Farine, S. (2021). *Fomitiporia mediterranea* M. Fisch., the historical Esca agent: a comprehensive review on the main grapevine wood rot agent in Europe. *Phytopathologia Mediterranea*, 60(2), 351–379. <https://doi.org/10.36253/phyto-13021>

Moyo, P., Allsopp, E., Roets, F., Mostert, L., & Halleen, F. (2014). Arthropods vector grapevine trunk disease pathogens. *Phytopathology*, 104(10), 1063–1069. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-11-13-0303-R>

Mugnai, L., Graniti, A., & Surico, G. (1999). Esca (Black Measles) and Brown Wood-Streaking: Two Old and Elusive Diseases of Grapevines. *Plant Disease*, 83(5), 404–418. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.5.404>

Munkvold, G. P., & Marois, J. J. (1995). Factors associated with variation in susceptibility of grapevine. *Ecology and Epidemiology*, 85(2), 249–256. <https://doi.org/10.1094/Phyto-85-249>

Munkvold, G. P., & Maroisa, J. J. (1993). Efficacy of Natural Epiphytes and Colonizers of Grapevine Pruning Wounds for Biological Control of *Eutypa Dieback*. *Phytopathology*, 83(6), 624. <https://doi.org/10.1094/Phyto-83-624>

Murolo, S., & Romanazzi, G. (2014). Effects of grapevine cultivar, rootstock and clone on esca disease. *Australasian Plant Pathology*, 43(2), 215–221. <https://doi.org/10.1007/s13313-014-0276-9>

Nascimento, T., Rego, C., & Oliveira, H. (2007). Potential use of chitosan in the control of grapevine trunk diseases. *Phytopathologia Mediterranea*, 46(2), 218–224. https://doi.org/10.14601/PHTYTOPATHOL_MEDITERR-2156

- OIV. (2022). *State of the world vine and wine sector 2021*. <https://www.oiv.int/public/medias/8778/eng-state-of-the-world-vine-and-wine-sector-april-2022-v6.pdf>
- Oliveira, H., & Rego, C. (2013). *O Diagnóstico das Doenças do Lenho da Videira*. Vine to Wine Circle. <https://www.vinetowinecircle.com/inovacao/artigos/o-diagnostico-das-doencas-do-lenho-da-videira/>
- Oliveira, H., Rego, M. C., & Nascimento, T. (2004). Decline of young grapevines caused by fungi. *Acta Horticulturae*, 652, 295–304. <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2004.652.37>
- Patanita, M., Albuquerque, A., Campos, M. D., Materatski, P., Varanda, C. M. R., Ribeiro, J. A., & Félix, M. do R. (2022). Metagenomic Assessment Unravels Fungal Microbiota Associated to Grapevine Trunk Diseases. *Horticulturae*, 8(4), 288. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040288>
- Pathrose, B. (2012). *Characterising sub-species variation in New Zealand Cylindrocarpon species that cause black foot of grapevines*. Lincoln University.
- Pereira, A. N., Rego, C. R., Oliveira, H., Portugal, J., Sofia, J., Bugaret, Y., Vidal, R., & Rodrigues, R. (2012). *Manual Bayvitis: a fitossanidade da videira*. Bayer CropScience.
- Petit, E., Barriault, E., Baumgartner, K., Wilcox, W. F., & Rolshausen, P. E. (2011). Cylindrocarpon Species Associated with Black-Foot of Grapevine in Northeastern United States and Southeastern Canada. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(2), 177–183. <https://doi.org/10.5344/AJEV.2011.10112>
- Pinto, S. G. C. (2010). *Doença de Petri da Videira: Avaliação da eficácia de fungicidas na protecção de feridas de poda*. Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Pitt, W., Savocchia, S., & Wunderlich, N. (2012). *Botryosphaeria dieback identification and management*. NWGIC.

- Ramyadevi, J., Jeyasubramanian, K., Marikani, A., Rajakumar, G., & Rahuman, A. A. (2012). Synthesis and antimicrobial activity of copper nanoparticles. *Materials Letters, Complete*(71), 114–116. <https://doi.org/10.1016/J.MATLET.2011.12.055>
- Rego, C., Nascimento, T., Cabral, A., & Oliveira, H. (2006). Fungi associated with young vine decline in Portugal : results of nine years surveys. In *Integrated Protection in Viticulture IOBC/wprs Bulletin IOBC/wprs Bulletin* (Vol. 29, Issue 11).
- Reis, P., Cabral, A., Nascimento, T., Oliveira, H., & Rego, C. (2013). Diversity of Ilyonectria species in a young vineyard affected by black foot disease. *Phytopathologia Mediterranea*, 52(2), 335–346. https://doi.org/10.14601/PHYTOPATHOL_MEDITERR-12719
- Reis, P., Magnin-Robert, M., Nascimento, T., Spagnolo, A., Abou-Mansour, E., Fioretti, C., Clément, C., Rego, C., & Fontaine, F. (2016). Reproducing Botryosphaeria Dieback Foliar Symptoms in a Simple Model System. *Plant Disease*, 100(6), 1071–1079. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-15-1194-RE>
- Siebert, J. B. (2001). Eutypa: the economic toll on vineyards. *Wines Vines*, 82, 50–56.
- Smart, R. (2014). Trunk diseases: Mechanical pruning: It seemed a good idea at the time. *Wine & Viticulture Journal*, 29(5), 38–44.
- Smart, R. (2015). Timely trunk renewal to overcome trunk disease. *Wine and Viticulture Journal*, 5, 44.
- Sofia, J. (2018). *Esca Complex in the Dão Wine Region (Portugal)* [Universidade de Coimbra]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14834.32966>
- Sofia, J., Trovão, J., Portugal, A., Paiva de Carvalho, H., MEsquta, N., NAscimento, T., Rego, C., & Gonçalves, M. T. (2015). Molecular and phenotypic characterisation of *Phaeomoniella chlamydospora* isolates from the demarcated wine region of (Portugal). *Phytopathologia Mediterranea*, 54(2), 403–413. <http://www.jstor.org/stable/43871846>

- Songy, A., Fernandez, O., Clément, C., Larignon, P., & Fontaine, F. (2019). Grapevine trunk diseases under thermal and water stresses. *Planta*, *249*(6), 1655–1679. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03111-8>
- Sosnowski, M. R., Ayres, M. R., & Scott, E. S. (2021). The Influence of Water Deficit Stress on the Grapevine Trunk Disease Pathogens *Eutypa lata* and *Diplodia seriata*. *Plant Disease*, *105*(8), 2217–2221. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-20-1538-RE>
- Stamp, J. A. (2001). The Contribution of Imperfections in Nursery Stock to the Decline of Young Vines in California. *Phytopathologia Mediterranea*, *40*(3), 369–375.
- Surico, G., Mugnai, L., & Marchi, G. (2006). Older and more recent observations on esca: a critical overview. *Phytopathol. Mediterr.*, *45*, S68–S86.
- Travadon, R., Lecomte, P., Diarra, B., Lawrence, D. P., Renault, D., Ojeda, H., Rey, P., & Baumgartner, K. (2016). Grapevine pruning systems and cultivars influence the diversity of wood-colonizing fungi. *Fungal Ecology*, *24*, 82–93. <https://doi.org/10.1016/J.FUNECO.2016.09.003>
- Urbez-Torres, J. (2011). The status of Botryosphaeriaceae species infecting grapevines. *Phytopathologia Mediterranea*, 5–45. https://doi.org/10.14601/PHYTOPATHOL_MEDITERR-9316
- Úrbez-Torres, J. R., Haag, P., Bowen, P., & O’Gorman, D. T. (2014). Grapevine Trunk Diseases in British Columbia: Incidence and Characterization of the Fungal Pathogens Associated with Esca and Petri Diseases of Grapevine. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-13-0523-RE>, *98*(4), 469–482. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-13-0523-RE>
- Úrbez-Torres, J. R., Peduto, F., Smith, R. J., & Gubler, W. D. (2013). Phomopsis dieback: A grapevine trunk disease caused by *Phomopsis viticola* in California. *Plant Disease*, *97*(12), 1571–1579. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-12-1072-RE>
- van Breusegem, F., & Dat, J. F. (2006). Reactive Oxygen Species in Plant Cell Death. *Plant Physiology*, *141*(2), 384–390. <https://doi.org/10.1104/PP.106.078295>

- Vigues, V., Olivier, Y., Barthe-Lemy, B., Dias, F., Coarer, M., & Larignon, P. (2009). Fungi associated with wood decay diseases: Identification of the steps involving risk in French nursery. *Phytopathologia Mediterranea*, *48*, 177–178.
- Yacoub, A., Gerbore, J., Magnin, N., Chambon, P., Dufour, M.-C., Corio-Costet, M.-F., Guyoneaud, R., & Rey, P. (2016). Ability of *Pythium oligandrum* strains to protect *Vitis vinifera* L., by inducing plant resistance against *Phaeoconiella chlamydospora*, a pathogen involved in Esca, a grapevine trunk disease. *Biological Control*, *92*, 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.08.005>
- Yan, J. Y., Xie, Y., Zhang, W., Wang, Y., Liu, J. K., Hyde, K. D., Seem, R. C., Zhang, G. Z., Wang, Z. Y., Yao, S. W., Bai, X. J., Dissanayake, A. J., Peng, Y. L., & Li, X. H. (2013). Species of Botryosphaeriaceae involved in grapevine dieback in China. *Fungal Diversity*, *61*(1), 221–236. <https://doi.org/10.1007/S13225-013-0251-8/TABLES/3>