



Amendoeira: Estado da Produção

FRUTOS SECOS: DA PRODUÇÃO À COMERCIALIZAÇÃO



EDITOR CNCFS

M. Ângelo Rodrigues

Coordenador Científico

MANUAL TÉCNICO

**AMENDOEIRA:
ESTADO DA PRODUÇÃO**

Maio 2017

EDITOR CNCFS

Projeto “**Portugal Nuts**” Norte-02-0853-FEDER-000004

Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos

FICHA TÉCNICA

Título: Amendoeira: Estado da Produção

Coordenador Científico: M. Ângelo Rodrigues

Capa: CNCFS

Tiragem:

Impressão:

ISBN: 978-989-99857-9-7

AUTORES

Carlos AGUIAR

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de Stª Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

José Alberto PEREIRA

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de Stª Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

Margarida ARROBAS

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de Stª Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

Arlindo ALMEIDA

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de Stª Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

Albino BENTO

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de Stª Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

Isabel López CORTÉS

Universitat Politècnica de València, Departamento de Producción
Vegetal, Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia.

Nuno RODRIGUES

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de Stª Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

M. Ângelo RODRIGUES

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de Stª Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

António Castro RIBEIRO

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de St^a Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

Sónia A. P. SANTOS

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de St^a Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

Maria Eugénia GOUVEIA

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de St^a Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

Valentim COELHO

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança,
Campus de St^a Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

Luísa MOURA

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Viana de
Castelo, Refóios do Lima, 4990-706 Ponte de Lima

Índice

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Índice de Quadros | 1 |
| Índice de Figuras | 3 |
| Figura 1.1 - Relações de parentesco entre as espécies cultivadas e indígenas mais importantes de Portugal. Constituem cada um dos subgéneros e secções muito mais espécies do que as citadas na figura. Adaptado de Shi <i>et al.</i> (2013)..... | 5 |
| Figura 1.2 - Amendoeiras cultivadas nos vales de ombroclima seco da Terra Quente transmontana..... | 9 |
| Capítulo 1 - Sistemática, domesticação, morfologia e hábitos de frutificação | 1 |
| 1.1. Taxonomia e nomenclatura | 1 |
| 1.2. Compatibilidade das enxertias e hibridação | 5 |
| 1.3. Origem e domesticação | 8 |
| 1.3.1. O porquê da domesticação da amendoeira | 8 |
| 1.3.2. Centro de origem e ancestralidade | 11 |
| 1.3.3. Evolução da amendoeira sob domesticação | 15 |
| 1.3.4. Síndrome de domesticação | 20 |
| 1.4. Morfologia | 21 |
| 1.4.1. Raiz, porte e ramos | 21 |
| 1.4.2. A folha..... | 22 |
| 1.4.3. A flor | 23 |
| 1.4.4. Fruto e semente | 27 |
| 1.5. Meristemas e gomos | 29 |
| 1.6. Órgãos e hábito de frutificação | 33 |
| 1.7. Referências Bibliográficas | 38 |
| Capítulo 2 - Fenologia, dormência e biologia da reprodução | 42 |
| 2.1. Fenologia | 42 |
| 2.1.1. Estádios fenológicos da amendoeira | 42 |
| 2.1.2. Ciclo fenológico da amendoeira | 47 |
| 2.2. Dormência dos gomos | 51 |
| 2.3. Crescimento vegetativo | 62 |
| 2.4. Biologia da reprodução | 65 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.4.1. Juvenildade | 65 |
| 2.4.2. Iniciação e diferenciação floral | 66 |
| 2.4.3. Alternância..... | 70 |
| 2.4.4. Floração e polinização | 72 |
| 2.4.4.1. Floração..... | 72 |
| 2.4.4.2. Dificuldades da polinização da amendoeira..... | 74 |
| 2.4.4.3. A atividade das abelhas..... | 78 |
| 2.4.4.4. Sistemas de auto-incompatibilidade. Consociações de variedades auto-incompatíveis..... | 82 |
| 2.4.4.5. Uso de cultivares autocompatíveis | 87 |
| 2.4.5. Germinação do tubo polínico e fecundação..... | 88 |
| 2.4.6. Vingamento, desenvolvimento do fruto e maturação .. | 90 |
| 2.5. Referências bibliográficas..... | 93 |
| Capítulo 3 - Adaptação ecológica..... | 98 |
| 3.1. O amendoal no mundo e em Portugal..... | 98 |
| 3.2. Preferências climáticas e edáficas da amendoeira | 105 |
| 3.2.1. Clima | 105 |
| 3.2.2. Solos | 109 |
| 3.2.2.1. Textura | 111 |
| 3.2.2.2. Profundidade efetiva do solo | 114 |
| 3.2.2.3. Porosidade | 115 |
| 3.2.2.4. Matéria orgânica..... | 117 |
| 3.2.2.5. Capacidade de troca catiónica | 119 |
| 3.2.2.6. Reação do solo | 120 |
| 3.3. Referências Bibliográficas..... | 124 |
| Capítulo 4 - Instalação da cultura..... | 127 |
| 4.1. Introdução..... | 127 |
| 4.2. Preparação prévia de terreno | 127 |
| 4.3. Desenho da plantação | 131 |
| 4.4. Execução da plantação | 134 |
| 4.5. Referências Bibliográficas..... | 139 |
| Capítulo 5 - Porta-enxertos e variedades de amendoeira..... | 140 |
| 5.1. Introdução..... | 140 |
| 5.2. Porta-enxertos mais utilizados na amendoeira | 142 |
| 5.2.1. Porta-enxerto: <i>Francos de amendoeira</i> | 145 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2.2. Porta-enxerto: <i>Franco de pessegueiro</i> | 147 |
| 5.2.3. Porta-enxerto: <i>Clonais de ameixeira</i> | 149 |
| 5.2.4. Porta-enxerto: Híbridos interespecíficos | 149 |
| 5.2.4.1 Porta-enxerto híbridos: <i>pessegueiro x amendoeira</i> | 150 |
| 5.2.4.2. Porta-enxerto híbridos: <i>pessegueiro x ameixeira</i> | 154 |
| 5.3. Variedades de amendoeira mais utilizadas | 157 |
| 5.3.1. Fatores a considerar na seleção das variedades..... | 159 |
| 5.3.2. Caracterização sumária das principais variedades | 166 |
| 5.4. Bibliografia | 177 |
| Anexos | 181 |
| Capítulo 6 - Manutenção do solo | 185 |
| 6.1. Introdução | 185 |
| 6.2. Mobilização do solo | 187 |
| 6.3. Utilização de herbicidas | 194 |
| 6.4. Cobertos vegetais | 205 |
| 6.4.1. Cobertos de vegetação natural..... | 207 |
| 6.4.2. Cobertos vegetais semeados | 210 |
| 6.4.3. Cobertos de leguminosas anuais de ressementeira natural | 213 |
| 6.5. Sistemas mistos de gestão do solo | 215 |
| 6.6. Adequação do coberto vegetal às características do pomar | 217 |
| 6.6.1. Pomares de regadio | 218 |
| 6.6.2. Pomares de sequeiro | 219 |
| 6.7 Amendoais em modo biológico | 223 |
| 6.8. Referências Bibliográficas | 226 |
| Capítulo 7 – Fertilização | 232 |
| 7.1. Introdução | 232 |
| 7.2. Nutrientes essenciais | 233 |
| 7.3. Diagnóstico da fertilidade do solo e do estado nutricional das culturas | 243 |
| 7.3.1. Análise de terras | 244 |
| 7.3.2. Análise de tecidos vegetais..... | 248 |
| 7.4. Fertilização do amendoal | 253 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.4.1. Fertilização à instalação e em amendoal jovem | 254 |
| 7.4.2. Fertilização em amendoal adulto | 258 |
| 7.4.2.1. Estabelecimento da dose | 259 |
| 7.4.2.2. Momento da aplicação | 261 |
| 7.4.2.3. Localização dos fertilizantes..... | 264 |
| 7.4.2.4. Adubação foliar | 266 |
| 7.4.2.5. Fertirrigação..... | 268 |
| 7.5. Referências Bibliográficas | 271 |
| Capítulo 8 - Sistemas de condução e poda | 275 |
| 8.1. Introdução..... | 275 |
| 8.2. Aspectos morfológicos | 277 |
| 8.3. Sistemas de condução..... | 280 |
| 8.4. A poda..... | 286 |
| 8.4.1. Época de poda | 288 |
| 8.4.3. Poda de formação..... | 290 |
| 8.4.4. Poda de frutificação..... | 294 |
| 8.4.5. Poda de rejuvenescimento | 296 |
| 8.5. Intensidade da poda | 297 |
| 8.6. Poda mecânica | 299 |
| 8.7. Referências Bibliográficas..... | 301 |
| Capítulo 9 - Rega | 303 |
| 9.1 Introdução..... | 303 |
| 9.2 Necessidades hídricas do amendoal..... | 304 |
| 9.2.1. Evapotranspiração de referência..... | 305 |
| 9.2.2. Coeficientes culturais | 307 |
| 9.3. Balanço hídrico do solo e necessidades de rega | 311 |
| 9.3.1. Água disponível total no solo | 312 |
| 9.3.2. Água facilmente disponível na zona radicular | 313 |
| 9.3.3. Necessidades de rega | 315 |
| 9.4. Programação da rega | 320 |
| 9.4.1. Monitorização do teor de água no solo..... | 321 |
| 9.4.2. Monitorização do potencial de água no solo..... | 324 |
| 9.4.3. Monitorização do estado hídrico da planta..... | 327 |
| 9.5. Resposta da amendoeira ao stresse hídrico | 331 |
| 9.6. Rega deficitária | 335 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.7. Método de rega | 338 |
| Capítulo 10 - Pragas | 346 |
| 10.1. Introdução | 346 |
| 10.2. <i>Monosteira unicostata</i> (Mulsant & Rey, 1852) – <i>Monosteira</i> | 351 |
| 10.3. <i>Anarsia lineatella</i> Zeller | 359 |
| 10.4. <i>Grapholita molesta</i> (Busck, 1916) | 363 |
| 10.5. <i>Capnodis tenebrionis</i> (L.) – <i>Carocho-negro</i> (adultos) ou <i>cabeça-de-prego</i> (larvas) | 368 |
| 10.6. Ácaros tetraniquídeos | 371 |
| 10.7. Afídeos | 376 |
| 10.8. <i>Zeuzera pyrina</i> L. – <i>Zeuzera</i> | 379 |
| 10.9. <i>Cossus cossus</i> L | 382 |
| 10.10. Referências Bibliográficas | 385 |
| Capítulo 11 – Doenças | 388 |
| 11.1. Introdução | 388 |
| 11.2. Doenças dos ramos e troncos | 389 |
| 11.2.1. Cancro-da-Amendoeira | 390 |
| 11.2.1.1. Sintomas do Cancro-da-Amendoeira | 393 |
| 11.2.1.2. Epidemiologia da doença | 396 |
| 11.2.1.3. Tratamentos preventivos: químicos e culturais | 397 |
| 11.2.2. Cancro-Cytospora (Gomose) | 399 |
| 11.2.2.1. Sintomas | 401 |
| 11.2.2.2. Epidemiologia da doença | 403 |
| 11.2.2.3. Medidas de luta culturais e preventivas | 404 |
| 11.2.3. Doença-do-Chumbo | 405 |
| 11.2.3.1. Sintomas | 406 |
| 11.2.3.2. Epidemiologia da doença | 407 |
| 11.2.3.3. Medidas de luta culturais e preventivas | 408 |
| 11.3. Doenças do lenho | 409 |
| 11.3.1. Cancro em Banda - Complexo de espécies <i>Botryosphaeriaceae</i> | 409 |
| 11.3.1.1. Sintomas do Cancro em Banda | 410 |
| 11.3.1.2. Epidemiologia da doença e meios de luta culturais | 412 |
| 11.3.2. Doenças da madeira - Espécies do Filo Basidiomycota | 413 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 11.4. Doenças das folhas, flores, frutos e ramos jovens da amendoeira..... | 416 |
| 11.4.1. Crivado..... | 418 |
| 11.4.1.1. Sintomatologia..... | 418 |
| 11.4.1.2. Epidemiologia..... | 420 |
| 11.4.1.3. Fatores de risco..... | 421 |
| 11.4.1.4. Medidas de luta..... | 421 |
| 11.4.2. Moniliose..... | 422 |
| 11.4.2.1. Sintomatologia..... | 423 |
| 11.4.2.2. Epidemiologia..... | 423 |
| 11.4.2.3. Fatores de risco..... | 424 |
| 11.4.2.4. Medidas de luta..... | 424 |
| 11.4.3. Mancha Ocre..... | 425 |
| 11.4.3.1. Sintomatologia..... | 426 |
| 11.4.3.2. Epidemiologia..... | 426 |
| 11.4.3.3. Fatores de risco..... | 427 |
| 11.4.3.4. Medidas de luta..... | 427 |
| 11.4.4. Lepra-da-Amendoeira..... | 428 |
| 11.4.4.1. Sintomatologia..... | 428 |
| 11.4.4.2. Epidemiologia..... | 429 |
| 11.4.4.3. Fatores de risco..... | 430 |
| 11.4.4.4. Medidas de luta..... | 430 |
| 11.5. Doenças associadas a bactérias em amendoeira..... | 431 |
| 11.5.1. Doença-do-Cancro-Bacteriano..... | 431 |
| 11.5.1.1. Sintomas e epidemiologia..... | 432 |
| 11.5.1.2. Meios de luta..... | 435 |
| 11.5.2. Doença da Mancha Bacteriana..... | 435 |
| 11.5.2.1. Sintomatologia..... | 436 |
| 11.5.2.2. Epidemiologia..... | 439 |
| 11.5.2.3. Prevenção e meios de luta..... | 441 |
| 11.5.3. Xilella fastidiosa (almond leaf scorch –ALS)..... | 442 |
| 11.5.3.1. Hospedeiros..... | 443 |
| 11.5.3.2. Sintomas..... | 444 |
| 11.5.3.3. Suscetibilidade das cultivares..... | 447 |
| 11.5.3.4. Epidemiologia..... | 447 |
| 11.5.3.5. Meios de luta..... | 449 |
| 11.6. Bibliografia..... | 451 |
| Capítulo 12 - Colheita..... | 464 |

| | |
|------------------------------------------------|------------|
| 12.1. Introdução | 464 |
| 12.2. Destaque dos frutos | 464 |
| 12.3. Recolha dos frutos | 467 |
| 12.4. Descasque e secagem | 472 |
| 12.5. Outros sistemas de colheita | 473 |
| 12.6. Nota final | 474 |
| 12.7. Referências Bibliográficas | 475 |

Índice de Quadros

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Quadro 1.1 - Taxonomia da amendoeira. Baseado em Chase & Reveal (2009) e Shi <i>et al.</i> (2013)..... | 2 |
| Quadro 2.1 - Estádios fenológicos da amendoeira..... | 43 |
| Quadro 2.2 - Ciclo fenológico e evolução dos gomos na amendoeira (referências bibliográficas diversas e observações próprias)..... | 53 |
| Quadro 2.3 - Quadro de conversão de temperaturas horárias em UF de acordo com o modelo de Richardson <i>et al.</i> (1974) (modelo de Utah)..... | 56 |
| Quadro 2.4 - Necessidades em calor e frio de algumas cultivares de grande interesse comercial determinadas por Alonso <i>et al.</i> (2005) e Alonso <i>et al.</i> (2010), em Aragão, Espanha..... | 57 |
| Quadro 3.1 - Produção de amêndoa com casca em Portugal, Espanha e Estados Unidos da América (EUA)..... | 101 |
| Quadro 3.2 - Classificação dos teores de matéria orgânica do solo (LQARS, 2006)..... | 119 |
| Quadro 3.3 – Classificação dos valores de capacidade de troca catiónica (CTC) dos solos e das bases de troca do solo (LQARS, 2006) | 120 |
| Quadro 3.4 - Classificação do pH(H ₂ O) do solo (LQARS, 2006)..... | 121 |
| Quadro 5.1 - Características de algumas variedades tradicionais de amendoeira, cultivadas na região de Trás-os-Montes e Algarve..... | 174 |
| Quadro 5.2 - Características de algumas variedades de amendoeira obtidas em Espanha, mais utilizadas na atualidade em Portugal..... | 175 |
| Quadro 5.3 - Características de algumas variedades de amendoeira estrangeiras utilizadas em Portugal..... | 176 |
| Quadro 6.1 - Substâncias ativas autorizadas em amendoal e principais características (Agro-Manual, 2016)..... | 201 |
| Quadro 6.2 - Substâncias ativas utilizadas individualmente ou em mistura e designações comerciais dos herbicidas (Agro-Manual, 2016) | 202 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Quadro 7.1 - Intervalo de concentrações adequada para diversos nutrientes nas folhas de amendoeira propostos por vários autores..... | 252 |
| Quadro 7.2 - Exportação de macronutrientes na colheita em amendoal..... | 261 |
| Quadro 9.1 - Coeficientes culturais para o amendoal obtidos por vários autores..... | 309 |
| Quadro 9.2 - Valores indicativos dos teores de humidade à saturação, capacidade de campo, coeficiente de emurchecimento e água disponível total no solo (Pereira, 2004)..... | 314 |
| Quadro 9.3 - Valores indicativos das eficiências de aplicação para a rega localizada bem projetada e bem mantida (Pereira, 2004)..... | 316 |
| Quadro 9.4 - Exemplo das necessidades de rega mensais para um amendoal localizado em Mirandela num ano médio, em três cenários distintos: NR_1 – aplicação das necessidades de rega sem considerar a reserva de água no solo; NR_2 aplicação de 70% nas necessidades de rega; NR_3 aplicação de regas com dotações mensais constantes..... | 319 |
| Quadro 10.1 - Principais espécies de pragas de artrópodes da amendoeira na região Mediterrânica..... | 348 |

Índice de Figuras

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Figura 1.1 - Relações de parentesco entre as espécies cultivadas e indígenas mais importantes de Portugal. Constituem cada um dos subgéneros e secções muito mais espécies do que as citadas na figura. Adaptado de Shi <i>et al.</i> (2013)..... | 5 |
| Figura 1.2 - Amendoeiras cultivadas nos vales de ombroclima seco da Terra Quente transmontana..... | 9 |
| Figura 1.3 - Folha e fruto de <i>Prunus fenziiana</i> , o ancestral putativo da amendoeira (<i>P. dulcis</i>). As semelhanças com a amendoeira são notáveis. (Cortesia de Kristof Zyskowski e Yulia Bereshpolova.) | 14 |
| Figura 1.4 - Folhas de amendoeira inseridas em ramalhetes de maio com um ano idade, ainda sem flores..... | 23 |
| Figura 1.5 - Estrutura da flor das prunóideas. Flor de cerejeira (Aguiar, 2017)..... | 24 |
| Figura 1.6 - Flores de amendoeira. Reparar nos catáfilos na base da flor, no hipanto, no cálice de sépalas avermelhadas e nas pétalas róseas. Comparar com a Figura 1.5. | 25 |
| Figura 1.7 - Gravura histórica de amendoeira (Thomé, 1886). Legenda: A) ramo misto na floração; B) ramo misto na frutificação (reparar na deiscência do fruto pela sutura carpelar); 1) flor (reparar no pistilo inserido na base do hipanto); 2) pistilo com ovário estilete e estigma; 3) amêndoa em casca; 4) corte longitudinal de uma amêndoa em casca sendo visível o endocarpo (caroço) a envolver a semente (amêndoa); 5) amêndoa depois de removido o tegumento..... | 27 |
| Figura 1.8 - Frutos (drupas) de amendoeira. Reparar na abertura do mesocarpo ao longo da sutura carpelar. | 29 |
| Figura 1.9 - Pormenor de um ramo misto onde se identificam gomos axilares foliares (mais pontiagudos), dois nós com gomos colaterais (um floral e outro foliar) e um gomo floral com duas flores..... | 33 |
| Figura 1.10 - Ramalhete de maio de amendoeira | 35 |
| Figura 1.11 - Chifona de amendoeira..... | 35 |
| Figura 1.12 - Ramos misto de amendoeira | 35 |
| Figura 2.1 - Estádios fenológicos da amendoeira (Felipe, 1977)..... | 46 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Figura 2.2 - Esporões e chifona de amendoeira com os gomos florais no estágio de cálices visíveis (ponta verde) (estádio C, ver Quadro 2.1). Reparar que os gomos foliares (apenas um na extremidade dos quatro ramos férteis visíveis na foto) estão a iniciar o abrolhamento..... | 49 |
| Figura 2.3 - Estádio J, fruto desenvolvido em amendoeira (ver Quadro 2.1)..... | 50 |
| Figura 3.1 – Distribuição do amendoal e produção de amêndoa no mundo no ano de 2014 (FAOSTAT, 2017)..... | 100 |
| Figura 3.2 – Distribuição da amendoeira em Portugal. Adaptado de Informação Cartográfica de Uso e Ocupação do solo (COS, 2007) | 103 |
| Figura 3.3 - Área de amendoal em Portugal no período 2007-2015 INE (2007; 2011-2015)..... | 104 |
| Figura 3.4 - Produção de amêndoa em Portugal no período 2007e 2011-2015 INE (2007; 2011-2015)..... | 104 |
| Figura 3.5 - Mapa de horas de frio acumuladas, disponibilizado diariamente pelo IPMA. Exemplo da situação a 10 de dezembro de 2016 (esquerda) e 10 de janeiro de 2017 (direita)..... | 106 |
| Figura 3.6 – Movimentação das abelhas nas flores (Foto de Hélder Quintas)..... | 108 |
| Figura 3.7 - Diagrama triangular das texturas (Adaptado de Costa, 2011). As texturas mais favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular da amendoeira são as do canto inferior esquerdo (franco-arenosas, francas) | 112 |
| Figura 3.8 - Porosidade do solo associada ao tipo de partículas dominantes (adaptado de Osman, 2013)..... | 116 |
| Figura 4.1 - Chisel para preparação do solo sem inversão de leiva..... | 129 |
| Figura 4.2 - Preparação do solo com inversão de leiva usando uma charrua de surriba..... | 129 |
| Figura 4.3 - Regularização superficial do solo com escarificador..... | 129 |
| Figura 4.4 - Regularização superficial do solo com grade de discos | 130 |
| Figura 4.5 - Terreno preparado para a plantação..... | 130 |
| Figura 4.6 - Máquina de despedrega | 131 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Figura 4.7 - Amendoal plantado com um espaçamento de 6m x 6m..... | 132 |
| Figura 4.8 - Amendoal em sebe (Herdade da Torre das Figueiras, Monforte) (<i>Foto A. Dias</i>) | 133 |
| Figura 4.9 - Plantador mecânico guiado por satélite..... | 135 |
| Figura 4.10 - Pormenor de Funcionamento do plantador..... | 135 |
| Figura 4.11 - Antena RTK integrada no sistema de guiamento por satélite..... | 136 |
| Figura 4.12 - Postes para ancorar as linhas de árvores em pomares em sebe..... | 137 |
| Figura 4.13 - Enchimento do depósito de água de um plantador mecânico para rega à plantação..... | 138 |
| Figura 4.14 - Protetor de árvores recém plantadas | 138 |
| Figura 5.1 - Sistema radicular de uma planta jovem de GF-677..... | 151 |
| Figura 5.2 - Sistema radicular de plantas jovens de GF-677, enxertadas com Belona (esquerda) e Lauranne (direita)..... | 153 |
| Figura 6.1 - Aspeto de um pomar recém-instalado de amendoal após uma mobilização de Primavera..... | 186 |
| Figura 6.2 - Pomar adulto de amendoal de sequeiro na Primavera mostrando desenvolvimento exuberante de vegetação herbácea antes de aplicação de medidas de combate..... | 186 |
| Figura 6.3 - Erosão hídrica em olival com perda de fertilidade do solo por redução da sua espessura efetiva..... | 190 |
| Figura 6.4 - Teores habituais de matéria orgânica no solo em algumas das principais culturas perenes cultivadas em Portugal e em pastagens naturais cultivadas em condições ecológicas similares..... | 193 |
| Figura 6.5 - Pomar tradicional de amendoeira gerido exclusivamente com aplicação de herbicidas..... | 195 |
| Figura 6.6 - Solo mantido permanentemente nu durante todo o ano em olival com aplicação outonal de um herbicida que combina substâncias ativas de ação residual e pós-emergência..... | 203 |
| Figura 6.7 - Sintomas de toxicidade em folhas de oliveira após aplicação de um herbicida à base de diurão, terbutilazina e glifosato em dose provavelmente elevada..... | 204 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Figura 6.8 - Coberto dominado por plantas do género <i>Conyza</i> após gestão da vegetação com um herbicida à base de glifosato durante vários anos | 205 |
| Figura 6.9 - Coberto de vegetação natural em amendoal jovem irrigado gerido com corte..... | 210 |
| Figura 6.10 - Coberto de vegetação natural em amendoal jovem de sequeiro gerido com a aplicação de um herbicida pós-emergência aplicado no início da Primavera..... | 210 |
| Figura 6.11 - Nódulos nas raízes de uma leguminosa pratense onde vivem bactérias fixadoras de azoto em simbiose com a planta hospedeira. As bactérias recebem fotoassimilados e fatores de crescimento e fornecem azoto à planta..... | 213 |
| Figura 6.12 - Gestão da vegetação em olival de regadio com aplicação de herbicida na linha e corte da vegetação na entrelinha (foto de Henrique Chia)..... | 216 |
| Figura 6.13 - Sistema de gestão do solo em vinha em que se mantém coberto vegetal alternado com mobilização para facilitar a transitabilidade de equipamentos e pessoal na linha enrelvada (foto de Henrique Chia)..... | 217 |
| Figura 6.14 - Coberto vegetal semeado com gramíneas em olival de regadio..... | 219 |
| Figura 6.15 - Coberto de leguminosas anuais de ressementeira natural em pomar adulto de amendoeira conduzido em sequeiro..... | 223 |
| Figura 6.16 - Ervilhaca cultivada para sideração em olival biológico..... | 225 |
| Figura 7.1 - Medidor de clorofila SPAD-502 Plus que estima o teor de clorofila nas folhas medindo a transmitância da luz através da folha em dois comprimentos de onda, 650 nm (luz vermelha absorvida pela clorofila) e 940 nm (luz infravermelha não absorvida pela clorofila)..... | 252 |
| Figura 7.2 - Medidor FieldScout CM1000 NDVI que avalia a luz ambiente e a luz refletida pela planta em diferentes comprimentos de onda, fornecendo o índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), relacionável com o estado geral das plantas..... | 253 |
| Figura 8.1 - <i>Estruturas de frutificação</i> : a) ramalhetes de maio; e b) ramos mistos | 278 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Figura 8.2 - Diferentes ramificações da amendoeira: a) raminho; e b) ladrões..... | 279 |
| Figura 8.3 - Sistema de condução em vaso, com três prenadas principais..... | 281 |
| Figura 8.4 - <i>Tronco da amendoeira</i> : a) cruz demasiado baixa; e b) cruz com altura adequada..... | 282 |
| Figura 8.5 - <i>Ramos principais</i> : a) nível de inserção dos ramos no tronco; e b) ângulo adequado de inserção das pernadaso..... | 284 |
| Figura 8.6 - <i>Ramos secundários</i> : a) inserção do ramo secundário relativamente próximo da cruz; e b) ângulo de inserção do ramo secundário..... | 285 |
| Figura 8.7 - <i>Sistemas de condução</i> : a) condução em vaso; e b) condução em eixo..... | 285 |
| Figura 8.8 - <i>Pomar deficientemente conduzido</i> : cruz demasiado baixa; vaso mal executado e ramos principais com ângulo muito aberto dificultando a gestão do pomar..... | 287 |
| Figura 8.9 - <i>Formação do vaso</i> : a) eleição dos ramos principais; e b) eleição dos ramos secundários..... | 292 |
| Figura 8.10 - <i>Formação do vaso</i> : a) obtenção de ramos principais e secundários; e b) ligeira intervenção de poda..... | 293 |
| Figura 8.11 - <i>Poda de frutificação</i> : desbaste e desponta de ramos..... | 296 |
| Figura 8.12 - <i>Poda de rejuvenescimento</i> : a) corte de prenada principal virada a sul; e b) árvore com poda de rejuvenescimento concluída..... | 297 |
| Figura 9.1 - Coeficiente de redução da evapotranspiração em função da áreasombreada (%). Adaptado de Steduto <i>et al.</i> (2012)..... | 310 |
| Figura 9.2 - Exemplos de sondas TDR (a e b) e esquema de uma soda FDR..... | 324 |
| Figura 9.3 - Princípio de funcionamento do tensiómetro (a) e colocação no solo para monitorização da do potencial hídrico na rega gota-a-gota..... | 326 |
| Figura 9.4 - Dispositivos de leitura e armazenamento de dados (a e b) de sensor de matriz granular (WaterMark) com elétrodos envolvidos em quartzo e gesso..... | 327 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Figura 9.5 - Câmara de pressão (esquerda) e folha coberta para posterior medição do potencial hídrico do ramo (direita)..... | 330 |
| Figura 9.6 - Fases do desenvolvimento da amêndoa e dimensões típicas do comprimento de peso do fruto em casa fase. Adaptado de Goldhamer e Girona, (2012)..... | 333 |
| Figura 9.7 - Senescência foliar precoce como resposta ao stresse hídrico em amendoeiras de sequeiro, durante o mês de junho, em Trás-os-Montes..... | 335 |
| Figura 9.8 - Representação esquemática do crescimento e desenvolvimento da amendoeira. As curvas representam crescimento acumulado em valores relativos dos vários órgãos da amendoeira (cv. Marta) no sul de Espanha. Adaptado de Nortes <i>et al.</i> (2009)..... | 338 |
| Figura 10.1 - Orifício num tronco de amendoeira originado por larva de inseto..... | 349 |
| Figura 10.2 - Adultos de <i>Monosteira unicastata</i> (Mulsant & Ray, 1852) em folhas de amendoeira..... | 352 |
| Figura 10.3 - Ninfas de diferentes instares de <i>Monosteira unicastata</i> (Mulsant & Ray, 1852)..... | 354 |
| Figura 10.4 - Folhas de amendoeira com sintomatologia de ataque de <i>Monosteira unicastata</i> A) página superior, B) página inferior..... | 356 |
| Figura 10.5 - Larva de <i>Anarsia lineatella</i> | 361 |
| Figura 10.6 - Armadilhas do tipo delta com feromona específica para captura de <i>Anarsia lineatella</i> e <i>Grapholita molesta</i> | 362 |
| Figura 10.7 - Pormenor de captura de adulto de <i>Grapholita molesta</i> em armadilhas tipo delta..... | 367 |
| Figura 10.8 - Sintomatologia característica de ataque de afídios..... | 378 |
| Figura 10.9 - Armadilha tipo funil com feromona específica utilizada na captura de <i>Zeuzera pyrina</i> e <i>Cossus cossus</i> | 382 |
| Figura 11.1 - Amendoeiras em flor (Museu do Côa)..... | 388 |
| Figura 11.2 - Ramos infetados por <i>Diaporthe amygdali</i> - presença de cor cinzento claro muito característico (pessegueiro)..... | 395 |
| Figura 11.3 - Ramos mortos por <i>Diaporthe amygdali</i> (pessegueiro)..... | 395 |
| Figura 11.4 - Cancro <i>Diaporthe amygdali</i> com morte dos gomos (pessegueiro)..... | 395 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Figura 11.5 - Cancro <i>Diaporthe amygdali</i> - Cancro com picnídios pretos (pessegueiro)..... | 395 |
| Figura 11.6 - Folhas necróticas (início do ciclo vegetativo)..... | 396 |
| Figura 11.7 - Árvore em declínio com ramos mortos e folhas necrosadas (final do ciclo)..... | 396 |
| Figura 11.8 - Cancro <i>Cytospora</i> com exsudação de goma (amendoeira)..... | 402 |
| Figura 11.9 - Cancro <i>Cytospora</i> com abundante exsudação de goma (cerejeira)..... | 402 |
| Figura 11.10 - Cancro <i>Cytospora</i> com produção de calo de cicatrização (amendoeira)..... | 402 |
| Figura 11.11 - Cancro <i>Cytospora</i> com calo de cicatrização (cerejeira)..... | 402 |
| Figura 11.12 - <i>Chondrostereum purpureum</i> – basidiocarpos em tronco afetado pela Doença-do-Chumbo..... | 407 |
| Figura 11.13 - <i>Chondrostereum purpureum</i> - basidiocarpos de aspeto coriáceo..... | 407 |
| Figura 11.14 - Infeção do gomo e morte das folhas..... | 414 |
| Figura 11.15 - Fungos do filo basidiomicota associados à degradação branca do lenho. a) Degradação dos tecidos do lenho; b, c, d) Basidiocarpos de diferentes espécies..... | 416 |
| Figura 11.16 - Sintomas do crivado em folhas..... | 419 |
| Figura 11.17 - Sintomas de <i>Taphrina deformans</i> em diferentes fases de desenvolvimento da doença nas folhas (pessegueiro) (em amendoeira os sintomas são semelhantes)..... | 429 |
| Figura 11.18 - Sintomas do Cancro-Bacteriano em amendoeira (<i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i>) com dessecamento e morte de gomos florais | 433 |
| Figura 11.19 - Sintomas do Cancro Bacteriano (<i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i>) em amendoeira: (a) formação de um cancro e exsudação de goma no tronco da árvore; (b) manchas avermelhadas debaixo da casca em correspondência com as zonas afetadas pelo cancro..... | 433 |
| Figura 11.20 - Sintomas da Doença-d- Mancha-Bacteriana (<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i>) em folhas de amendoeira em amendoeira: (a) manchas necróticas poligonais rodeadas por halo amarelo, na página inferior da folha; (b) manchas na página inferior, concentradas no ápice da folha; (c) manchas necróticas | |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| na página superior da folha, mais concentradas no ápice da folha..... | 437 |
| Figura 11.21 - Sintomas da Doença-da-Mancha-Bacteriana (<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i>) em frutos de amendoeira: (a) manchas escuras e incorporadas no mesocarpo, e exsudações de goma; (b) início da desidratação do fruto e intensificação dos sintomas com exsudação de goma; (c) lesões em elevação e circulares na superfície do fruto; (d) queda prematura de frutos infetados pela bactéria..... | 439 |
| Figura 11.22 - Sintomas de <i>Xilella fastidiosa</i> em folha de amendoeira. Courtesy Dr.Donato Boscia, CNR-Institute for Sustainable Plant Protection, UOS, Bari, Italy(in https://gd.eppo.int/taxon/XYLEFA/photos)..... | 445 |
| Figura 11.23 - Sintomas de <i>Xilella fastidiosa</i> em folha de amendoeira: (a) queimadura marginal unilateral da folha, observando-se uma pequena faixa clorótica entre os tecidos necrosados e sãos; (b) queimadura apical e marginal da folha, com faixa clorótica entre os tecidos necrosados e sãos..... | 445 |
| Figura 11.24 - Sintomas generalizados em amendoeira infetada com <i>Xilella. fastidiosa</i> . Foto de Jack Kelly Clark, courtesy University of California Statewide Integrated Pest Management Program. (Cortesia do autor, janeiro, 2017)..... | 446 |
| Figura 12.1 - Aspeto de um vibrador de tronco..... | 465 |
| Figura 12.2 - Pinça do vibrador envolvendo o tronco..... | 466 |
| Figura 12.3 - Vibrador de tronco automotriz com apara frutos... 466 | |
| Figura 12.4 - Vibrador de tronco montado na dianteira do trator..... | 466 |
| Figura 12.5 - Vibrador de tronco semi-montado no sistema tripolar do trator..... | 467 |
| Figura 12.6 - Enrolador de panos para a recolha de frutos..... 468 | |
| Figura 12.7 - Destaque dos frutos com vibrador e recolha com enrolador de panos..... 468 | |
| Figura 12.8 - Enrolador de panos com recolha para caixas..... 469 | |
| Figura 12.9 - Enrolador de panos com recolha para lonas..... 469 | |
| Figura 12.10 - Vibrador de troncos com apara frutos fechado permitindo a deslocação do equipamento (<i>Foto R. Tranchete</i>).. 470 | |
| Figura 12.11 - Vibrador de troncos com apara frutos aberto durante o destaque (<i>Foto R. Tranchete</i>)..... 470 | |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Figura 12.12 - Descarga para lonas da amêndoa colhida com vibrador e apara frutos (<i>Foto R. Tranchete</i>)..... | 470 |
| Figura 12.13 - As pernas surgem a 40 cm/50 cm do solo permitindo a vibração ao tronco..... | 471 |
| Figura 12.14 - Vibrador de copa em trabalho de colheita em amendoal em sebe (Herdade da Torre das Figueiras, Monforte) (<i>Foto A. Dias</i>)..... | 472 |
| Figura 12.15 - Equipamento de descasque de amêndoa acionado pela <i>t.d.f.</i> do trator (<i>Foto R. Tranchete</i>)..... | 473 |

Capítulo 1 - Sistemática, domesticação, morfologia e hábitos de frutificação

Carlos Aguiar, José Alberto Pereira

1.1. Taxonomia e nomenclatura

Em português é amendoeira, os franceses chamam-lhe *amand*, os italianos *mandorla*, em castellano diz-se *almendro* e em inglês *almond*. Se necessário, para a distinguir das espécies selvagens, podemos designá-la por amendoeira-doméstica ou amendoeira-cultivada. A raiz de todas estas palavras é a mesma – *amygdala*, um termo latino derivado do grego *amygdale*, que por sua vez foi importado sabe-se lá de onde. Ambas as palavras foram usadas pelos clássicos para designar tanto a árvore como o seu fruto.

Os nomes vulgares variam com a língua, de país ou até de região para região. O nome científico da amendoeira – *Prunus dulcis* (Miller) Webb –, pelo contrário, é partilhado por todas as línguas e povos, usado em todos os cantos do planeta. A amendoeira pertence, então, ao género *Prunus* e à espécie *Prunus dulcis*. O restritivo específico *dulcis*, a segunda palavra do nome científico da espécie, é um tanto enganador porque, à semelhança do que acontece no pessegueiro e no damasqueiro, a amendoeira tanto produz sementes doces como amargas. Nos documentos técnicos

e científicos não é preciso citar repetidamente as autorias dos nomes científicos – “(Miller) Webb” na amendoeira. Uma única vez, logo nas primeiras páginas é suficiente. Desde que se entenda sem equívocos, o nome genérico pode ser abreviado à primeira letra ficando, neste caso, *P. dulcis*.

Há sempre uma história por detrás de um nome científico. A amendoeira foi cientificamente descrita pela primeira vez pelo botânico inglês Philip Miller em 1768, sob a designação *Amygdalus dulcis*; em 1967 o irlandês D.A. Webb recombinau o nome no género *Prunus*. Estão publicados outros nomes científicos para designar a amendoeira, todos eles incorretos de acordo com as regras do *Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Fungos e Plantas* (McNeill *et al.*, 2012) – por exemplo, *P. vulgaris*, *P. amygdalus* e *Amygdalus communis* (Eisenman, 2015).

Quadro 1.3 - Taxonomia da amendoeira. Baseado em Chase & Reveal (2009) e Shi *et al.* (2013)

Classe *Embryopsida* (plantas-terrestres)
Clado dos espermatófitos (plantas-com-semente)
Subclasse *Magnoliidae* (plantas-com-flor)
Clado das eudicotiledóneas
Clado das rosídeas
Ordem *Rosales*
Família *Rosaceae*
Subfamília *Prunoideae*
Secção *Amygdalus*
Género *Prunus*
Subgénero *Prunus*
Espécie *Prunus dulcis*

Um nome, qualquer que ele seja, é muito mais do que uma palavra ou um conjunto de palavras – “árvore”, “fruto” ou *P. dulcis* são formas sintéticas de expressar conceitos. Dito de um outro modo, *P. dulcis*, ou a palavra “amendoeira”, são formas abreviadas de designar uma espécie de árvore caracterizada por um conjunto alargado de propriedades adiante resumidas. O nome *P. dulcis* diz-nos ainda que a amendoeira é aparentada (evolutivamente próxima) com todas as outras espécies do género *Prunus*, como a cerejeira (*P. avium*), o pessegueiro (*P. persica*), o damasqueiro (*P. armeniaca*), e as várias espécies e os muitos híbridos cultivados e silvestres de ameixeiras e abrunhos.

Os *Prunus* enquadram-se nas rosáceas (*Rosaceae*), uma grande família de plantas-com-flor (Quadro 1.1), que inclui, entre outras plantas, os morangueiros (*Fragaria x ananassa*), as roseiras (género *Rosa*), as silvas (gen. *Rubus*), e importantes árvores de fruto como a macieira, a pereira, o marmeleiro ou a nespereira. Os *Prunus*, por sua vez, são prunoideas, isto é, pertencem à subfamília *Prunoideae*, a subfamília das rosáceas com frutos de caroço. A macieira, a pereira, o marmeleiro e a nespereira são pomoideas – pertencem à subfamília *Maloideae*, o nome correto para as plantas da antiga subfamília *Pomoideae*.

Os *Prunus* descendem de um ancestral comum, muito próximo, por isso todas as espécies do género, como se verá, têm uma flor e um fruto similar. Geralmente, quanto maior a proximidade evolutiva (e taxonómica) de duas espécies ou grupos de espécies,

maior a sua semelhança morfológica. O género *Prunus* divide-se em três subgéneros e cada subgénero em várias secções (Figura 1.1). Comparando, por exemplo, os subgéneros *Prunus* (ex. amendoeira e pessegueiro) e *Cerasus* (ex. cerejeira e ginjeira), constata-se que as plantas do primeiro grupo têm, frequentemente, mais de um gomo na axila das folhas (gomos colaterais, Caixa 2), enquanto que as plantas do segundo têm apenas um gomo axilar. Sem entrar em grandes detalhes, a semelhanças morfológicas da amendoeira e do pessegueiro são óbvias, e ainda maiores entre a cerejeira e a ginjeira.

A amendoeira pertence à secção *Amygdalus*, do subgénero *Prunus*. As plantas da secção *Amygdalus* distinguem-se das plantas da secção *Persicae*, onde se encontra o pessegueiro, por produzirem um fruto seco que abre na maturação, uma condição muito rara nas plantas extra-tropicais. Consomem-se as sementes de várias sementes da secção *Amygdalus*, entre as quais sobressai a amendoeira-cultivada (*P. dulcis*), de todas a única com sementes doces. As restantes espécies domesticadas do género *Prunus* são cultivadas pelos seus frutos carnudos. Como se constata na Figura 1.1, a amendoeira é evolutivamente muito próxima do pessegueiro. Enquanto a amendoeira evoluiu nos territórios secos e semi-áridos do Cáucaso e regiões próximas, a norte do Crescente Fértil, o pessegueiro evoluiu sob um clima mais húmido, no Este da Ásia.

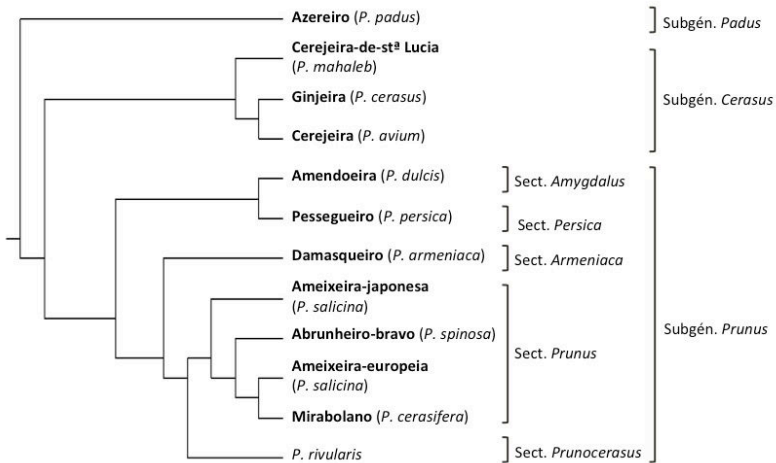


Figura 1.1 - Rela es de parentesco entre as espécies cultivadas e indígenas mais importantes de Portugal. Constituem cada um dos subg neros e sec es muito mais espécies do que as citadas na figura. Adaptado de Shi *et al.* (2013)

1.2. Compatibilidade das enxertias e hibrida o

A subdivisão do género *Prunus* em subg neros e sec es, além de refletir as rela es de parentesco entre as várias espécies, diz-nos muito sobre a compatibilidade das enxertias e a viabilidade dos híbridos.

Quando um enxerto é rejeitado logo após a enxertia diz-se que há falta de afinidade ou incompatibilidade absoluta entre o enxerto e o porta-enxerto. Infelizmente, não   possível enxertar árvores de fruto nas árvores dominantes das florestas portuguesas (ex. carvalhos, salgueiros ou amieiros) – não existe qualquer afinidade entre elas. Um porta-enxerto e um enxerto são compatíveis

quando são capazes de estabelecer uma ligação sólida e duradoura. Nas enxertias compatíveis, a união entre o enxerto e o porta-enxerto viabiliza um transporte eficiente de água, nutrientes minerais, fotoassimilados e hormonas entre os dois biontes. Há uma continuidade vascular perfeita. Nas enxertias incompatíveis, as plantas têm um aspeto pouco saudável, crescem pouco, frequentemente a folhagem é amarelada, a folha cai cedo no outono, são pouco longevas e quebram facilmente pelas enxertias. Muitas vezes o enxerto e o porta-enxerto não têm o mesmo diâmetro e/ou desenvolve-se uma intumescência acima ou abaixo do ponto de enxertia. As conexões dos tecidos vasculares (que transportam a seiva no interior da planta) são irregulares.

A compatibilidade é difícil antecipar, mas a taxonomia e, implicitamente, as relações de parentesco dão uma ajuda. A prática demonstra que quanto maior a proximidade taxonómica entre o enxerto e o porta-enxerto, maior a probabilidade de sucesso de uma enxertia. A explicação é simples. Duas plantas pertencentes à mesma espécie são geneticamente mais semelhantes do que duas plantas pertencentes a espécies diferentes, a distintos subgéneros, géneros, e assim sucessivamente. A amendoeira enxerta-se sem problema, claro, sobre amendoeira. No centro de origem da amendoeira e territórios vizinhos, a amendoeira é enxertada numa panóplia de espécies indígenas de *Prunus* adaptadas à *secura*.

A compatibilidade com o pessegueiro e com híbridos de pessegueiro x amendoeira ou de mirabolano (*P. cerasifera*) x pessegueiro é elevada. De facto, alguns dos porta-enxertos de amendoeira com mais sucesso comercial são híbridos de pessegueiro e amendoeira. Ainda assim, em certas combinações de cultivares de amendoeira com cavalos de pessegueiro forma-se uma intumescência região de contacto do enxerto. Os híbridos de pessegueiro x amendoeira são muito vigorosos (vigor híbrido) por isso parte do tronco correspondente ao cavalo tem tendência a desenvolver maiores diâmetros do que a parte correspondente à amendoeira. Algumas cultivares de amendoeira são incompatíveis com cavalos de 'Mariana 2624', um híbrido de mirabolano x *P. rivularis*. O sucesso dos enxertos sobre ameixeiras (japonesas e europeias) é variável não sendo o seu uso como porta-enxerto recomendado. A enxertia de amendoeira em damasqueiro é inviável, assim como as enxertias sobre cerejeira e espécies afins. Em contrapartida, um pé de pessegueiro pode ter ramos a produzir amêndoas, damascos, ameixas-europeias, ameixas-japonesas e pêssegos.

A amendoeira é, provavelmente, uma espécie híbrida (ver ponto 3. *Origem e domesticação*). Estão em curso programas de melhoramento da amendoeira nos EUA e em Espanha, por exemplo, baseados na hibridação com várias espécies de amendoeiras selvagens, seguida de retro-cruzamentos com amendoeira-doméstica (Gradziel, 2012). Com estes programas

pretende-se, entre outros objetivos, obter árvores mais produtivas, com boas características comerciais da amêndoa, resistentes a determinadas doenças, com datas tardias de floração ou, muito importante, auto-compatíveis. Curiosamente, os melhores resultados estão a ser conseguidos em cruzamentos controlados com espécies da secção *Persica* (Gradziel, 2009). Infelizmente, tem-se revelado difícil conciliar datas muito tardias de floração com vantagens a nível produtivo.

Os porta-enxertos mais usados para a amendoeira foram obtidos pela hibridação desta espécie com pessegueiro. Foram também testados porta-enxertos híbridos de amendoeira, entre muitas outras espécies, com damasqueiro, mirabolano ou ameixeira-japonesa. A facilidade com que as espécies do subgén. *Prunus* hibridam entre si permitiu ainda obter novos tipos de frutos, como sejam os híbridos de ameixeira-japonesa com damasqueiro ou de pessegueiro com damasqueiro.

1.3. Origem e domesticação

1.3.1. O porquê da domesticação da amendoeira

A ecologia da amendoeira, e as qualidades nutricionais e tecnológicas intrínsecas da amêndoa, explicam o sucesso comercial e a importância desta árvore no sustento dos povos desde tempos imemoriais. A amendoeira foi, durante séculos, a derradeira solução para o uso agrícola de terras marginais em

regiões de clima seco a semi-árido, com chuvas concentradas na estação fria (de clima mediterrânico) (Figura 1.2).



Figura 1.2 - Amendoeiras cultivadas nos vales de ombroclima seco da Terra Quente transmontana

A resistência da amendoeira à secura edáfica envolve um conjunto notável de adaptações. No ponto dedicado à morfologia da amendoeira referem-se as propriedades do seu sistema radicular. A amendoeira floresce cedo, no final do inverno, antes de todas as outras árvores de fruto cultivadas na bacia mediterrânica. A floração temporã e o arranque precoce do período vegetativo são estratégias para escapar ao efeito depressivo da falta de água no sucesso reprodutivo (na produção de semente). Para florir e vegetar cedo, a amendoeira exige poucas horas de frio para quebrar a dormência dos gomos, e temperaturas, relativamente baixas, para desencadear o abrolhamento dos gomos (Alonso *et*

al., 2005) (Capítulo II). Desde a floração à maturação do fruto e da semente decorrem 5-6 meses. Nas cultivares tradicionais, se a floração ocorrer no início de fevereiro, as sementes estarão maduras no final de julho/agosto. As plantas evitam, deste modo, que os períodos de crescimento do fruto de maior sensibilidade às condições ambientais decorrem com deficits intensos de água no solo. O crescimento rítmico (Capítulo II) durante a estação a crescimento é outra adaptação da amendoeira à aridez climática.

A adaptação à *secura* tem custos. A amendoeira está sujeita a geadas tardias, frios e a chuvas que podem comprometer o seu sucesso reprodutivo anual. A exposição à geada no início do ciclo vegetativo e a conhecida sensibilidade do sistema radicular da amendoeira a solos encharcados, explicam o cultivo desta planta em regiões de invernos moderados e verões secos, em encostas expostas ao sol onde o ar frio drena naturalmente (ver Capítulo III). Por outro lado, como é referido no Capítulo 11, a amendoeira é sensível a várias doenças fúngicas e bacterianas, mais graves nas regiões de verões chuvosos ou com elevadas humidades relativas do ar devidas à proximidade do mar. A peculiar ecologia da amendoeira condicionou, como se verá, a história do seu cultivo e expansão no globo.

A amêndoa é um alimento de elevada qualidade nutricional, comestível em cru ou processado de inúmeras formas (Barreira *et al.*, 2017). Armazena grandes quantidades de energia por unidade de peso ou volume, conserva-se dois ou mais anos em casca e é

fácil de transportar, características que se devem, em grande medida, à riqueza em óleo da amêndoa que ultrapassa, em muitas cultivares, os 50% do peso fresco (Yada *et al.*, 2011). O consumo moderado de amêndoa suprime a fome (Gradziel, 2011). Por outro lado, a propagação amendoeira por semente é um processo cómodo e eficiente em sistemas extensivos em solos pobres. Os propágulos (ex. estacas e borbulhas) são bem mais difíceis de manipular e transportar, e permanecem viáveis durante pouco tempo. Por fim, o mesocarpo e as folhas da amendoeira podem ser usado com proveito na alimentação de herbívoros domésticos no final do verão, um período de grande penúria alimentar.

Tantas qualidades numa só planta! Este alargado leque de notáveis atributos não passou despercebido aos primeiros povos de agricultores da história que habitavam o SW da Ásia no início do Holocénico.

1.3.2. Centro de origem e ancestralidade

A identificação dos ancestrais da amendoeira tem-se revelado uma tarefa difícil, por várias razões. Em primeiro lugar, a amendoeira provem de uma região diversa em *Prunus* da secção *Amygdalus*, de morfologia pouco diferenciada e isolamento reprodutivo incompleto (bastantes espécies hibridam entre si produzindo descendência fértil). A secção *Amygdalus* inclui cerca de 30 espécies (Browicz & Zohary, 1996), muitas das quais foram consumidas e comercializadas pelas suas sementes, elevando a

probabilidade da formação espontânea de descendentes híbridos. Algumas das espécies descritas no âmbito da secção *Amygdalus* poderão, inclusivamente, ser antigos híbridos, entretanto estabilizados (Gradziel, 2011).

A amendoeira é salvo raras exceções, uma planta alogâmica (Capítulo II) e híbrida naturalmente com outras espécies da secção *Amygdalus* produzindo descendência fértil, com características intermédias entre as espécies parentais (Denisov, 1988). Por outro lado, no putativo centro de origem da amendoeira, são frequentes populações de indivíduos ferais, isto é, populações de plantas naturalizadas, com origem em plantas domesticadas, que recuperaram, por seleção, características morfológicas das plantas ancestrais. Por fim, a variação morfológica dos indivíduos domesticados propagados por semente é muito grande pelo simples facto da variação genética ser máxima nos centros de origem.

Em resumo, no Crescente Fértil e regiões vizinhas do SW da Ásia, a variação genética e morfológica da amendoeira-doméstica, e das espécies e híbridos dentro da secção *Amygdalus* é enorme e sem discontinuidades claras. A interpretação de toda esta variação é um desafio para geneticistas e taxonomistas. Não surpreende, por isso, que além da ancestralidade e da história evolutiva da amendoeira não estar encerrada, a taxonomia e a nomenclatura dos *Prunus* da secção *Amygdalus* seja tão complexa e instável.

A amendoeira era cultivada há pelo menos 11.000 anos no Crescente Fértil, no final da última glaciação (Willcox *et al.*, 2008). A amendoeira foi uma das primeiras árvores de fruto a ser domesticada. Provavelmente fez parte do pacote inicial de plantas cultivadas pelos primeiros agricultores. De acordo com a *hipótese do levante*, a amendoeira descende de populações selvagens de amendoeira (*P. dulcis*) supostamente nativas, semelhantes às formas domesticadas, que ainda hoje se encontram dispersas pelo SW da Ásia, Ásia central e SE da Europa (Zohary *et al.*, 2012). Entretanto, foi sugerido que estas populações são constituídas por indivíduos ferais (Gradziel, 2011). Por outras palavras, terão origem no mesmo *stock* genético de onde evoluiu, por seleção artificial, a amendoeira.

Uma hipótese alternativa, designada por *hipótese híbrida*, conjectura que a amendoeira é um domesticado híbrido de espécies asiáticas da secção *Amygdalus*, sendo o *P. fenzliana* o maior contribuinte do seu genoma (Zeinalabedini *et al.*, 2009) (Figura 1.2). O *P. fenzliana* é uma espécie endémica (exclusiva) do Cáucaso Inferior, com prolongamentos pelo nordeste da Turquia e noroeste do Irão, exigente em luz, própria de vegetação estépica ou de comunidades arbustivas de solos secos, bem drenados, entre os 700-1800 m (Browicz & Zohary, 1996). Evidências recentes mostram que todas as amendoeiras cultivadas têm, com grande probabilidade, origem num único evento de domesticação (Delplancke *et al.*, 2013). Fazendo fé nos

resultados de Zeinalabedini *et al.* (2009), o seu centro origem localiza-se, provavelmente, no interior da área de distribuição da *P. fenzliana* ou em regiões vizinhas, no norte ou um pouco a norte do Crescente Fértil.



Figura 1.3 - Folha e fruto de *Prunus fenzliana*, o ancestral putativo da amendoeira (*P. dulcis*). As semelhanças com a amendoeira são notáveis. (Cortesia de Kristof Zyskowski e Yulia Bereshpolova.)

A expansão da amendoeira a partir do centro de origem foi, desde cedo, acompanhada por hibridações com várias espécies de *Prunus* da secção *Amygdalus*, cujos descendentes, por sua vez, retro-hibridaram (hibridaram outra vez) com amendoeiras em processo de domesticação. A hibridação com *P. webbii*, uma pequena árvore distribuída pela Sicília, Sul de Itália, Balcãs e Anatólia, por exemplo, estará na origem dos genes da autocompatibilidade (ver Capítulo II) que caracterizam algumas

cultivares de amendoeira do norte da bacia mediterrânea (Socias i Company, 2002). A hipotética evoluçã híbrida da amendoeira é similar, por exemplo,   da macieira, na sua longa viagem desde as montanhas do sudoeste do Cazaquistão até   Europa (Cornille *et al.*, 2012).

A amendoeira-cultivada resultou, muito provavelmente, de um processo difuso de domesticação, sem uma localização definida, com várias espécies a contrib rem para a sua genética (Delplancke *et al.*, 2012). Embora a ancestralidade da amendoeira permaneça irresolvida, parece claro que a seleção artificial conduzida pelo homem está presente desde o início da sua história evolutiva.

1.3.3. Evolução da amendoeira sob domesticação

De acordo com o modelo de Zohary & Spiegel-Roy (1975), a domesticação da amendoeira teria começado pela propagação por semente de indivíduos selvagens com características superiores (ex. sementes doces), eventualmente assistida pela eliminação ao nível do amendoal de indivíduos com defeitos (ex. sementes amargas). 75% ou mais dos descendentes de uma árvore de sementes doces têm sementes doces (Spiegel-Roy & Kochba, 1981). Nesta primeira etapa do processo de domesticação, a sobrevivência das árvores em condições extremas seria, certamente, mais valorizada do que a

produtividade, mantendo as plantas características próximas dos seus ancestrais mais diretos.

Na falda sul do Cáucaso e regiões vizinhas (ex. planaltos iraniano e arménio) as amendoeiras retêm, ainda, muitas das características dos seus ancestrais mais diretos – são frequentemente, espinhosas, com sementes pequenas e amargas (Gradziel, 2011). Tradicionalmente são propagadas por semente e cultivadas em sequeiro, em solos secos, pedregosos e bem drenados. As sementes amargas conferem resistência a insectos fitófagos, mas, quando consumidas em excesso, são tóxicas para alimentação humana. O amargo das sementes deve-se à presença de elevados níveis de amígdalina, um glicósido cianogénico que liberta cianeto de hidrogénio, uma substância tóxica mortal, quando se esmagam ou mastigam as sementes. O consumo de algumas dúzias de sementes amargas é suficiente para provocar a morte (Zohary *et al.*, 2012). O hábito espinhoso limita os estragos dos mamíferos herbívoros, mas dificulta a colheita.

Algumas cultivares portuguesas tradicionais mantêm algumas características associadas a plantas pouco selecionadas, próximas de tipos ancestrais, como sejam a baixa produtividade, a grande variabilidade morfológica, uma elevada percentagem de sementes amargas e a adaptação a condições ecológicas extremas. É evidente nestas cultivares uma estratégia de fuga à *secura edáfica* que inclui, como se referiu anteriormente, uma

floração (final de janeiro-início de fevereiro) e maturação (em agosto) precoces. Florescem e têm as sementes prontas a colher cerca de um mês antes das cultivares hoje mais utilizadas nos amendoais comerciais.

A expansão da amendoeira a partir do centro de origem ocorreu em três fases: asiática, mediterrânica e californiana (Gradziel, 2011). A amendoeira estendeu-se através de rotas pré-históricas de comércio pelo sudoeste e pela Ásia central até ao oeste da China. As necessidades de frio de inverno e a exigência em verões quentes e secos impediram a sua expansão para leste e sudeste, em direção às áreas temperadas da China e aos territórios de clima tropical do subcontinente indiano. As sementes de amendoeira foram provavelmente trazidas para ocidente pelas caravanas que atravessavam as montanhas da Ásia central em direção à China. A chegada à bacia mediterrânica ocorreu no II mil. a.C. (Zohary *et al.*, 2012). Primeiro os comerciantes fenícios e gregos e depois os árabes completaram a sua distribuição pela bacia mediterrânica. A introdução da amendoeira na Península Ibérica deve-se, provavelmente, aos árabes que aqui chegaram no ano de 711 d.C.

A amendoeira foi introduzida na Califórnia a partir da bacia mediterrânica no período colonial espanhol. O seu cultivo expandiu-se no séc. XIX com a corrida ao ouro (Wood, 1925). Mas ou menos simultaneamente, foi introduzida no oeste da Austrália, África do Sul, Chile e Argentina, muitas destas áreas com clima

mediterrânico. No século XX, a Califórnia tornou-se no maior produtor mundial graças à disponibilidade de terra, boa organização comercial, solos profundos bem drenados, sistemas de rega, desenvolvimento de sistemas de colheita mecânicos e um clima excepcional, com um verão seco e prolongado (clima mediterrânico).

A propagação da amendoeira foi desde o início do processo de domesticação até datas muito recentes, realizada por semente. Em fruticultura, salvo raras exceções (ex. manga e citrinos), os indivíduos obtidos por semente têm características distintas dos indivíduos parentais. A propagação por semente conservou uma enorme diversidade genética e morfológica no amendoal tradicional, em contrapartida comprometeu o seu futuro a partir do momento em que a amêndoa se converteu numa *commodity* na Califórnia, isto é, numa mercadoria mais ou menos uniformizada, com preços definidos pelos mercados internacionais.

Em fruticultura, a intensificação está invariavelmente associada à fixação de características superiores por propagação vegetativa e a uma inevitável perda de diversidade genética, sobretudo à escala do pomar. Os marcos de plantação e a genética das árvores uniformizaram-se em simultâneo. Ao contrário de outras espécies lenhosas (ex. oliveira), a amendoeira não é propagada por estaca. Em alternativa utiliza-se uma técnica bem mais exigente, a enxertia sobre porta-enxertos propositadamente propagados por semente ou, numa primeira fase, levantados no

campo, nascidos de semente na vizinhança das plantas-mãe. A enxertia da amendoeira é uma prática recente, de poucos séculos na Península Ibérica (Grassely, 2005).

A propagação clonal por enxertia começou com a seleção de plantas-mãe em amendoais tradicionais ou em populações de indivíduos ferais. A partir do séc. XX foram desenvolvidos vários programas de melhoramento, primeiro na Califórnia, depois a partir da década de 1950 em França, e desde a década de 1970 em Espanha. As modernas cultivares de amendoeira são maioritariamente provenientes da escolha de indivíduos superiores em amendoais tradicionais (seleção massal) ou, mais modernamente, da seleção de populações de híbridos obtidos a partir do cruzamento de cultivares tradicionais. Alguns dos caminhos seguidos pelos atuais melhoradores da amendoeira foram resumidos no ponto 2. *Compatibilidade das enxertias e hibridação.*

1.3.4. Síndrome de domesticação

10.000 anos de cultivo gerou uma imensa diversidade de cultivares adaptadas a condições ecológicas locais. Ao longo da sua área de distribuição como planta cultivada, a amendoeira exibe uma grande variação no hábito, morfologia da raiz, necessidades em frio para o abrolhamento, datas de floração, hábito de frutificação, características do fruto e da amêndoa, produtividade, ecologia (ex. resistência ao frio e fertilidade do solo) e tolerância a pragas e parasitas. Esta diversidade morfológica e fisiológica da amendoeira é superior à das restantes prunoideas cultivadas para fruto. A história evolutiva da amendoeira cultivada produziu um manancial de variação genética que ainda hoje é a base do melhoramento genético da amendoeira à escala global. Os estudos genéticos demonstram que as regiões tradicionais de cultivo de amendoeira são depositárias de uma enorme diversidade genética de amendoeira (Distefano *et al.*, 2013).

As cultivares modernas de amendoeira exibem um conjunto alargado de características morfológicas e fisiológicas fixadas pela domesticação – o chamado síndrome de domesticação –, comum com muitas outras árvores de fruto. A seleção pela mão do homem – seleção artificial – promoveu plantas não espinhosas, com sementes grandes, homogêneas, doces (não venenosas) e sem defeitos (ex. sem sementes duplas), caroço menos espesso, elevada produtividade, e adaptadas a diferentes combinações de solo e clima. A domesticação tem custos. Quanto mais divergente

dos tipos selvagens e produtiva for uma cultivar, mais artificial será o seu habitat óptimo, e mais investimento em trabalho e em capital exige o seu cultivo. As melhores cultivares de amendoeira, para expressarem todo o seu potencial produtivo, precisam de ser cultivadas em solos de fertilidade corrigida, regadas, eventualmente tratadas com fitofármacos e conduzidas pela poda com todo o cuidado.

1.4. Morfologia

1.4.1. Raiz, porte e ramos

A amendoeira é uma árvore de folha caduca até 8-10 m. A forma das árvores é muito variável, em particular na direção dos ramos e na intensidade com que se ramificam ao nível da copa. As plantas sujeitas *stress* ambiental, sobretudo à falta de água, tendem a ser mais pequenas compactas e a perder a folha mais cedo. A poda e, nos amendoais modernos, a entrada em frutificação mantêm, geralmente, as árvores com não mais de 4-5 m de altura. Os indivíduos escapados de cultura apresentam por vezes um porte arbustivo, ainda mais quando sujeitos à herbivoria de cabras e ovelhas.

O esqueleto da amendoeira é por natureza tortuoso. A casca do tronco e pernas é rugosa, e enegrece com o tempo destacando-se em placas. Os raminhos do ano são verdes, mais ou menos marmoreados de vermelho e, por vezes, aguçados num espinho

nos indivíduos multiplicados por semente (Blanca & Díaz de la Guardia, 1988). As cultivares comerciais são inermes, i.e., não têm espinhos. A conhecida resistência da amendoeira à secura deve-se à extensão e à profundidade atingida pelo seu sistema radicular.

1.4.2. A folha

As folhas da amendoeira são glabras (sem pelos), verdes em ambas as faces e com uma nervação muito marcada na página inferior (Figura 1.4). O limbo da folha (parte alargada da folha) é agudo na base e no ápice (ângulo entre as duas margens inferior a 45°), e estreito (5-12 x 1,5-4 cm), variando entre a forma de ovo (folhas ovadas), a elipse (folha elítica) e a forma de lança (folhas lanceoladas). A margem das folhas é serrada ou crenada (com pequenos dentes agudos ou arredondados), com os dentes culminados por pequenas glândulas. O pecíolo (o pé da folha) é glabro atingindo 2,5 cm de comprimento. Na base do pecíolo das folhas recém-expandidas surgem duas pequenas estruturas estreitas e dentadas que pronto tombam no solo, conhecidas por estípulas, originalmente com a função de proteger os gomos axilares.



Figura 1.4 - Folhas de amendoeira inseridas em ramalhetes de maio com um ano idade, ainda sem flores

1.4.3. A flor

As flores da amendoeira emergem solitárias ou, mais raramente, geminadas (em grupos de duas) dos gomos florais, protegidas, na base, por uma envoltura de catafilos. A flor da amendoeira é similar à de muitas outras espécies do género *Prunus*. A flor é completa, isto é, constituída por cálice, corola, androceu, gineceu (Caixa 1.1, Figuras 1.5, 1.6 e 1.7) e um pedicelo (pé), curtíssimo com menos de 1 mm de comprimento. O perianto compreende cinco pétalas e cinco sépalas; diz-se que é pentâmero. As sépalas têm cores avermelhadas e não mais de 6 mm de comprimento. As

pétalas são brancas a rosadas, com um contorno largamente obovado (em forma de ovo ao contrário) a quase circular (sub-orbiculares), e uma curta unha na base, com uma cor mais escura do que o limbo das pétalas. Por dentro das pétalas contam-se 20 a 40 estames, por norma, 30-33 estames. Consoante a cultivar, as flores variam no tamanho, forma e cor das pétalas, número de estames e na proporção entre o comprimento do filete e da antera (Gradziel, 2009).

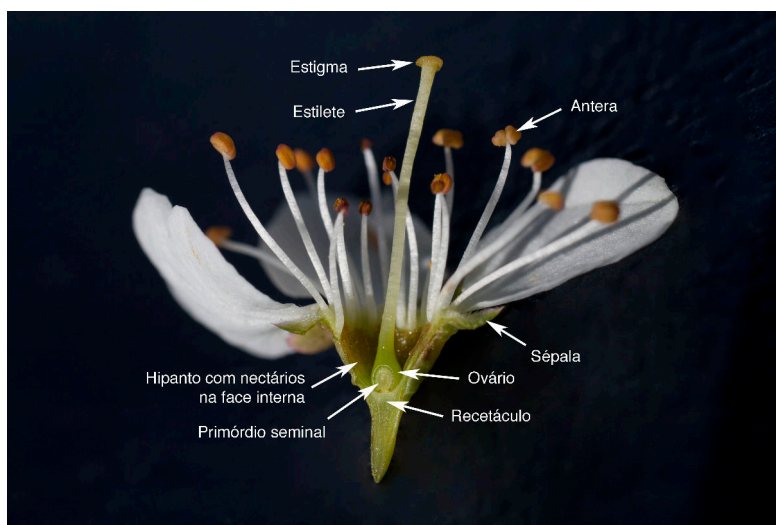


Figura 1.5 - Estrutura da flor das prunóideas. Flor de cerejeira (Aguiar, 2017)

As sépalas, as pétalas e os estames estão inseridos no bordo do hipanto, uma estrutura em forma de taça que por vezes fica agarrada, seca, ao fruto em formação. No momento da abertura das flores ao exterior (ântese), os nectários localizados na parede

interna do hipanto segregam grandes quantidades de néctar, que se acumula no fundo desta estrutura.



Figura 1.6 - Flores de amendoeira. Reparar nos catáfilos na base da flor, no hipanto, no cálice de sépalas avermelhadas e nas pétalas róseas. Comparar com a Figura 1.5.

Caixa 1.1. Estrutura da flor

As flores ditas completas têm cálice, corola, androceu e gineceu (Figuras 1.5, 1.6 e 1.7). O cálice é constituído pelas sépalas, a corola pelas pétalas, o androceu pelos estames e o gineceu por carpelos. Todas as peças da flor são folhas modificadas. O conjunto das peças sem função reprodutiva – o cálice mais a corola – designa-se por perianto. As peças da flor inserem-se num caule de entrenós muito curtos chamado receptáculo.

O cálice está localizado na base da flor. As sépalas normalmente têm uma consistência herbácea e cor esverdeada. Desempenham duas importantes funções – proteger peças mais interiores da flor no botão floral e produzir fotoassimilados (fazer fotossíntese) para serem consumidos pela flor em desenvolvimento.

A corola situa-se entre o cálice e o androceu. As pétalas geralmente alternam com as sépalas. Nas plantas polinizadas por insetos, as pétalas têm a função de atrair animais polinizadores sendo, por isso, maiores e mais delicadas e coloridas do que as sépalas. A cor das pétalas depende da concentração e do tipo de pigmentos que acumulam nas suas células. As pétalas são livres (individualizadas) na corola dialipétala (ex. amendoeira) e unidas umas às outras na corola simpétala (ex. medronheiro). Nas pétalas das corolas dialipétalas reconhece-se uma unha e um limbo. A unha corresponde à parte inferior, mais estreita e por vezes descorada, por onde se faz a inserção da pétala no receptáculo.

Os estames são os órgãos masculinos das plantas. Os estames produzem pólen, secundariamente podem atrair polinizadores. Os estames são constituídos por: filete – parte estéril dos estames, normalmente filamentosa, que sustem a antera; antera – parte dos estames onde se forma e está contido o pólen. O basculamento da antera na inserção do filete facilita a libertação e a dispersão do pólen. Cada antera contém quatro sacos polínicos.

O pólen contém no seu interior dois gâmetas masculinos. A parede do pólen tem por função proteger os gâmetas da dessecação e da radiação solar, no percurso desde a antera até ao estigma.

A parte feminina da flor, o gineceu, situa-se no ápice do receptáculo, na região mais interna da flor, imediatamente acima do androceu. O gineceu é constituído por carpelos. Os carpelos, por sua vez, solitários ou soldados uns nos outros, surgem organizados numa estrutura designada por pistilo. No pistilo reconhecem-se três partes – ovários, estilete e estigma. O ovário é a parte mais alargada do pistilo e contém no seu interior os primórdios seminiais. O estilete liga o ovário ao estigma. O estigma captura os grãos de pólen no momento da polinização.

O néctar explica o brilho que se reflete das flores da amendoeira nos dias de sol intenso. O hipanto protege no seu interior um pistilo com um único carpelo. Raramente observam-se dois ou até três pistilos por flor. Cada pistilo é constituído por ovário, estilete e estigma (Caixa 1), e contém dois primórdios seminiais. O estigma pode situar-se abaixo, ao mesmo nível ou acima das anteras. O

estigma ao mesmo nível das anteras aumenta a probabilidade da flor ser polinizada com o próprio pólen.



Figura 1.7 - Gravura histórica de amendoeira (Thomé, 1886). Legenda: A) ramo misto na floração; B) ramo misto na frutificação (reparar na deiscência do fruto pela sutura carpelar); 1) flor (reparar no pistilo inserido na base do hipanto); 2) pistilo com ovário estilete e estigma; 3) amêndoa em casca; 4) corte longitudinal de uma amêndoa em casca sendo visível o endocarpo (caroço) a envolver a semente (amêndoa); 5) amêndoa depois de removido o tegumento.

1.4.4. Fruto e semente

Depois da fecundação, a parede do ovário evolui numa drupa, um fruto carnudo com um caroço rígido, característico na subfamília das prunoideas (Figura 1.8). Algumas cultivares de amendoeira produzem frutos duplos (dois por flor) quando dois pistilos evoluem para fruto. A pele (epicarpo) da drupa da amendoeira é delgada e

peluda, raramente glabra (sem pêlo). Nos frutos imaturos, consoante a cultivar, a pele pode ser verde amarelada a verde escura, ou com vários tons de vermelho, marmoreados ou não com cores verdes. O mesocarpo inicialmente carnudo, seca e enrijece na maturação, rompendo-se longitudinalmente para libertar o caroço (endocarpo) com a semente inclusa.

O endocarpo é geralmente duro e lenhoso, com uma ornamentação variável de sulcos, pequenas fossas e quilhas, útil para distinguir as cultivares entre si. Existem cultivares de endocarpo brando ou liso. A sutura carpelar (cicatriz que marca o contacto das duas margens da folha carpelar) é bem visível tanto na drupa como num dos lados do caroço. A forma como se dá a ruptura do mesocarpo varia com a cultivar – pode ocorrer ao longo da sutura carpelar (Figura 1.8), pela sutura carpelar até lado oposto formando duas valvas, ou em quatro linhas de deiscência formando quatro valvas.

As sementes estão alojadas no interior do caroço. Geralmente cada caroço tem apenas uma amêndoa, sobretudo nas cultivares modernas. Por vezes formam-se duas sementes, provenientes da fecundação de dois primórdios seminiais. As amêndoas duplas dificultam o processamento industrial da amêndoa, razão pela qual este defeito é cuidadosamente avaliado nos trabalhos de melhoramento. A percentagem de frutos com amêndoas duplas é maior nas primaveras frias e/ou nos anos de polinização deficiente. A semente da amendoeira tem uma casca (tegumento)

delgada, dois cotilédones e não possui endosperma. Para retirar a semente é preciso quebrar o endocarpo portanto, por definição, o fruto da amendoeira é indeiscente (não liberta a semente para o exterior).



Figura 1.8 - Frutos (drupas) de amendoeira. Reparar na abertura do mesocarpo ao longo da sutura carpelar.

1.5. Meristemas e gomos

Ao contrário do que acontece nos animais, no corpo das plantas o crescimento celular está concentrado em tecidos específicos conhecidos por meristemas. Os meristemas são aglomerados de células indiferenciadas com a capacidade de se dividirem indefinidamente. As plantas têm meristemas com diferentes funções em locais muito específicos. Os meristemas apicais estão situados na extremidade dos ramos ou das raízes, sendo responsáveis pelo seu alongamento. Na axila de cada folha

ocorrem um ou mais meristemas axilares; se ativados produzem flores ou ramificam os caules. A ramificação das raízes faz-se através de um mecanismo muito distinto dos caules que não será aqui discutido (ver Aguiar, 2017).

O câmbio vascular é uma fina e contínua camada de células meristemáticas localizada por debaixo da casca dos caules e raízes lenhosos. O câmbio produz tecido vascular e a ele se deve o engrossamento em diâmetro dos caules. Para uma enxertia ter sucesso é necessário um contato mais ou menos extenso dos câmbios do garfo, ou da borbulha, e do porta-enxerto. Para o conseguir, na enxertia de garfo, força-se o encosto das cascas do enxerto e do porta-enxerto num dos lados da fenda – “casca com casca” uma velha máxima do bom enxertador. A casca das árvores é renovada através de um outro meristema, a felogene, localizado no interior da casca, numa posição exterior ao câmbio vascular. Muito resumidamente, pode-se dizer que as plantas lenhosas se alongam pela extremidade e só em seguida se ramificam e aumentam de diâmetro.

Os meristemas estão inativos e escondidos nos gomos durante o período de repouso vegetativo que na amendoeira se prolonga, *grosso modo*, de novembro até ao final de janeiro-início de fevereiro. Os caules, folhas, flores e frutos são expostos ao exterior durante o período de crescimento que na amendoeira se estende desde o abrolhamento dos gomos (janeiro-fevereiro) até à queda da folha, em novembro (Capítulo II).

As células meristemáticas são demasiado frágeis para contactar diretamente com o exterior na planta. Os meristemas caulinares (do caule) estão, por isso, resguardados por várias camadas de folhas mais ou menos modificadas, que vão de simples esboços folheares (folhas muito simplificadas), a folhas de proteção especializadas, rijas e em forma de escama, conhecidas por catafilos. Este revestimento protetivo é muito flexível, tanto acomoda meristemas inativos como protege células meristemáticas em divisão celular que numa estação de crescimento produzem mais de um metro de caule com dezenas de folhas.

A estrutura constituída pelos esboços folheares, catafilos (nem sempre presentes), células caulinares recém-diferenciadas, mais o meristema que lhes deu origem apelida-se de gema. Uma gema pode encontrar-se ativa, a diferenciar caule e folhas, ou inativa (em repouso), permanecendo quiescente ou dormente (Capítulo II). Em língua portuguesa, tradicionalmente, reconhecem-se dois tipos de gemas inativas – os gomos e os olhos (Vasconcellos, 1969). Os gomos são gemas inativas externamente revestidas por catafilos; os olhos não têm catafilos. Neste texto utilizam-se apenas os termos gema e gomo, por vezes sem grandes precisões. Os gomos são classificados de acordos com os critérios explicitados na Caixa 2.

Caixa 2. Classificação dos gomos da amendoeira

Quanto à natureza

Folheares (= vegetativos) – Dão origem a caules (sem flores).

Florais (= botões) – Produzem flores.

Quanto à posição

Terminais (= apicais) – Localizados na extremidade dos eixos caulinares; abrigam, no seu interior, meristemas apicais.

Axilares (= laterais) – Formados na axila das folhas, portanto localizados abaixo de um gomo terminal; acolhem, no seu interior um ou mais meristemas axilares (= meristemas laterais).

Adventícios – Formados numa posição atípica, sem relação com a extremidade dos eixos caulinares ou a axila das folhas; contêm meristemas adventícios.

Quanto à evolução

Prontos – Evoluem na mesma estação de crescimento em que são formados.

Hibernantes – Abrolham no ano seguinte à sua formação.

Dormentes – Gomos axilares ou terminais, que permanecem num estado de vida latente durante dois ou mais anos, podendo nunca abrolhar.

Quanto à disposição

Colaterais - 2 ou mais gomos por nó, uns ao lado dos outros.

Quanto à natureza, as amendoeiras produzem dois tipos de gomos, foliares e florais. Os gomos foliares escondem no seu interior meristemas vegetativos. Depois de ativados, os meristemas vegetativos produzem caule e folhas. Os gomos florais da amendoeira são maiores, mais bojudos e arredondados do que os gomos folheares. Como se referiu, produzem uma ou duas flores e, ao contrário do acontece na macieira ou na pereira, desprovidas de uma envoltura de folhas na base. Na amendoeira, assim como no pessegueiro, os gomos florais abrolham um pouco antes dos gomos folheares.

O número de gomos por nó varia de ramo para ramo. Os ramos ladrões geralmente têm apenas um gomo por nó. Os gomos dos ramos ladrões abrolham mais tarde do que os gomos dos

restantes tipos de ramos. Nos ramos especializados na produção de fruto, referidos no próximo ponto, os nós têm um, dois, geralmente três, e mais raramente quatro gomos. São possíveis todas as combinações de gomos foliares e florais (Figura 1.9). Nos nós com três gomos, podem ocorrer desde três gomos foliares a três gomos florais. Geralmente, e à semelhança do seu parente próximo, o pessegueiro, nos nós com três gomos, dois são foliares e o central folhear.



Figura 1.9 - Pormenor de um ramo misto onde se identificam gomos axilares foliares (mais pontiagudos), dois nós com gomos colaterais (um floral e outro foliar) e um gomo floral com duas flores.

1.6. Órgãos e hábito de frutificação

Os ramos das árvores de fruto dividem-se em dois grandes grupos consoante estejam, ou não, especializados na produção de flores e frutos:

- ramos vegetativos (ou ramos de madeira);
- ramos férteis (ou órgãos de frutificação).

Os lançamentos das árvores juvenis em formação e os ladrões (ou chupões) são os ramos vegetativos mais conspícuos na amendoeira. A amendoeira produz três tipos de ramos férteis: esporões, verdascas e ramos mistos. Na bibliografia, e na prática frutícola, verifica-se a tendência de designar os esporões por ramalhetes de maio e as verdascas por chifonas. Manteremos esta última terminologia.

Na amendoeira, todos os ramos férteis terminam num gomo apical folhear, em posição apical, que os renova anualmente. Os ramalhetes de maio são ramos curtos, retos e rugosos, com um número variável de gomos florais axilares (Figura 1.10). Duram, em média, 2 a 7 anos (Lampinen *et al.*, 2011). Geralmente emitem as primeiras flores no segundo ou no terceiro ano após a sua formação, não produzindo flor todos os anos (Tombesi *et al.*, 2011). As chifonas são ramos geralmente laterais, de vida curta, débeis e de pequeno diâmetro, com 5-20/30 cm de comprimento (Figura 1.11). Se por qualquer razão o gomo folhear não abrolha, os ramalhetes de maio e as chifonas correm o risco de se extinguirem. No Capítulo II são discutidos alguns aspectos da ontologia (origem) e fisiologia dos gomos. Os ramos mistos têm mais de 30 cm; ao longo do seu comprimento encontram-se diferentes combinações de gomos florais e gomos folheares (Figura 1.12).



Figura 1.10 - Ramallete de maio de amendoeira



Figura 1.11 - Chifona de amendoeira



Figura 12 - Ramos misto de amendoeira

Foram definidos três hábitos de frutificação básicos na amendoeira (Gülcan, 1985): classe 1, maioria das flores em ramos de um ano (ramos mistos e chifonas); classe 2, maioria das flores em ramalhete de maio; classe 3, cultivares intermédias. Uma árvore que frutifique em ramalhetes de maio tem, na floração, os ramos vestidos de flores até ao interior da copa. As cultivares que investem em ramos mistos e chifonas florescem no exterior da copa. A poda destas últimas plantas é mais exigente.

Os ramalhetes de maio produzem a maior parte das flores nas amendoeiras adultas e bem conduzidas das cultivares mais relevantes. A idade e a poda têm um efeito muito marcado nos hábitos de frutificação. Com a idade as árvores têm tendência a frutificar cada vez mais em ramalhetes de maio. Podas intensas de frutificação, como as que ciclicamente se praticam no amendoal tradicional, forçam a emissão de ladrões a partir de complexos gomos dormentes e/ou adventícios. Os ladrões têm tendência a crescer eretos e a acumular-se no centro dos vasos, ensombrando os ramos férteis previamente existentes. Muitos dos ramalhetes de maio que escaparam à poda morrem pelo efeito da sombra ou convertem-se em chifonas adiando um ano a produção de flor. Na segunda estação de crescimento após a poda, consoante o vigor da planta, são emitidos a partir dos ramos ladrões, e em grande número, ramos mistos e/ou chifonas que florescem abundantemente no terceiro ano. Em contrapartida, a floração é deprimida nas duas estações de crescimento após a poda. No quarto ano a floração perde exuberância, razão pela qual em

algumas regiões do país se podava, violentamente, de 3 em 3 anos. Suspensa este sistema de poda, os ramalhetes de maio voltam a recuperar a importância perdida.

Aparentemente, muitas das cultivares tradicionais portuguesas produzem em ramos mistos ou chifonas. Em muitos casos, porém, a escassez de ramalhetes de maio talvez seja um artifício causado pelos sistemas de poda tradicionais, hoje em dia sem qualquer suporte técnico e científico. A alternância da produção do amendoal tradicional tem a mesma origem.

A carga de flores deprime menos a dimensão da semente na amendoeira, do que o fruto no pessegueiro e noutras espécies cultivadas pelos seus frutos carnudos. No amendoal valoriza-se a produção total e não a dimensão dos frutos, por isso, e embora a amendoeira seja geneticamente próxima e tenha órgãos de frutificação similares aos do pessegueiro, não pode ser podada com a mesma intensidade. Nos amendoais comerciais, ultrapassada a fase da formação, as plantas devem crescer livremente com pouca poda. Construído o esqueleto da árvore, a preocupação do agricultor deve centrar-se na gestão dos ramos erectos (incluindo ladrões), e dos ramos doentes e mal inseridos; a frutificação faz o resto. A emissão de ramos mistos em resposta ao estímulo da poda de modo algum compensa as perdas de produção resultantes da remoção de madeira velha adornada com ramalhetes de maio.

1.7. Referências Bibliográficas

Aguiar, C.. (2017). *Botânica para Ciências Agrárias e do Ambiente*. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.

Alonso, J.; Ansón, J.; Espiau, M. e Socias i Company, R.. (2005). Determination of endodormancy break in almond flower buds by a correlation model using the average temperature of different day intervals and its application to the estimation of chill and heat requirements and blooming date. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130, 308-318.

Barreira, J.; Oiveira, M. e Ferreira, I.. (2017). *Nuts as sources of nutrients*. In: Ferreira, I., Morales, P., Barros, L. (Eds.), *Wild Plants, Mushrooms and Nuts: Functional Food Properties and Applications*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd.

Blanca, G.e Díaz de la Guardia, C.. (1988). *Prunus L.* In: Muñoz Garmendia, M., Navarro, C. (Eds.). *Madrid, Flora iberica*.

Browicz, K. e Zohary, D.. (1996). The genus *Amygdalus L.* (Rosaceae): Species relationships, distribution and evolution under domestication. *Genet. Resour. Crop Evol.* 43, 229-247.

Chase, M.W.e Reveal, J.L.. (2009). A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Bot. J. Linn. Soc.* 161, 122-127.

Cornille, A.; Gladioux, P.; Smulders, M.; Roldán-Ruiz, I.; Laurens, F.; Le Cam, B.; Nersesyan, A.; Clavel, J.; Olonova, M.; Feugey, L.; Gabrielyan, I.; Zhang, X.-G.; Tenailon, M.e Giraud, T.. (2012). New insight into the history of domesticated apple: secondary contribution of the european wild apple to the genome of cultivated varieties. *PLoS Genet.* 8, e1002703.

Delplancke, M.; Alvarez, N.; Benoit, L.; Espíndola, A.; I Joly, H.; Neuenschwander, S. e Arrigo, N.. (2013). Evolutionary history of almond tree domestication in the Mediterranean basin. *Mol. Ecol.* 22, 1092-1104.

Delplancke, M.; Alvarez, N.; Espíndola, A.; Joly, H.; Benoit, L.; Brouck, E. e Arrigo, N.. (2012). Gene flow among wild and domesticated almond species: insights from chloroplast and nuclear markers. *Evolutionary Applications* 5, 317-329.

Denisov, V.. (1988). Almond genetic resources in the USSR and their uses in production and breeding. *Acta Horticulturae* 224, 229-236.

Distefano, G.; Caruso, M.; La Malfa, S.; Ferrante, T.; Del Signore, B.; Gentile, A. e Sottile, F.. (2013). Genetic diversity and relationships among Italian and foreign almond germplasm as revealed by microsatellite markers. *Scientia Horticulturae* 162, 305-312.

Eisenman, S.. (2015). Some nomenclatural adjustments and typifications for almond species in the genus *Prunus* sensu lato (Rosaceae). *Phytotaxa* 222, 185-198.

Gradziel, T.. (2009). *Almond (Prunus dulcis) breeding*. In: Jain, S., Priyadarshan, P. (Eds.), *Breeding plantation tree crops. Temperate species*. New York, Springer. Gradziel, T.. (2011). *Origin and dissemination of almond*. In: Janick, J. (Ed.), *Horticultural Reviews*. Hoboken, John Wiley & Sons, Inc..

Gradziel, T.. (2012). The utilization of wild relatives onf cultivated almond and peach in modifying architecture for crop improvement. *Acta Horticulturae* 948, 271-278.

Grassely, C., 2005. Amandier. In: Lespsinasse, J.-M., Leterne, É. (Eds.), *De la Taille à la Conduite des Arbres Frutiers*. Rouergue.

Gülcan, R.e.. (1985). *Almond descriptors* (revised) Roma, IBPGR.

Lampinen, B.; Tombesi, S.; Metcalf, S. e DeJong, T.. (2011). Spur behaviour in almond trees: relationships between previous year spur leaf area, fruit bearing and mortality. *Tree Physiol* 31, 700-706.

McNeill, J.; Barrie, F.; Buck, W.; Demoulin, V.; Greuter, W.; Hawksworth, D.; Herendeen, P.; Knapp, S.; Marhold, K.; Prado, J.;

Prud'homme van Reine, W.; Smith, G.; Wiersema, J. e Turland, N.. (2012). *International Code of Nomenclature for algae, fungi and plants (Melbourne Code)* adopted by the Eighteenth International Botanical Congress Melbourne. Australia, July 2011. Regnum Vegetabile, xix, 492 pages.

Shi, S.; Li, J.; Sun, J.; Yu, J. e Zhou, S.. (2013). Phylogeny and Classification of *Prunus sensu lato* (Rosaceae). *Journal of Integrative Plant Biology* 55, 1069-1079.

Socias i Company, R.. (2002). The relationship of *Prunus webbii* and almond revisited. *Nucis Newsletter* 11, 17-19.

Spiegel-Roy, P. e Kochba, J.. (1981). Inheritance of nut and kernel traits in almond (*Prunus amygdalus* Batsch). *Euphytica* 30, 167-174.

Thomé, O.W.. (1886). *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Verlag von Fr. Eugen Köhler, Gera-Untermhaus.

Tombesi, S.; Lampinen, B.; Metcalf, S.e DeJong, T.. (2011). Relationships between spur- and orchard-level fruit bearing in almond (*Prunus dulcis*). *Tree Physiol* 31, 1413-1421.

Vasconcellos, J.. (1969). *Noções sobre a Morfologia Externa das Plantas Superiores*. Ministério da Economia. Lisboa, Direcção Geral dos Serviços Agrícolas.

Willcox, G.; Fornite, S. e Herveux, L.. (2008). Early Holocene cultivation before domestication in northern Syria. *Veg. Hist. Archaeobot.* 17, 313-325.

Wood, M.. (1925). *Almond varieties in the United States*. USDA Bul. 1282.

Yada, S.; Lapsley, K. e Huang, G.. (2011). A review of composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients. *Journal of Food Composition and Analysis* 24, 469-480.

Zeinalabedini, M.; Grigorian, V.; Torchi, M.; Khayam-Nekoui, M.; Majourhat, K.; Dicenta, F. e Martínez-Gómez, P.. (2009). Study of

the origin of the cultivated almond using nuclear and chloroplast DNA markers. *Acta Horticulturae* 814, 695-700.

Zohary, D.; Hopf, M. e Weiss, E.. (2012). *Domestication of plants in the old world the origin and spread of domesticated plants in south-west Asia, Europe, and the Mediterranean basin*. Oxford, Oxford University Press.

Zohary, M. e Spiegel-Roy, P.. (1975). Beginnings of fruit growing in the old world. *Science* 187, 319-327.

Capítulo 2 - Fenologia, dormência e biologia da reprodução

Carlos Aguiar

2.1. Fenologia

2.1.1. Estádios fenológicos da amendoeira

Designa-se por fenologia a ciência que estuda fenômenos biológicos recorrentes (ex. abrolhamento dos gomos, floração, frutificação e quedas das folhas) e a sua variabilidade em função das condições ambientais. O chamado ciclo fenológico é entendido como uma sequência de estádios (= estados) fenológicos. Nas árvores de fruto de climas temperados como a amendoeira, o estudo do ciclo fenológico faz-se do início da atividade vegetativa (abrolhamento dos gomos) até à queda folha, ou numa parte do ciclo de vegetativo, por exemplo, do abrolhamento dos gomos até à colheita.

Na amendoeira, e em muitas outras árvores de fruto, os estádios fenológicos são seguidos nos gomos florais e, após o abrolhamento, nas flores. Felipe (1977) reconheceu 12 estados fenológicos na amendoeira, descritos no Quadro 2.1 e representados na Figura 2.1. Os estádios fenológicos têm uma

grande utilidade prática. Podem ser usados, por exemplo, para comparar as datas de floração entre cultivares, para avaliar a compatibilidade entre cultivares base e cultivares polinizadoras, para definir datas de aplicação de pesticidas (calendários de tratamento), ou em estudos de alterações climáticas.

Quadro 4.1 - Estádios fenológicos da amendoeira.

| Estádio fenológico (Felipe, 1977) | Correspondência na escala da BBCH (Meier, 2001) |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| A – gomos dormentes | 00 – dormência |
| B – gomos intumescidos | 01 – início do intumescimento dos gomos |
| C – cálices visíveis (ponta verde) | 55 – flores visíveis |
| D – corolas visíveis (ponta rosa) | 57 – sépalas abertas, pétalas visíveis |
| E – estames visíveis | Sem correspondência |
| F – flores abertas (floração ou ântese) | 65 – plena floração (pelo menos 50% das flores abertas) |
| G – queda das pétalas | 69 – fim da floração: todas as pétalas caíram |
| H – vingamento do fruto | 71 – queda dos frutos após floração (ovário em crescimento) |
| I – frutos jovens | 75 – frutos com 50% do tamanho final |
| J – fruto desenvolvido | 81 – frutos com o tamanho definitivo |
| K – rotura do mesocarpo | 87 – fruto deiscente |
| L – fruto maduro | 89 – fruto maduro |
| Sem correspondência | 97 – todas as folhas caíram |

Escalas fenológicas como a de Felipe (1977), e muitas outras, têm o inconveniente de se aplicarem a uma única espécie. A escala fenológica da BBCH – acrónimo de *Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry* (Meier, 2001) – é a

tentativa mais bem sucedida de normalização dos estádios fenológicos das plantas-com-flor. A BBCH serve-se de um sistema decimal de codificação dos estádios fenológicos principais, sendo estes numerados de 0 a 9:

- 0 – abrolhamento;
- 1 – desenvolvimento das folhas;
- 2 – formação de caules laterais;
- 3 – alongamento dos caules;
- 4 – desenvolvimento do corpo vegetativo de utilidade económica;
- 5 – emergência das inflorescências (no caule principal);
- 6 – floração;
- 7 – desenvolvimento do fruto;
- 8 – maturação do fruto e da semente;
- 9 – início da dormência.

Na aplicação da escala fenológica BBCH é importante ter em consideração o seguinte:

- O estágio fenológico pode ser estimado à escala da flor, de uma árvore, de uma parcela ou até de uma região; para

o agricultor interessa avaliar os estádios fenológicos ao nível da parcela e por cultivar;

- O estágio fenológico é avaliado nos indivíduos mais representativos da parcela cultivada;
- Um estágio fenológico só é codificado quando é atingido por mais de 50% das plantas presentes na parcela cultivada;
- Um código mais avançado geralmente significa que a planta se encontra num estágio fenológico mais tardio;
- Pode ser anotada a ocorrência simultânea de dois estádios fenológicos (ex. 16/22);
- A duração de um estágio fenológico pode ser calculada a partir das datas de dois estádios fenológicos consecutivos;
- O número “0” codifica o abrolhamento nas plantas lenhosas;
- Nas plantas lenhosas o código “99” corresponde à entrada em endodormência;

Os estádios fenológicos principais são por sua vez subdividido em estádios fenológicos secundários, novamente numerados de 0 a 9. Os estádios secundários codificam categorias ou percentagens de desenvolvimento de um dado estágio fenológico principal.

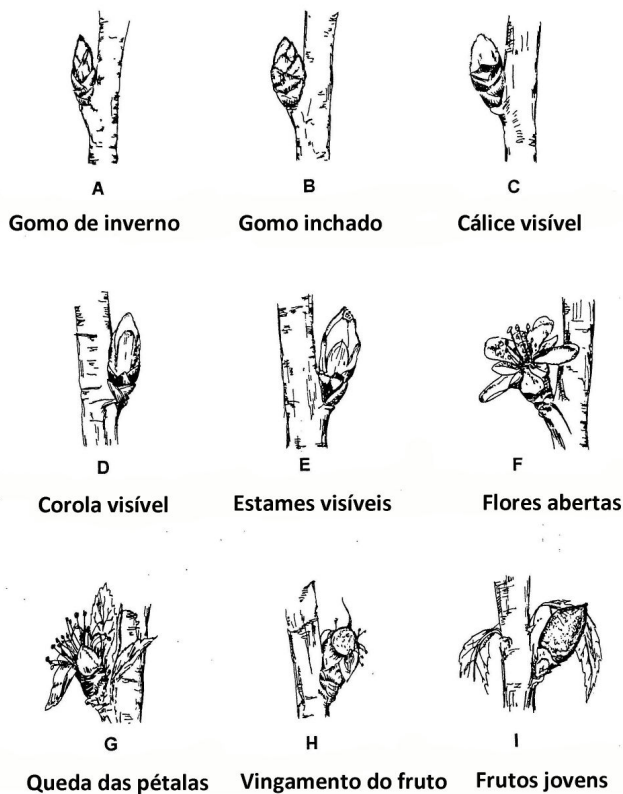


Figura 2.1 - Estádios fenológicos da amendoeira (Felipe, 1977)

Por exemplo, os estádios 60, 61 e 65 correspondem à abertura das primeiras, de 10% e de 50% das flores, respetivamente. No Quadro 2.2 é proposta uma correspondência entre as escalas da BBCH e de Felipe.

2.1.2. Ciclo fenológico da amendoeira

Ensaia-se em seguida uma breve descrição do ciclo fenológico da amendoeira que deverá ser acompanhada com a observação da Figura 2.1 e da leitura dos Quadros 2.1 e 2.2. O ponto 4. *Biologia da reprodução* é oferecida informação complementar sobre o tema.

O intumescimento dos gomos florais (estádio B) marca o início do período de atividade vegetativa da amendoeira. Os gomos incham, os catafilos (folhas em forma de escama que protegem os gomos no inverno) separam-se e acabam por se destacar com a emergência das flores. Os vários órgãos da flor brotam dos gomos florais numa sequência constante que se repete ano após ano. Primeiro aparece o cálice (estádio C, Figura 2.2), depois a corola (estádio D) e em seguida os estames (estádio E). Como se referiu no Cap. I, cada gomo floral dá, geralmente, origem a uma flor, não acompanhada por folhas. Na floração, a flor abre-se ao exterior: dá-se a deflexão das sépalas e das pétalas, e os órgãos sexuais são expostos aos agentes polinizadores.

A floração (= ântese) é um momento chave do ciclo fenológico da amendoeira (4.3.1. *Floração*). A plena floração (estádio F) é atingida quando 50% das flores abrem ao exterior. Pode ser útil determinar a data da ântese de 5%, 50% e 90% das flores. Embora, o estágio F seja atingido num dia preciso do ano, ao nível do amendoal pode haver flores abertas durante 2-3 semanas. O

escalonamento da floração é ainda mais longo se na parcela coexistirem variedades temporãs e tardias. Um fenómeno similar acontece com os restantes estádios fenológicos embora raramente com a mesma intensidade. Voltaremos a estes temas mais adiante.

Finda a floração, o estilete e os estames murcham e secam, e as pétalas destacam-se da flor e tombam no solo (estádio G). Em condições ótimas, menos de uma semana separa a plena floração (estádios F) e a queda das pétalas (estádio G). É do interesse da planta descartar-se rapidamente das pétalas, logo a seguir à polinização, porque os polinizadores deixam de ser necessários e há o risco de atrair a atenção de insetos herbívoros.

Os restantes estádios fenológicos (H a L) são observados no fruto. Designa-se por vingamento (estádio H) o período inicial da diferenciação dos frutos evidenciado por um intumescimento visível do ovário. Ao aumentar de volume, o ovário provoca a rotura do cálice, que acaba por cair. O vingamento do fruto depende do sucesso dos processos da polinização e da fecundação e, claro, das condições climáticas.

No estágio J, o fruto atinge o tamanho definitivo e dá-se a lenhificação do endocarpo (formação do caroço). A maturação, a fase final de desenvolvimento do fruto, principia com a desidratação do mesocarpo.



Figura 2.2 - Esporões e chifona de amendoeira com os gomas florais no estágio de cálices visíveis (ponta verde) (estádio C, ver Quadro 2.1). Reparar que os gomas foliares (apenas um na extremidade dos quatro ramos férteis visíveis na foto) estão a iniciar o abrolhamento.

No estágio, estágio K, a semente atinge a maturidade fisiológica e o mesocarpo rompe-se expondo o caroço. Na maturação (estádio L), o mesocarpo e o pedúnculo (pé que segura o fruto) secam, há uma separação completa do mesocarpo do endocarpo e o fruto desprende-se com facilidade da árvore. À semelhança da floração, a maturação dos frutos não é simultânea; daí falar-se de períodos de floração e frutificação.



Figura 2.3 - Estádio J, fruto desenvolvido em amendoeira (ver Quadro 2.1).

2.2. Dormência dos gomos

Na amendoeira, e nas demais plantas perenes de climas com uma estação fria, o funcionamento dos meristemas é interrompido no inverno para evitar danos irreparáveis nas células meristemáticas e nos tecidos jovens. A dormência assegura a sincronização do período de crescimento com o período mais quente do ano. A dormência dos gomos é um fenômeno complexo, com uma regulação hormonal, que envolve três etapas distintas e sequenciais: a paradormência, a endodormência e a ecodormência (Caixa 2.1). Um gomo dormente nunca está completamente inativo: consome oxigênio e energia, liberta dióxido de carbono e pode diferenciar flores e/ou folhas.

Caixa 2.1. Tipos de dormência dos gomos (Lang et al., 1987)

Paradormência (= ectodormência)

Estádio inicial da dormência induzido por fatores fisiológicos externos à estrutura dormente (ex. inibidores hormonais produzidos nas folhas ou nos gomos apicais). Geralmente pode ser ultrapassada através da eliminação de folhas, gomos ou da exposição a condições ambientais extremas (ex. falta e água no solo). A amendoeira entra em paradormência no final do verão-início do outono.

Endodormência (= dormência inata)

Suspensão do crescimento por fatores fisiológicos internos à estrutura dormente (ex. reprogramação da expressão gênica e de vias metabólicas). A endodormência sucede a paradormência. Ao contrário da paradormência, a quebra da endodormência não pode ser induzida pela exposição a temperaturas elevadas ou comprimentos do dia adequados, ou através de poda ou desfoliações. Nas plantas de folha caduca tem início durante queda da folha o que, na amendoeira, coincide com o final do mês de outubro, inícios de novembro.

Ecodormência

Suspensão do crescimento por condições ambientais desfavoráveis, geralmente por temperaturas demasiado baixas. As plantas lenhosas extratropicais entram em ecodormência após a quebra da endodormência, em algum momento durante o Inverno. Na amendoeira, a endodormência é quebrada no início de dezembro, em datas variáveis consoante a variedade e o decorrer do ano climático.

A paradormência coincide com a primeira fase de desenvolvimento dos gomos florais (após a diferenciação floral). A bibliografia não é concludente a este respeito. Seca intensa ou a remoção das folhas podem estimular o abrolhamento de alguns gomos florais paradormentes no ano da sua formação; estas flores nunca chegam a converter-se em fruto.

A queda outonal da folha marca o início da endodormência. Nas espécies do género *Prunus*, a endodormência é despoletada pela redução do comprimento dia, tendo neste processo a descida da temperatura um importante papel, variável entre espécies e cultivares (Heide, 2008). De qualquer modo a endodormência é induzida mesmo que as condições ambientais sejam adequadas ao crescimento vegetal. Depois da entrada em endodormência, a descida da temperatura durante o outono impulsiona um aumento da tolerância ao frio que atinge um máximo no inverno. A endodormência, geralmente é mais intensa nos gomos foliares do que nos gomos florais. A iniciação das flores na amendoeira, e nas restantes árvores de fruto temperadas da família das rosáceas, ocorre, em pleno verão, no ano anterior à sua abertura ao exterior. A diferenciação das flores no interior dos gomos florais é suspensa durante a endodormência. Na amendoeira, a transição da endodormência para a ecodormência ocorre, como se explicita mais adiante, no início de dezembro.

No Quadro 2.2. ensaia-se uma correspondência entre os estádios fenológicos e a fisiologia dos gomos na amendoeira.

Quadro 2.2 - Ciclo fenológico e evolução dos gomos na amendoeira (referências bibliográficas diversas e observações próprias).

| Mês do ano | Ciclo fenológico (Felipe, 1977) | Evolução dos gomos |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Janeiro | Estádios A a D (E a F) Início do abrolhamento dos gomos florais; início da floração nas cultivares mais precoces plantadas nas regiões mais quentes. | Acumulação de horas de calor; abrolhamento dos gomos florais hibernantes diferenciados no ano anterior. |
| Fevereiro | Estádios B a G (H) Abrolhamento dos gomos florais e foliares; floração, polinização, fecundação e início da formação do fruto; arranque do crescimento vegetativo. | Acumulação de horas de calor; abrolhamento dos gomos hibernantes diferenciados no ano anterior. |
| Março | Estádios (C) D a H Floração e arranque do crescimento vegetativo nas cultivares mais tardias; formação do fruto; continuação do crescimento vegetativo. | Formação de gomos hibernantes na axila das folhas nos ramos do ano. |
| Abril | Estádios (F-G) H a I Formação do fruto; endurecimento do caroço (endocarpo); continuação do crescimento vegetativo. | |
| Maio | Estádio I Formação do fruto; eventual interrupção do crescimento vegetativo. | Diferenciação dos gomos apicais; maturação dos gomos apicais e axilares com a formação de catáfilos. |
| Junho | Estádio J Formação do fruto; interrupção do crescimento vegetativo. | |
| Julho | Estádio J e K Rutura do mesocarpo. | |
| Agosto | Estádio K e L Rutura e queda do mesocarpo; colheita das cultivares de maturação precoce. | Continuação da maturação dos gomos; diferenciação floral; entrada em paradormência dos gomos florais. |
| Setembro | Estádio L Colheita; retoma eventual do crescimento vegetativo. | |
| Outubro | (Estádio L) Colheita nas cultivares mais tardias; preparação para a entrada repouso invernal. | Diferenciação floral; eventual início da acumulação de horas de frio. |
| Novembro | Queda da folha; repouso invernal. | Acumulação de horas de frio. |
| Dezembro | Repouso invernal. | Acumulação de horas de frio; quebra da endodormência dos gomos florais. |

Nota: as datas são meramente indicativas variando com a cultivar, a região e de ano para ano; entre parênteses referem-se estádios fenológicos menos comum para o mês.

Na quebra endodormência, além de um relógio interno das próprias plantas – a dormência esbate-se com o tempo –, participam diversos sinais ambientais, sendo de longe o mais importante a exposição a temperaturas baixas. A integração do aumento do comprimento do dia aumenta a precisão modelos de previsão das datas de abrolhamento (Blümel & Chmielewski, 2012). O desenvolvimento dos gomos durante a ecodormência passa a depender da acumulação de calor. Os dois processos estão interligados; se a exposição dos gomos ao frio for insuficiente são necessárias mais horas de calor para iniciar o abrolhamento dos gomos (Couvillon & Erez, 1985).

A quebra da dormência das fruteiras temperadas ou mediterrânicas, onde se inclui a amendoeira, tem então duas etapas. Primeiro precisam de acumular um número mínimo de horas de frio, variável entre espécies e cultivares, para quebrar a endodormência. Em seguida, já com os dias a crescer, precisam de acumular calor para que o abrolhamento aconteça.

O estudo da fisiologia da dormência dos gomos é particularmente difícil. Embora falível, um dos métodos para determinar a data transição da endodormência para a ecodormência consiste em colocar ramos destacados num ambiente protegido com temperaturas moderadas, repetindo o processo à medida que a estação de repouso vegetativo se vai desenrolando. Os gomos em ecodormência abrolham, e emitem flores e lançamentos nestas condições; os gomos em endodormência, não.

Com recurso a uma metodologia muito mais eficaz e complexa do que esta, Alonso et al. (2005) e Alonso *et al.* (2010) determinaram as necessidades em frio e calor, e as datas da quebra da endodormência e o final da ecodormência num elevado número de cultivares das mais diversas proveniências (Quadro 2.2). Este trabalho foi realizado na Coleção Nacional de Germoplasma de Amendoeira, na província de Aragão, em Espanha. Resumem-se em seguida algumas das conclusões destes autores, complementadas com outras referências e observações próprias. Embora o termoclima da área de estudo seja similar ao verificado em algumas áreas da Terra Quente transmontana, na falta de estudos comparativos em território nacional, os resultados de Alonso et al. (2005) devem ser considerados com alguma precaução.

Infelizmente, a transição da endo para a ecodormência não tem uma expressão fenológica ou anatómica. O momento preciso da quebra da endodormência de uma cultivar é determinada com ferramentas estatísticas de alguma complexidade, a partir de dados climáticos e da data do final da ecodormência. Na amendoeira, o final da ecodormência foi relacionado como a ântese (abertura) de 50% das flores (estádio fenológico F, Quadro 2.1).

A eficiência do frio na quebra da endodormência é variável (Quadro 2.3). Na amendoeira, e em outras árvores de fruto, o frio atua mais intensamente na endodormência no intervalo 2,5-9,1°C.

De acordo com o chamado modelo de Utah (Richardson *et al.*, 1974), uma hora experimentada pelas árvores a esta temperatura vale 1 Unidade de Frio (UF). Temperaturas muito baixas ou altas não têm qualquer efeito (UF=0); se muito altas (> 16°C) intensificam a endodormência (as UF têm valores negativos). Entre o ótimo e os extremos de temperatura, as UF têm valores intermédios, entre 0 e 1. Feitas as contas, sem entrar em pormenores metodológicos, as necessidades em frio das cultivares de amendoeira estudas por Alonso *et al.* (2005) variaram entre cerca de 350 e 500 UF.

Quadro 2.3 - Quadro de conversão de temperaturas horárias em UF de acordo com o modelo de Richardson *et al.* (1974) (modelo de Utah)

| Temperaturas (°C) | UF |
|-------------------|------|
| <1,4 | 0 |
| 1,5 - 2,4 | 0,5 |
| 2,5 - 9,1 | 1 |
| 9,2 - 12,4 | 0,5 |
| 12,5 - 15,9 | 0 |
| 16 - 18 | -0,5 |
| >18 | -1 |

Refira-se que as estações de avisos geralmente contabilizam o frio numa base horária – em horas de frio (HF) – de acordo com o modelo de Weinberger (1950). Entende-se por hora de frio um período de uma hora com uma temperatura média no intervalo 0–7,2 °C, em datas posteriores a 1 de Novembro. Contabilizadas deste modo, as variedades de amendoeira têm necessidades entre 200-550 horas de frio. A pereira, por exemplo, precisa entre

500 e 1500 horas de frio. Este modelo é substancialmente mais grosseiro do que o modelo de Utah.

Os modelos fenológicos geralmente relacionam o desenvolvimento após a quebra da endodormência com a acumulação de temperatura acima de um determinado patamar crítico. Esta acumulação de temperatura é frequentemente expressa em “graus hora de crescimento” (GHC). Alonso et al. (2005) usaram para a amendoeira o modelo de Richardson *et al.* (1975), correspondendo 1 GHC a uma hora com temperatura superior a 4,5°C, a partir da data da quebra da endodormência.

Quadro 2.4 - Necessidades em calor e frio de algumas cultivares de grande interesse comercial determinadas por Alonso et al. (2005) e Alonso *et al.* (2010), em Aragão, Espanha

| Cultivar | Origem | UF (unidades de frio) | Data média de quebra da endodormência | GHC (graus hora de crescimento) | Data média da plena floração |
|--------------------|---------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 'Desmayo Largueta' | Espanha | 428 | 2 Dezembro | 5458 | 11 Fevereiro |
| 'Marcona' | Espanha | 428 | 2 Dezembro | 6603 | 20 Fevereiro |
| 'Picantilli' | Itália | 428 | 2 Dezembro | 7386 | 26 Fevereiro |
| 'Nonpareil' | EUA | 403 | 30 Novembro | 7758 | 27 Fevereiro |
| 'Belona' | Espanha | 340 | 1 Dezembro | 7741 | 2 Março |
| 'Soleta' | Espanha | 353 | 30 Novembro | 7872 | 2 Março |
| 'Texas' | EUA | 463 | 4 Dezembro | 7697 | 2 Março |
| 'Ferragnès' | França | 444 | 3 Dezembro | 8051 | 4 Março |
| 'Guara' | Espanha | 463 | 4 Dezembro | 7978 | 4 Março |
| 'Tuono' | Itália | 463 | 4 Dezembro | 7978 | 4 Março |
| 'Lauranne' | França | 428 | 2 Dezembro | 8457 | 7 Março |

As GHC, e outras unidades de medida de calor similares, são também usadas para antecipar os estados fenológicos e as datas de colheita em muitas espécies de fruteiras.

A amendoeira é primeira árvore de fruto domesticada a quebrar a dormência dos gomos, uma característica fácil de transmitir nos programas de melhoramento utilizando plantas de floração tardia como um dos progenitores (Sánchez-Pérez *et al.*, 2012). Floresce cedo por que precisa de pouco frio para quebrar a endodormência, à semelhança de outras duas plantas lenhosas de ótimo mediterrânico, a oliveira e a figueira.

O número de horas de frio requeridas pela amendoeira, variam de cultivar para cultivar. As cultivares provenientes de regiões frias tendem a ser mais exigentes em frio. As cultivares de floração mais tardia precisam, geralmente, de mais horas de frio para quebrar a endodormência dos gomos. A maior parte das cultivares entram em ecodormência no início do mês de dezembro, em datas variáveis de ano para ano. Se os meses que sucedem a quedas folhas (novembro e dezembro) são frios, as plantas acumulam mais rapidamente UF e o abrolhamento é antecipado.

A falta de frio não é um problema tão sério na amendoeira como é noutras fruteiras, em particular no atual contexto de alterações climáticas. Ainda assim, nas áreas de clima mais oceânico no Alentejo foi identificado um problema de falta de frio nos anos de invernos particularmente amenos. Nas fruteiras mais exigentes em

frio, como acontece com algumas cultivares de macieira, a falta de UF's traduz-se na morte de gomos, florações irregulares entre árvores e até entre ramos da mesma árvore, e em perdas acentuadas na qualidade e na produção de frutos e sementes. A falta de frio na amendoeira pode provocar abrolhamento irregular, atraso da floração, redução do abrolhamento de gomos foliares laterais, redução da produção em ramalhetes de maio, incremento do crescimento vegetativo em detrimento da produção de flores, plantas menos ramificadas e mais altas, e produções insuficientes.

Nas regiões de clima mais continental (de invernos frios e verões quentes) como a Terra Quente transmontana, a datas de floração estão em grande medida dependentes da acumulação de calor durante a ecodormência. Nas regiões de clima mais benigno, como sucede no sul do país, pelo contrário, a acumulação de frio exerce um grande controlo nas datas de floração. Recorda-se que temperaturas elevadas aprofundam a ecodormência e alargam o período necessário para acumular frio (Couvillon & Erez, 1985).

As necessidades em calor para o abrolhamento também variam de cultivar para cultivar. De acordo com o Quadro 2.4, as necessidades em calor (GHC) variam mais de cultivar para cultivar do que as necessidades e frio (UF). Nos anos com os meses de dezembro, janeiro e fevereiro frios, o abrolhamento é atrasado porque a acumulação de GHC é mais lenta. Pelo contrário, como é do conhecimento geral, temperaturas inverniais elevadas antecipam a floração da amendoeira.

A amendoeira além ser a primeira fruteira a florir é também a espécie que demonstra maior variação das datas de floração entre cultivares. As datas de floração da amendoeira variam de ano para ano para ano, mas a sequência do abrolhamento das diferentes cultivares mantêm-se geralmente constante (Felipe, 1977). Quer isto dizer que a eficiência das combinações de cultivares produtivas e polinizadoras é razoavelmente independente das condições ambientais. De qualquer modo, cultivares com distintas necessidades de frio e calor e que, por regra, coincidem na floração, podem exibir flores em diferentes datas num ano de meteorologia fora do comum.

A data da floração das cultivares de amendoeira está relacionada com a probabilidade de geadas tardias da sua região de proveniência. Por exemplo, uma das cultivares espanholas mais precoces, a 'Marcona', provém de regiões de invernos muito moderados do País Valenciano. O inverso ocorre nas cultivares de regiões frias, mas nem sempre.

Ao contrário do que acontece em outras árvores de fruto (ex. macieira), na amendoeira a maior ou menor precocidade da floração não está correlacionada com as datas da maturação do fruto. Portanto, a este respeito, são possíveis quatro grandes tipos cultivares, com todo o tipo de condições intermédias: de floração e maturação precoces, de floração precoce e maturação tardia, de floração tardia e maturação precoce, e de floração e maturação tardias.

Há três conclusões importante a tirar a respeito da seleção das cultivares em função das características climáticas (ver Quadro 2.4):

- Nas regiões com poucas horas de frio inverniais devem ser selecionadas cultivares que necessitam de poucas UF para quebrar a endodormência;
- Cultivares muito exigentes em frio e em calor têm um comportamento muito estável; são as mais adequadas para regiões com invernos frios e elevados riscos de geadas tardias;
- As cultivares com grandes necessidades de calor são mais flexíveis do que as cultivares pouco exigentes em calor.

Num cenário de aquecimento global, com primaveras antecipadas, a amendoeira florirá cada vez mais cedo aumentando os riscos do efeito das geadas tardias. Portanto, é expectável que as cultivares que combinem poucas necessidades em frio com elevadas necessidades em calor ganhem importância. Curiosamente, noutras espécies e latitudes o efeito do aquecimento global poderá ser inverso: as florações serão cada vez mais tardias porque haverá um atraso na satisfação das necessidades em frio (Luedeling *et al.*, 2013).

2.3. Crescimento vegetativo

Os meristemas estão inativos durante o período de repouso vegetativo que *grosso modo* na amendoeira se prolonga de Novembro até ao final de Janeiro-início de Fevereiro. As raízes arrancam mais cedo e adormecem mais tarde do que a parte aérea: têm um repouso invernal mais curto. A meio do inverno, embora os gomos ainda estejam imobilizados em ecodormência, o sistema radicular está ativo a bombear a água e nutrientes do solo em direção à parte aérea das árvores.

A quebra da dormência dos gomos são processos envolvidos no ciclo anual de aclimação das plantas perenes ao correr das estações. A dormência dos gomos evita, como se referiu anteriormente, a exposição dos meristemas ao frio em primaveras antecipadas. Ainda assim são comuns acidentes durante o abrolhamento porque o clima é naturalmente instável neste período do ano.

À semelhança dos gomos florais, o abrolhamento dos gomos foliares depende da interação entre as necessidades em frio para romper a endodormência e das necessidades em calor para vegetar (quebrar a ecodormência). Algumas cultivares vegetam com temperaturas de 8-10°C, outras precisam de temperaturas mais elevadas.

Na amendoeira, no damasqueiro e no pessegueiro, o abrolhamento dos gomos florais precede o abrolhamento dos

gomos foliares. No caso da amendoeira, o abrolhamento dos gomos foliares coincide, frequentemente, com a ponta verde (estádio C). A plena floração (estádio F) desenrola-se antes da expansão das primeiras folhas. A atividade dos meristemas axilares e apicais contidos nos gomos foliares geralmente não é sincrónica com os restantes meristemas da planta. O câmbio arranca um pouco mais cedo por essa razão se conseguem fazer enxertias de borbulha de gomo pronto.

Os gomos foliares incham, o alongamento do caule afasta as folhas de proteção (catafilos) e o meristema, sempre encapsulado por folhas imaturas, emerge do interior do gomo. Os catafilos destacam-se do caule e tombam no solo, deixando cada um deles uma cicatriz. As cicatrizes dos catafilos agrupam-se num anel (anel cicatricial), mais ou menos marcado, por vezes ligeiramente deprimido, muito útil para monitorizar o crescimento dos ramos do ano. Estes anéis permitem identificar a idade dos ramos não podados – o número de anéis cicatriciais coincide com número de anos – e determinar a idade das plantas jovens.

A amendoeira em sequeiro ou em condições de rega deficientes, interrompe o crescimento vegetativo quando a água falta no solo. A interrupção do crescimento é, como noutras árvores de fruta, incentivada pelos calores estivais porque quanto mais quente o tempo maiores as perdas de água por evapotranspiração. Chuvadas intensas ou rega copiosas, inclusivamente no período

de maior calor, reativam o alongamento dos caules no prazo de 2 semanas.

Na amendoeira são comuns 2-3 períodos de atividade dos meristemas apicais caulinares numa única estação de crescimento, sobretudo quando enxertadas em porta-enxertos vigorosos (ex. GF-677). A porção de um eixo que se alongou ininterruptamente designa-se por unidade de extensão. Antes de suspender o crescimento, os meristemas apicais produzem vários entrenós curtos que podem utilizados para identificar e contar as unidades de extensão. O crescimento rítmico faz parte síndrome adaptativo da amendoeira à secura edáfica referido no Capítulo 1.

O atempamento dos ramos – mudança de cor verde e/ou avermelhada para castanha – indicia o funcionamento da feloderme, um outro meristema próprio dos caules e das raízes com crescimento secundário. Os caules atempados são mais rijos, perdem menos água e estão melhor preparados para resistir aos frios inverniais. Plantas com um ano, mal atempadas, como tantas vezes de vê nos pomares novos de amendoeira, devem ser plantadas no final do inverno para evitar os estragos das geadas. Estes estragos frequentemente implicam a perda de um ano na formação do esqueleto da árvore.

2.4. Biologia da reprodução

A reprodução da amendoeira faz-se de duas formas: sexuadamente, por semente, e assexuadamente, por enxertia ou micropropagação. Nos sistemas tradicionais a amendoeira era frequentemente propagada por semente (Capítulo I). Neste ponto são aprofundados alguns temas em torno da reprodução sexual.

A reprodução sexual envolve várias etapas. Primeiro os meristemas, e depois as flores, cumprem, de forma sequencial, um conjunto de fases, parcialmente sobrepostas, que em conjunto constituem o ciclo reprodutivo. As principais etapas são as seguintes: i) iniciação floral (inc. indução floral), ii) diferenciação floral, iii) ântese (floração), iv) polinização, v) senescência da flor, vi) germinação do tubo polínico, vii) fecundação, viii) formação do fruto e da semente, e ix) maturação e senescência do fruto. Cada uma destas etapas é detalhada nos pontos que seguem, mas antes é necessária uma referência ao fenómeno da juvenilidade.

2.4.1. Juvenilidade

A convergência de condições ambientais adequadas nem sempre se traduz na produção de flores. Por exemplo, a oliveira propagada por semente demora mais de 12-15 anos a florir (Bellini, 1993). Antes de se reproduzirem sexuadamente as plantas precisam de adquirir a capacidade de responder positivamente aos estímulos ambientais que induzem a iniciação de flores. As plantas

competentes para produzir flores dizem-se adultas; as plantas incapazes de o fazer, juvenis.

Em função da capacidade de produzir flores, o ciclo de vida das plantas – desde a fecundação até à morte – divide-se em duas fases, a fase vegetativa e a fase reprodutiva (ou generativa). O período juvenil das amendoeiras e de outras fruteiras propagadas por semente é relativamente elevado, facto que dificulta os trabalhos de melhoramento. A enxertia antecipa assinalavelmente a floração. Muitas amendoeiras enxertadas produzem flores logo no segundo ou terceiro anos após a plantação.

2.4.2. Iniciação e diferenciação floral

O potencial produtivo da amendoeira, e das restantes árvores de fruto temperadas, depende, em última instância, da conversão dos gomos foliares em gomos florais no ano anterior ao abrolhamento. Quanto mais gomos florais tiver uma amendoeira, mais consistente a produção entre anos (estabilidade produtiva), porque havendo mais flores, mais flores podem sobreviver às geadas ou a qualquer outro tipo de acidente (Kodad & Socias i Company, 2005). Este importante momento da biologia da amendoeira está dependente da genética (cultivar), das condições ambientais (sobretudo da temperatura e exposição à luz), do estado nutritivo da árvore, da estrutura da árvore e de eventuais infeções com vírus.

Para diferenciar flores, antes de mais, é preciso que os gomos estejam suficientemente desenvolvidos para poderem transitarem de uma condição vegetativa (produzir caules e folhas) para uma condição reprodutiva (produzir flores). A capacidade de produzir flores – a iniciação floral¹ – é adquirida pela exposição a um conjunto complexo de sinais endógenos (ex. ativação endógena dos genes envolvidos na iniciação floral) e exógenos (ex. exposição dos gomos à luz). A partir do momento em que as estruturas reprodutivas (sépalas, pétalas, etc.) são morfologicamente visíveis através do estudo microscópico de cortes de gomos microscópica fala-se em diferenciação floral.

A evidência de flores a nível meristemático assinala, então, o início a diferenciação floral. A diferenciação dos gomos da amendoeira é muito tardia, tem início em julho/agosto, enquanto a maioria das fruteiras temperadas começa a diferenciar flores em maio. O início da diferenciação de flores ocorre um pouco antes, durante ou um pouco depois da deiscência do mesocarpo (Lamp *et al.*, 2001). Há uma coincidência entre a formação do fruto e a diferenciação dos gomos florais que serão a origem das flores no ano seguinte. A

¹Para simplificar a leitura do texto, à semelhança de muitos outros autores, não se diferenciou a indução da iniciação floral. Porém, estão em causa dois conceitos distintos. A indução precede a iniciação floral. Com a indução floral dá-se a ativação dos genes necessários para a formação das flores, e o meristema torna-se competente para produzir flores sem necessitar de estímulos adicionais. A indução floral é um fenómeno fisiológico reversível, hormonalmente regulado, sem uma tradução morfológica a nível meristemático. No passo seguinte da diferenciação dos gomos florais, durante a chamada iniciação floral, verifica-se uma conversão histológica, agora irreversível, dos meristemas vegetativos em meristemas reprodutivos.

diferenciação prolonga-se pelo outono e inverno, com a formação das várias estruturas da flor (Gradziel, 2009).

A produtividade das amendoeiras depende, em primeiro lugar, da cultivar, da disponibilidade de abelhas (nas cultivares auto-incompatíveis) e das condições ambientais na altura da floração. Anos há em que os frios tardios, além de afetarem o voo das abelhas, matam os gomos e as flores nas primeiras etapas do ciclo fenológico. Diversas doenças infecciosas de diferente etiologia afetam a produção de flores e de frutos na amendoeira (Martelli & Savino, 1997). De qualquer modo, as condições ambientais vividas pela árvore e os cuidados culturais realizados na altura da diferenciação floral, e depois, têm um razoável impacto da produtividade das árvores.

A amendoeira raramente tem falta de horas de frio. Noutras espécies, como se referiu anteriormente, a falta de frio compromete a quantidade e qualidade da floração e da frutificação. Qualquer tipo de *stress* ambiental durante a iniciação e a diferenciação é potencialmente prejudicial. Acentuados deficits de água no solo depois da colheita afetam a diferenciação de flores e a produção no ano seguinte (Goldhamer & Viveros, 2000). O efeito da escassez de água na produtividade dos amendoais comerciais é por demais conhecida. Adubações azotadas excessivas também podem prejudicar a diferenciação floral (Salazar & Melgarejo, 2002). A nutrição mineral deficiente tem o mesmo efeito porque afeta a fotossíntese e a acumulação de

reservas a utilizar na estação de crescimento seguinte. Na Califórnia está de referenciado o efeito depressivo dos calores excessivos no verão na produção de flores, sobretudo se sucedidos de invernos muito suaves. O calor excessivo geralmente está associado à falta de água.

O estado nutricional das árvores e o vigor das árvores também influenciam a diferenciação de flores. A floração, o vingamento e as primeiras etapas do crescimento vegetativo são feitas à custa das reservas acumuladas no anterior. As reservas acumuladas dependem, entre outros fatores, da superfície foliar, da eficiência das folhas e da duração destas na árvore.

Os ramalhetes de maio (= esporões) são o órgão de frutificação mais importante da amendoeira (Capítulo I). A diferenciação das flores depende, em muito, da fisiologia destes órgãos de frutificação. Há dois importantes critérios a tomar em consideração no estudo da fisiologia dos ramalhetes de maio: a sua longevidade e o número de gomos florais por ramalhete. Quanto mais folhas tem um ramalhete de maio, maior a probabilidade de florir, e mais flores e frutos terá no ano seguinte (Lampinen *et al.*, 2011). A exposição à luz diminui a mortalidade dos esporões (Heerema *et al.*, 2008). À semelhança de muitas outras plantas cultivadas (ex. videira e macieira), a exposição dos ramos à luz aumenta a diferenciação de gomos de flor na amendoeira. A relação entre a duração e o número de gomos florais dos ramalhetes com a exposição à luz explica por que razão a iluminação das camadas

interiores da copa é um importante critério na poda desta espécie (Bernad & Socias i Company, 1998). O número de flores e frutos retidos no ano anterior influencia negativamente a diferenciação de flores e probabilidade de sobrevivência do esporão no ano seguinte (Lampinen *et al.*, 2011).

2.4.3. Alternância

A eventual alternância da produção das flores ao nível do ramallete de maio não pode ser generalizada ao nível da árvore porque os ramalhetes de maio comportam-se como unidades de frutificação semi-independentes. A amendoeira é uma fruteira moderadamente a não alternante, dependendo das regiões e das cultivares (Tombesi *et al.*, 2011). As cultivares Ferraduel e Marcona têm tendência para a alternância, o mesmo não acontece com a ‘Demayo Largueta’, ‘Guara’ ou a ‘Ferragnès’. Este risco é maior em sequeiro e em árvores de cultivares produtivas não sujeitas a poda de frutificação. O sistema de poda tem um grande efeito na alternância. Podas severas cíclicas acentuam a alternância; sistemas pouco intensivos têm um efeito contrário.

Nas fruteiras temperadas, a alternância de anos de safra e contrassafra nas cultivares com tendência para a alternância, foi no passado relacionada com a captura de fotoassimilados e de substância de reservas pelos frutos. Esta hipótese é fácil de explicar. A diferenciação floral e a formação dos frutos são

temporalmente coincidentes; quanto maior a produção de uma árvore menor a diferenciação de flores para o ano seguinte, porque os gomos não tiveram à sua disposição energia e nutrientes suficientes para se converterem em gomos florais. Sucede o mesmo à escala do ramalhete de maio.

O investigador britânico L. C. Luckwill e agrónomo português, J. Matos Silva, propuseram que o ciclo de safra e contrassafra em macieira tem uma regulação hormonal, onde preponderam as giberelinas, um grupo de hormonas vegetal vegetais (Luckwill & Silva, 1979). Esta hipótese, foi entretanto, generalizada a outros frutos temperados. De forma muito simplificada, o mecanismo é o que se segue. Os frutos jovens segregam grandes quantidades de giberelinas; concentrações elevadas de giberelinas no ano de safra reduzem a diferenciação de flores para o ano seguinte, sucedendo-se, então um ano de fraca produção; no ano de contrassafra sucede o inverso. Estão disponíveis várias técnicas para mitigar a alternância nas árvores de fruto (inc. oliveira) (Rodrigues *et al.*, 2012), entre as quais a poda é a mais valorizada, embora, raramente, sejam aplicadas à amendoeira.

2.4.4. Floração e polinização

2.4.4.1. Floração

Na fase de botão floral, as flores por abrir involucradas pelo cálice (botões florais) são visíveis a olho nú. A ântese (= floração), *i.e.*, a abertura da flor ao exterior através da deflexão de sépalas e pétalas, corresponde à fase final de diferenciação da flor. Durante a ântese verifica-se a deiscência das anteras (libertação do pólen) e, eventualmente, a polinização, a germinação dos grãos de pólen, o desenvolvimento do tubo polínico, a fecundação e o início da formação do fruto e da semente. A deiscência das anteras pode anteceder, ser simultânea, ou suceder a polinização; a ordem das restantes etapas da ântese é constante. Todas as estas etapas têm significado agronómico porque podem condicionar a produção de frutos e sementes.

A amendoeira é a árvore de fruto da família das rosáceas com maior variação da data de floração entre cultivares. As cultivares mais precoces podem florir (estádio F) até dois meses antes das modernas cultivares muito tardias. Nos catálogos de viveiro, as cultivares são repartidas por 4 ou 5 tipos consoante a precocidade da floração. Por exemplo, a ‘Desmayo Largueta’ é semi-precocidade, a ‘Nonpareil’, a ‘Desmayo Rojo’ e a ‘Marcona’ são semi-tardias, a ‘Cristomorto’, a ‘Ferragnès’, a ‘Ferraduel’, a ‘Vairo’, a ‘Guara’, a

'Tuono', 'Soleta', 'Belona' e a 'Texas' são classificadas como tardias, e a 'Lauranne' e a 'Tarraco' são muito tardias.

As cultivares tradicionais tendem a ser precoces, como forma de escaparem aos efeitos da falta de água no solo durante a primeira parte do ciclo fenológico em condições de sequeiro. Em contrapartida, a floração precoce expõe-nas aos efeitos das geadas e das imponderabilidades do clima no período de inverno.

A duração da floração varia consoante as cultivares e de ano para ano. Mede-se entre a abertura de 5% e de 95% das flores (Gülcan, 1985). A duração deste período depende da temperatura do ar durante a floração (Bernad & Socias i Company, 1995), quanto mais frio o tempo mais longa a floração. Geralmente estende-se por 1 a 3 semanas.

A variação das datas de floração entre anos é muito muito grande na amendoeira. Para as mesmas árvores, a variação interanual da data da plena floração pode atingir 2-3 semanas. Variações tão acentuadas como estas estão, geralmente, relacionadas com flutuações interanuais da temperatura do ar entre dezembro e fevereiro. De qualquer modo, como se referiu anteriormente, a sequência da entrada em floração das cultivares permanece mais ou menos inalterada (Felipe, 1977). A duração do período de floração e a variação interanual das datas de floração são independentes da precocidade da floração (Kodad, 2006).

Finda a ântese dá-se a **senescência da flor**; o perianto e os estames escurecem e perdem turgidez e morrem; geralmente ambas as estruturas acabam por tombar no solo. Em corte longitudinal, o ovário é verde nas flores fecundadas; nas flores abortadas, os tecidos correspondentes ao ovário apresentam-se necrosados (pretos). As flores abortadas permanecem nas árvores durante algumas semanas antes de serem rejeitadas e caírem no solo.

2.4.4.2. Dificuldades da polinização da amendoeira

No amendoal tradicional da Terra-Quente Transmontana e do Algarve coexistiam diferentes cultivares regionais enxertadas em pé franco de pessegueiro ou amendoeira, com plantas regeneradas por semente em hortas ou pomares, ou escapadas de cultura em muros, escarpas ou afloramentos rochosos. O potencial produtivo das árvores era reduzido. Por outro lado, embora se praticasse uma apicultura extensiva eram frequentes colmeias manejadas em cortiços, ou alojadas em refúgios naturais (buracos de árvores) ou edificações humanas (muros e paredes). Algumas doenças e pragas que hoje ameaçam a colmeia como a varroose ou a nosebose (*Nosema ceranae*) eram desconhecidas. Sob estas condições agronómicas, a polinização não era um fator limitante relevante da produção de amêndoa.

A intensificação do amendoal foi acompanhada de uma redução acentuada da variação genética das plantações. Um amendoal com uma única cultivar propagada por enxertia é constituído por indivíduos geneticamente iguais, ou quase. Paralelamente, a paisagem rural simplificou-se. Muitos técnicos e produtores não estavam ao corrente de que as cultivares tradicionais de amendoeira, e a maioria das modernas cultivares comerciais, são auto-incompatíveis, isto é, que as suas flores não podem ser fecundadas com o próprio pólen (ou a autopolinização é insuficiente para obter produções económicas), e que a polinização destas plantas é realizada pela abelha. A produção de fruto numa plantação extensa de amendoeiras auto-incompatíveis, ou com um reduzido número de árvores polinizadoras compatíveis, está sujeita aos mesmos riscos da amendoeira isolada num jardim ou numa horta: produz flores mas não tem à sua disponibilização pólen compatível suficiente para frutificar adequadamente. Consequentemente, sucederam-se os relatos de grandes plantações com problemas de improdutividade.

Ao contrário de outras fruteiras lenhosas, na amendoeira quanto mais flores polinizadas melhor, porque o calibre da amêndoa é pouco influenciado pelo número de flores que evoluem para fruto, e a rendibilidade depende, em grande medida, da produção por unidade de área (produtividade). Enquanto no pessegueiro, um seu parente próximo, a carga de flores tem que ser reduzida

artificialmente para aumentar o valor de mercado dos frutos, a monda de flores não faz sentido na amendoeira.

A investigação agronómica realizada nas últimas décadas, sobretudo na Califórnia e em Espanha, produziu resultados valiosíssimos de grande utilidade prática para o produtor. Entre outros achados científicos provou-se que a amendoeira é polinizada por insetos e que as cultivares tradicionais são salvo raras exceções, auto-incompatíveis.

O pólen da amendoeira não é transportado pelo vento entre flores porque tem um elevado peso específico (é muito denso). Dias de vento durante a floração não trazem qualquer benefício para a amendoeira. Nas cultivares auto-incompatíveis a formação da semente depende do transporte de pólen entre indivíduos compatíveis por insetos vetores. A abelha (*Apis mellifera*) é o principal polinizador da amendoeira, seguem-se os abelhões (género *Bombus*) e várias espécies de abelhas solitárias. A polinização das cultivares autocompatíveis depende de uma curta viagem do pólen entre a antera e o estigma no interior da mesma flor.

Foram identificados três caminhos para melhorar a polinização ao nível do pomar:

- consociações de variedades auto-incompatíveis;
- aumento da atividade das abelhas.

- desenvolvimento e introdução de variáveis autocompatíveis;

Antes de aprofundar um pouco cada um destes temas é importante aprender ou recordar os conceitos explanados na Caixa 2.2.

Caixa 2.2. Bases biológicas da polinização, fecundação e produção do fruto

A biologia da reprodução sexuada das plantas com flor é extraordinariamente complexa, muito mais do que a dos animais. Como todos os seres sexuados, as plantas produzem gâmetas. Nos animais os gâmetas masculino e feminino tomam, respetivamente, o nome de espermatozoide e de óvulo. Nas plantas temos os gâmetas masculinos (não têm uma designação particular) e a oosfera (gâmeta feminino). Cada grão de pólen contém no seu interior dois gâmetas masculinos. A oosfera está escondida nos primórdios seminais; estes, por sua vez, são protegidos no interior do pistilo (Capítulo 1.).

O pólen é produzido nas anteras. Quando a flor abre ao exterior – na ântese (= floração) – as anteras rompem-se e libertam o pólen para o exterior. A polinização consiste no transporte do pólen entre uma antera e o estigma de um pistilo. A polinização deficiente é a maior causa de insucesso reprodutivo nas plantas-com-flor.

Ocorre autopolinização quando um indivíduo é fecundado pelo seu próprio pólen. Na polinização-cruzada (= alogamia) uma flor é fecundada pelo pólen proveniente de outro indivíduo. Nas plantas propagadas vegetativamente, como é o caso das fruteiras propagadas por estaca ou por enxertia, a polinização cruzada refere-se à transferência de pólen entre flores de diferentes cultivares. Em muitas espécies a polinização-cruzada é obrigatória, isto é, as flores só produzem fruto e semente se forem polinizadas com o pólen proveniente de outros indivíduos geneticamente distintos. Esta transferência de pólen é feita por vetores. Os vetores mais frequentes nas plantas-com-flor são o vento (espécies anemófilas) ou os insetos (espécies entomófilas). Depois de capturado pelo estigma, o pólen germina e emite um tubo que invade o estilete. O tubo polínico é alimentado pelos tecidos do estilete e alonga-se ao encontro do primórdio seminal. Depois de penetrar o primórdio seminal, rompe-se e liberta os dois gâmetas masculinos. Um dos gâmetas fecunda a oosfera. O segundo gâmeta fecunda uma célula especial, chamada célula central. A oosfera fecundada divide-se aceleradamente e dá origem ao embrião. A célula central fecundada produz um tecido de reserva designado por endosperma, ausente na semente da amendoeira mas abundante, por exemplo, no coqueiro. A semente é, então, um primórdio seminal fecundado maduro. Em muitas plantas, de que a amendoeira é exemplo, ao amadurecer a semente entra em dormência. Para germinar precisa de ser vernalizada, isto é, de ser exposta ao frio durante um período prolongado de tempo. O fruto, pelo contrário, resulta do desenvolvimento das paredes do ovário. O desenvolvimento do fruto e da semente é simultâneo. Em algumas espécies o fruto consome-se o fruto (ex. cerejeira, pessegueiro ou macieira), noutras é a semente que tem valor comercial (ex. amendoeira, aveleira, pistácio e noqueira).

2.4.4.3. A atividade das abelhas

A amendoeira floresce no final do Inverno – do final de janeiro a março, consoante as cultivares e as regiões – com dias pequenos

e em plena estação das chuvas. Consequentemente, a probabilidade da chuva, do frio e de outros fatores ambientais prejudicarem a polinização da amendoeira, sobretudo nas cultivares alogâmicas de floração precoce, é muito elevada.

A amendoeira é a primeira árvore de fruto a florir em Portugal. Consequentemente, as abelhas têm menos horas de luz para polinizar a amendoeira do que as restantes espécies frutícolas lenhosas. Por exemplo, à latitude de Lisboa, as abelhas têm mais 1h52m para polinizar uma pereira 'Rocha' no dia 1 de Abril, do que uma amendoeira no dia 15 de Fevereiro. A abelha não voa com chuva. Foi provado que a produção da amendoeira na Califórnia está inversamente relacionada com a quantidade de chuva no mês de Fevereiro (Alston *et al.*, 1995). A precocidade da ântese da amendoeira e a consequente sensibilidade da polinização desta espécie à chuva é uma das razões porque é cultivada em territórios mediterrânicos de baixa precipitação.

A abelha enfrenta muitas outras dificuldades durante a floração da amendoeira. No início da época da floração, a atividade da abelha é máxima com temperaturas superiores a 18-21°C; a eficiência da polinização decresce acentuadamente abaixo dos 13°C e deixam de voar com temperaturas do ar inferiores a 9°C (Burrill & Dietz, 1981; Sagili & Burgett, 2011). Os abelhões (*Bombus*) voam com temperaturas um pouco mais baixas, sendo bem-vinda a sua presença no amendoal. Durante a floração da amendoeira são frequentes temperaturas baixas que retêm as abelhas nas

colmeias ou restringem a visitação das flores às horas mais quentes do dia. Quanto mais vigorosa uma colmeia, mais baixa a temperatura a que se iniciam os voos das obreiras. O trabalho das abelhas é ainda prejudicado pelo tempo encoberto e humidades relativas muito elevadas. O vento tende a diminuir a velocidade dos voos e o número de voos por dia. A abelha não voa com ventos superiores a 24 km/h (Sagili & Burgett, 2011).

O néctar e o pólen da amendoeira acumulam amigdalina (Cap. I). O impacto da amigdalina na saúde e atividade das abelhas é pouco conhecido. Existem evidências de que pode ser tóxica para as abelhas se ingerida em grande quantidade. O risco de toxicidade aumenta nos grandes pomares mono-específicos (Kevan & Ebert, 2005).

Durante a floração da amendoeira ocorrem, frequentemente, pequenas janelas de tempo favoráveis à polinização. Só uma grande massa de abelhas pode levar a cabo a polinização num curto período de tempo disponível. A abundância de abelhas reduz o impacto de condições meteorológicas adversas. Teoricamente quanto mais abelhas a visitar um amendoal, melhor. No amendoal tradicional não é prática corrente a introdução de colmeias durante a floração. As recomendações técnicas atingem as 5-6 colmeias/ha no amendoal intensivo (Sagili & Burgett, 2011). Estão citados custos de 10/15 euros por colmeia com um retorno mínimo de 1000 euros/colmeia no amendoal intensivo espanhol (Egea Caballero, 2010).

Colmeias muito distantes comprometem a polinização porque, mesmo sendo abundante o alimento, o investimento em energia na deslocação pode não ser compensador para o insecto. A distância percorrida pelas abelhas depende de múltiplos fatores, entre os quais a genética da abelha, a disponibilidade de alimento e o vigor da colmeia. O vigor das colmeias além de condicionar a temperatura a que se inicia a colheita de pólen e néctar, está relacionada com a distância atingida pelas obreiras no trabalho fora da colmeia. Num estudo efetuado em Inglaterra, a distância média percorrida pelas obreiras coletoras num período de escassez atingiu os 1430m nas pequenas colónias, e os 2850m nas colónias maiores (Beekman *et al.*, 2004). Em resumo, quanto melhor o manejo das colmeias, melhor a polinização.

Pese embora as enormes dificuldades, a amendoeira tem algumas peculiaridades vantajosas frente a outras plantas fruteiras no momento da polinização. Cada flor contém apenas dois primórdios seminais, portanto a amendoeira precisa de menos pólen do que as pomoideas, e ainda menos do que frutos com muitas sementes como o kiwi. O pólen é a principal fonte de proteína das abelhas. As colmeias necessitam de grandes quantidades de pólen no final do inverno porque as rainhas iniciam a postura antes das obreiras começarem a sair em busca de alimento. A amendoeira tem a vantagem de produzir flores muito atrativas para as abelhas e de oferecer alimento num momento de grande privação para as colmeias. Por outro lado, as abelhas têm tendência para retornar

à mesma espécie durante a colheita de pólen e néctar (Waser, 1986), favorecendo deste modo a amendoeira em detrimento das poucas plantas que com ela competem pelos polinizadores no final do inverno, início da primavera.

Têm sido testados vários métodos para substituir ou potenciar a polinização por abelhas. Foram realizados ensaios de polinização mecânica na amendoeira com aplicação de suspensões de pólen com atomizadores ou por avião, um pouco como hoje se faz com o kiwi. A técnica é cara e os resultados mostram que a polinização mecânica complementa, mas de modo algum pode substituir a abelha (Fichtner & Wilson, 2015). A inserção de pólen de amendoeira diretamente nas colmeias também não é solução (Dag *et al.*, 1998).

2.4.4.4. Sistemas de auto-incompatibilidade. Consociações de variedades auto-incompatíveis

A autopolinização (transferência de pólen entre as flores do mesmo indivíduo) é uma forma eficiente de escapar às contingências da polinização cruzada (transferência de pólen entre as flores de indivíduos de distintas cultivares). A produção de fruto e semente de uma planta estritamente alogâmica (dependente de polinização cruzada) fica comprometida se os polinizadores, por qualquer razão, não estiverem disponíveis na altura da floração. No entanto, o cruzamento entre indivíduos

aparentados, quer nos animais, quer nas plantas, têm custos reprodutivos muito elevados. Os descendentes destes cruzamentos são, frequentemente, mais débeis e produzem menos semente do que os descendentes de cruzamentos entre indivíduos não aparentados. Os especialistas em genética – os geneticistas – designam este fenómeno por depressão endogâmica. Gerações sucessivas de cruzamentos autogâmicos podem conduzir uma linhagem à extinção. As plantas desenvolveram vários mecanismos para promover a polinização cruzada e, dessa forma, escapar aos efeitos da depressão endogâmica; os sistemas de auto-incompatibilidade são um deles.

Nas plantas com sistemas de auto-incompatibilidade os pistilos são capazes de distinguir o seu próprio pólen e o pólen de indivíduos aparentados, do pólen de indivíduos não aparentados. A maioria das cultivares tradicionais e comerciais de amendoeira são auto-incompatíveis. A produção de fruto e semente de um pomar de cultivares auto-incompatíveis depende das trocas de pólen, via abelha, entre cultivares compatíveis, com datas de floração coincidentes.

Na amendoeira, a auto-incompatibilidade exprime-se através da redução da retenção de pólen pelo estigma, da redução e do atraso na germinação do pólen e em poucos grãos de pólen a progredirem pelo estilete (Pimienta & Polito, 1983). Consequentemente, a produção de semente é nula ou escassa, e de qualidade inferior. Foram descritos vários sistemas de auto-

incompatibilidade nas plantas-com-flor. A amendoeira exibe um sistema de auto-incompatibilidade gametofítico (Caixa 2.3).

Nos amendoais comerciais baseados em cultivares auto-incompatíveis é indispensável o uso de variedades polinizadoras. Nestes pomares, o sucesso da polinização é condicionado por vários fatores, entre os quais se destacam:

- a compatibilidade entre cultivares;
- a coincidência temporal da floração;
- a proporção entre polinizadores e produtoras;
- a disposição espacial das árvores polinizadoras;
- o número e vigor das colmeias;
- as condições ambientais durante o período de polinização.

Os dois últimos fatores foram discutidos no ponto anterior.

As plantações atuais de cultivares auto-incompatíveis combinam, obrigatoriamente, pelo menos duas cultivares, uma mais com a função de polinizadora (cultivar polinizadora) e uma outra (cultivar principal ou base) dedicada à produção de fruto. Embora a sequência anual da ântese das cultivares seja mais ou menos constante, quando as datas da ântese são apenas parcialmente coincidentes as condições meteorológicas podem condicionar a polinização. Num ano a sobreposição pode ser completa, noutra

não. Acidentes do género têm sido relatados, por exemplo, entre duas importantes cultivares espanholas, que se polinizam mutuamente, a 'Marcona' e a 'Desmayo largueta'.

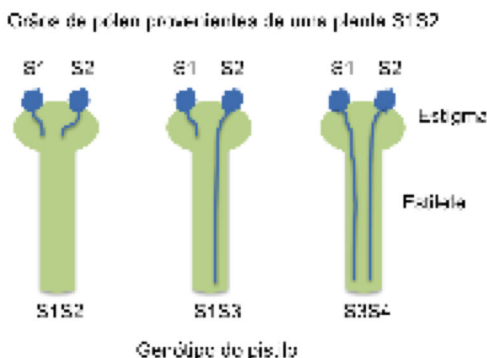
Satisfeitos os critérios de compatibilidade e coincidência temporal da floração, opta-se pela cultivar polinizadora mais produtiva. Se a cultivar polinizadora é muito menos produtiva do que a cultivar base convém descer a proporção entre as duas sem comprometer a eficiência da polinização. A proporção cultivar(es) polinizadora(s)/cultivar principal depende da eficiência do vetor de polinização da amendoeira, a abelha. Quanto maior o número de abelhas e a sua atividade (vigor da colmeia) menos árvores polinizadoras são necessárias por unidade de área.

Foi demonstrado em amendoal que, durante uma viagem de colheita de néctar e pólen, a abelha tem tendência a fixar-se na mesma árvore ou entre árvores pertencentes à mesma cultivar (Jackson, 1996). Por outras palavras, as trocas de pólen mediadas pelas abelhas ocorrem, maioritariamente, entre flores da mesma árvore ou de árvores adjacentes pertencentes à mesma cultivar. Por esta razão, nos pomares de cultivares auto-incompatíveis, a parte das copas expostas às plantas polinizadoras geralmente produz mais fruto. A polinização cruzada entre cultivares de amendoeira é accidental, e tem de ser forçada. Para otimizar a produção de pomares intensivos é necessário que as cultivares base e polinizadora distem de poucos metros.

Caixa 2.3. Sistemas de incompatibilidade gametofítico

Os genes são regiões do DNA – a molécula da vida – que codificam uma determinada função, por exemplo, a cor das pétalas ou a resistência a um parasita. Os genes retêm a sua identidade quando passam de geração para geração, não se dissolvem uns nos outros. Cada gene pode estar representado por uma ou mais formas alternativas numa população; cada uma das versões do mesmo gene é designada por alelo. Normalmente, cada indivíduo têm duas cópias do mesmo gene, uma de origem maternal e outra paternal. As células do grão de pólen, assim como os gâmetas masculino e feminino têm apenas uma cópia de cada gene. Estas cópias são idênticas nos indivíduos homocigóticos (em relação a esse gene), por outras palavras, os indivíduos homocigóticos transportam apenas um alelo. Os indivíduos heterocigóticos possuem dois alelos distintos. As amendoeiras são heterocigóticas em relação a muitos genes. Por essa razão os indivíduos multiplicadas por semente são, geralmente, muito distintos dos indivíduos parentais.

O controlo da auto-incompatibilidade faz-se através dos chamados genes *S*, representados nas populações de amendoeiras com vários alelos (S_1 , S_2 , etc.). Nos sistema de auto-incompatibilidade gametofítica apenas um dos alelos da planta polinizadora é expresso no pólen. Para a produção de sementes ser satisfatória é preciso que o alelo presente no grão de pólen esteja ausente da planta no pistilo que o acolhe (ver figura).



Representação esquemática do sistema de auto-incompatibilidade gametofítica. Legenda: pistilo representado a verde, e grãos de pólen a azul.

A proporção de árvores polinizadoras e a proximidade destas à cultivar base é bem maior no amendoal do que nas árvores auto-incompatíveis polinizadas pelo vento, como a noqueira. Todo o

cuidado é pouco quer na proporção quer na disposição espacial das cultivares produtoras e polinizadoras ao nível do pomar.

Por fim uma referência ao cuidado que é preciso ter com a aplicação de pesticidas durante a floração da amendoeira. As abelhas são sensíveis a muitas das substâncias ativas utilizadas no final inverno em tratamentos herbicidas ou em caldas fungicidas ou insecticidas aplicadas antes do abrolhamento em fruticultura. Em algumas regiões de amendoal persiste o triste hábito de queimar com herbicida as margens de caminhos na altura em que a amendoeira está em flor. Nos amendoais de cultivares auto-incompatíveis o maneio da árvore e da abelha são indissociáveis. É essencial proteger a abelha.

2.4.4.5. Uso de cultivares autocompatíveis

A autocompatibilidade na amendoeira foi descoberta na década de 1940 pelo agrónomo português, C.R. Marques de Almeida (Almeida, 1945). Nos últimos anos foram colocadas no mercado numerosas cultivares autocompatíveis, entre quais sobressaem as obtenções espanholas, ‘Guara’, ‘Soleta’, ‘Belona’, ‘Mardía’ e ‘Tuono’, e a francesa ‘Lauranne’. Estão em curso programas de melhoramento em busca de novas variedades autocompatíveis.

As cultivares com indivíduos autocompatíveis podem ser polinizadas com sucesso com o pólen de outras cultivares, de outras plantas da mesma cultivar, de outras flores da mesma

árvore ou com pólen proveniente da mesma flor. Não sendo necessárias plantas polinizadoras, os amendoais podem ser constituídos por uma única cultivar. As preocupações com a sobreposição da ântese de polinizadoras e de cultivares base desaparece, e os frutos amadurecem e são colhidos ao mesmo tempo.

Há evidências de que a polinização cruzada com pólen proveniente de cultivares polinizadoras incrementa a polinização e a produção das cultivares autocompatíveis. De facto algumas variedades autocompatíveis mostram alguma irregularidade produtiva. Um dos casos mais conhecidos ocorre com a ‘Lauranne’ (Torre Grossa *et al.*, 1994). Condições ambientais desfavoráveis ao voo das abelhas – ex. tempo ventoso, encoberto e frio – ou a simples ausência de polinizadoras têm um efeito desastroso na polinização das cultivares auto-incompatíveis, e um efeito exíguo a insignificativo nas cultivares autocompatíveis. Em resumo, a presença de abelhas polinizadoras é vantajosa, mas não indispensável, pelo menos em algumas cultivares autocompatíveis.

2.4.5. Germinação do tubo polínico e fecundação

O estigma é um órgão especializado na captura e seleção do pólen. Logo após a abertura das flores, os estigmas estão sujeitos a uma intensa e permanente chuva de pólenes estranhos. As

plantas-com-flor desenvolveram mecanismos eficazes, ainda não completamente esclarecidos, que apenas autorizam a germinação de pólen da mesma espécie. Desde que os estigmas estejam recetivos, o pólen seja viável e o dador e o recetor de pólen compatíveis, menos de uma hora após a captura pelo estigma, o grão de pólen hidrata-se e germina. Com a germinação do grão pólen forma-se o chamado tubo polínico que transporta no seu interior os gâmetas masculinos (Caixa 2.2). O tubo polínico desce então pelo estilete ao encontro dos primórdios seminiais. A formação do tubo polínico é uma prova da compatibilidade do grão de pólen em amendoeira. Geralmente, a germinação do pólen e o alongamento do tubo são máximos nas flores mais velhas, imediatamente antes ou no momento da queda da pétala, antes do estigma enegrecer.

O frio deprime, em simultâneo, a atividade dos insetos, a libertação do pólen (sobretudo se acompanhado de humidades relativas elevadas) e o desenvolvimento do tubo polínico. As temperaturas elevadas na floração aceleram o crescimento do tubo polínico mas agravam os sintomas de incompatibilidade.

A amendoeira floresce abundantemente, razão pela qual são tão valorizadas as paisagens com pomares de amendoeira. Uma árvore adulta produz mais de 50.000 flores, um número que excede largamente a capacidade da planta as converter em fruto. Geralmente, produzem fruto 25-35% das flores. Nos anos de grande produção ocorre uma queda fisiológica dos frutos

nascentes mais ou menos intensa em maio/junho. Enquanto a floração está sujeita às contingências do tempo chuvoso e frio, a queda dos frutos jovens pode resultar de calor excessivo ou da falta de água no solo.

2.4.6. Vingamento, desenvolvimento do fruto e maturação

Concluída a fecundação, o primórdio seminal sofre um conjunto de modificações que desembocam na formação da semente madura. A formação do fruto e da semente principia com um aumento de volume do ovário e das sementes que marca o estágio fenológico H (vingamento). As fruteiras lenhosas temperadas vão perdendo progressivamente resistência ao frio a partir do abrolhamento. A resistência só é recuperada próximo do final do ciclo vegetativo. As amendoeiras são particularmente sensíveis à geada da plena floração (estádio F) ao vingamento (estádio H). O frio excessivo provoca a necrose dos tecidos da flor, em particular do pistilo. Sabe-se que as cultivares de amendoeira não são sensíveis por igual à geada.

A título de referência, considera-se que o vingamento foi adequado quando pelo menos 25% das flores evoluem para fruto (Kester & Griggs, 1959). Para baixo e para cima desse valor, o vingamento é, respetivamente, inadequado e bom. Para além da genética de cada cultivar, o vingamento na amendoeira está muito dependente da ocorrência de geadas. Portanto, quanto mais tardia a floração

de uma cultivar, maior a probabilidade de escapar a geadas devastadoras entre a floração e o vingamento. Para haver um bom vingamento e uma boa colheita é fundamental uma polinização e fecundação adequada das primeiras flores a abrir (Bernad & Socias i Company, 1995). A produção anual é mais condicionada pelas condições ambientais no início do que no final da floração.

Quanto maior a densidade de flores de uma variedade – medida, por exemplo, pelo número de flores por unidade de comprimento de ramo – menos relevante é o vingamento, e o efeito das geadas, para obter boas produções. Por outras palavras, para assegurar produções regulares em regiões com propensão para a geada é importante optar por cultivares que se “desfaçam em flores”. A ‘Marcona’ e a ‘Guara’, e as recentes ‘Soleta’ e ‘Belona’, são cultivares reconhecidas pela elevada densidade de flores e de frutos maduros (Socias i Company & Felipe, 2008). O investimento em flores reduz o crescimento vegetativo que, por sua vez, facilita a condução e a poda das árvores, e a sua adaptação a sistemas de condução mais intensivos.

Na maturação do fruto e da semente, o fruto para de crescer e adquire o fenótipo (cor, forma, composição, etc.) que lhe é característico. Nesta fase a semente perde água, adquire resistência à secura e entra em dormência. A maturação em agosto é considerada precoce, em setembro média, e lá para os fins de setembro, início de outubro, tardia. A data de floração não está correlacionada com a data de maturação, portanto são

possíveis todas as combinações entre a precocidade da floração e a precocidade da maturação.

As datas de maturação dependem menos das condições climáticas do que a floração. Por conseguinte, para a mesma variedade, a data da maturação é menos variável do que a data de floração. De qualquer modo, os verões muito secos e quentes tendem a atrasar a maturação (e a prejudicar a qualidade da amêndoa) (Filipe 2000). A cultivar é o principal fator a controlar as datas de maturação. À semelhança da floração, a ordem cronológica da maturação entre cultivares mantém-se estável de ano para ano. Uma cultivar de maturação tardia, por exemplo, é sempre tardia, independentemente do ano (Kester & Asay, 1975 cit. Kodad, 2006).

A maturação precoce é vantajosa porque reduz a competição entre o crescimento do fruto e a diferenciação floral (Kodad, 2006). As cultivares de maturação precoce, em princípio, tendem a produzir mais flor e fruto. Por outro lado, diminui a sensibilidade da produção ao efeito negativo na qualidade da produção dos verões quentes e secos. Quando mais cedo é colheita, melhores são as condições climáticas em que esta se realiza. Refira-se ainda, que maturações pouco dispersas no tempo dão origem produções mais homogêneas, de melhor qualidade.

2.5. Referências bibliográficas

Almeida, C. (1945). Acerca da improdutividade na amendoeira. *An. Inst. Sup. Agron.* 15, 1-186.

Alonso, J.; Espiau, M. e Socias i Company, R. (2010). Increase in the chill and heat requirements for blooming of the new almond cultivars. *Options mediterraneennes. Serie A.* 94, 65-69.

Alston, J.; Carman, H.; Christian, J.; Doreman, J.; Murua, J. e Sexton, R. (1995). *Optimal reserve and export policies for the California almond industry: theory, econometrics and simulation.* Califórnia, University of California.

Beekman, M.; Sumpter, D.; Seraphides, N.; Ratnieks, F. (2004). Comparing foraging behaviour of small and large honey-bee colonies by decoding waggle dances made by foragers. *Funct. Ecol.* 18, 829-835.

Bellini, E. (1993). Behaviour of some genetic characters in olive seedlings obtained by cross-breeding. *Acta Hort.* 317, 197-208.

Bernad, D. e Socias i Company, R. (1995). Characterization of some self compatible almonds. II. Flower phenology and morphology. *HortScience* 30, 321-324.

Bernad, D. e Socias i Company, R. (1998). Bud density and shoot morphology of some self-compatible almond selections. *Acta Hort.* 470, 273-279.

Blümel, K. e Chmielewski, F.-M. (2012). Shortcomings of classical phenological forcing models and a way to overcome them. *Agricultural and Forest Meteorology* 164, 10-19.

Burrill, R. e Dietz, A. (1981). The response of honey bees to variations in solar radiation and temperature. *Apidologie* 12, 319-328.

Couvillon, G. e Erez, A. (1985). Effect of level and duration of high temperatures on rest in the peach. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110, 579-581.

Dag, A.; Weinbaum, S.; Thorp, R. e Eisikowitch, D. (1998). Pollen dispensers (inserts) increase fruit set and yield in almonds under some commercial conditions. *J. Apic. Res.* 39, 117-123.

Egea Caballero, J. (2010). *La polinización en el almendro*. Jornadas Técnicas de Frutos Secos, Murcia.

Felipe, A. (1977). Almendro. Estado fenológicos. *Información Técnica Económica Agraria* 27, 8-9.

Fichtner, E. e Wilson, K. (2015). Can mechanically-applied pollen either supplement bees, or ensure an almond crop in the event of bee inefficacy or unavailability? *In a Nutshell* 6, 1-5.

Goldhamer, D. e Viveros, M. (2000). Effects of preharvest irrigation cutoff durations and postharvest water deprivation on almond tree performance. *Irrigation Sci* 19, 125-131.

Gradziel, T. (2009). Almond (*Prunus dulcis*) breeding. In: Jain, S., Priyadarshan, P. (Eds.), *Breeding plantation tree crops. Temperate species*. New York, Springer.

Gülcan, R.E. (1985). *Almond descriptors (revised)* Roma, IBPGR.

Heerema, R.; Weinbaum, S.; Pernice, F. e Dejong, T. (2008). Spur survival and return bloom in almond [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb] varied with spur fruit load, specific leaf weight, and leaf area. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 83, 274-281.

Heide, O. (2008). Interaction of photoperiod and temperature in the control of growth and dormancy of *Prunus* species. *Scientia Horticulturae* 115, 309-314.

Jackson, J. (1996). Gene flow in pollen in commercial almond orchards. *Sexual Plant Reproduction* 9, 367-369.

Kester, D. e Griggs, W. (1959). Fruit setting in the almond: pattern of flower and fruit drop. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 74, 214-219.

Kevan, P. e Ebert, T. (2005). Can almond nectar & pollen poison honey bees? *American Bee Journal* 145, 507-509.

Kodad, O. (2006). *Criterios de selección y de evaluación de nuevas obtenciones autocompatibles en un programa de mejora genética del almendro (Prunus amygdalus Batsch)*. Zaragoza, Departament d'Hortofruticultura Botànica i Jardineria. Universitat de Lleida.

Kodad, O. e Socias i Company, R. (2005). Daños diferenciales por heladas en flores y frutos y criterios de selección para la tolerancia a heladas en el almendro. *Inf. Técn. Econ. Agrar.* 101, 349-365.

Lamp, B.; Connell, J.; Duncan, R.; Viveros, M. e Polito, V. (2001). Almond Flower Development: Floral Initiation and Organogenesis. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126, 689-696.

Lampinen, B.; Tombesi, S.; Metcalf, S. e DeJong, T. (2011). Spur behaviour in almond trees: relationships between previous year spur leaf area, fruit bearing and mortality. *Tree Physiol* 31, 700-706.

Lang, J.; Martin, G. e Darnell, R. (1987). Endo-, Para- and Ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. *HortScience* 22, 371-377.

Luckwill, L.C. e Silva, J. (1979). The effects of daminozide and gibberellic acid on flower initiation, growth, and fruiting of apple CV. Golden Delicious. *J. Hort. Sci.* 54, 217-223.

Luedeling, E.; Guo, L.; Dai, J.; Leslie, C. e Blanke, M. (2013). Differential responses of trees to temperature variation during the chilling and forcing phases. *Agricultural and Forest Meteorology* 181, 33-42.

Martelli, G. e Savino, V. (1997). Infectious diseases of almond with special reference to the Mediterranean area 1. *EPPO Bulletin* 27, 525-534.

Meier, U. (2001). *Entwicklungsstadien mono- und dikotylter Pflanzen*. Braunschweig, Berlin, Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft.

Pimienta, E. e Polito, V. (1983). Embryo Sac Development in Almond [*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb] as Affected by Cross-, Self- and Non-pollination. *Ann. Bot.* 51, 469-479.

Richardson, E.; Seeley, S. e Walker, D. (1974). A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *HortScience* 9, 331-332.

Richardson, E.; Seeley, S.; Walker, D.; Anderson, J. e Ashcroft, G. (1975). Pheno-climatology of spring peach bud development. *HortScience* 10, 236-237.

Rodrigues, M.; Claro, A.; Ferreira, I. e Arrobas, M. (2012). *Safra e contrassafra no olival e medidas para a sua mitigação*. In: Bento, A., Pereira, J. (Eds.), VI Simpósio Nacional de Olivicultura, Mirandela.

Sagili, R. e Burgett, D. (2011). *Evaluating honey bee colonies for pollination: a guide for commercial growers and beekeepers*. Oregon State University, University of Idaho & Washington State University.

Salazar, D. e Melgarejo, P. (2002). *Frutales leñosos: Frutales de zonas áridas. El cultivo del almendro*. Madrid, Mundi-Prensa Ed.

Sánchez-Pérez, R.; Dicenta, F. e Martínez-Gómez, P. (2012). Inheritance of chilling and heat requirements for flowering in almond and QTL analysis. *Tree Genet. Genomes* 8, 379-389.

Socias i Company, R. e Felipe, A. (2008). Nuevas variedades de almendro de floración tardía. *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura* 315.

Tombesi, S.; Lampinen, B.; Metcalf, S. e DeJong, T. (2011). Relationships between spur- and orchard-level fruit bearing in almond (*Prunus dulcis*). *Tree Physiol* 31, 1413-1421.

Torre Grossa, J.; Vaissière, B.; Rodet, G.; Botella, L. e Cousin, M. (1994). Besoins en pollinisation de la variété d'amandier auto-compatible 'Lauranne'. *Acta Hort.* 373, 145-152.

Waser, N. (1986). Flower constancy: definition, cause and measurement. *American Naturalist* 127, 593-603.

Weinberger, J. (1950). Chilling requirements of peach varieties. *P Am Soc Hortic Sci* 56, 122-128.

Capítulo 3 - Adaptação ecológica

Margarida Arrobas

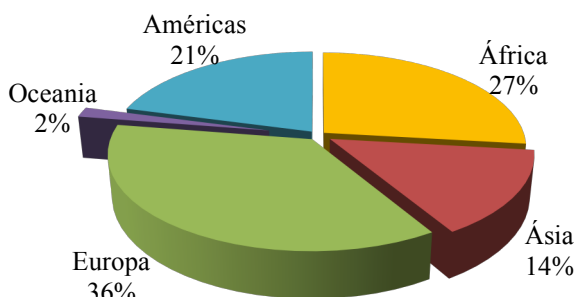
3.1. O amendoal no mundo e em Portugal

A amendoeira (*Prunus dulcis*) é uma espécie com origem nas regiões quentes e áridas do sudoeste asiático (Ladizinsky, 1999). Terá sido disseminada pelo Médio Oriente, Turquia e Grécia através da rota da seda, chegando a Itália e Espanha há mais de 2000 anos. A cultura foi-se instalando à volta da bacia mediterrânica, mas só a partir dos anos 1850-1900 foi possível estabelecer as variedades locais, formadas por seleção natural (Grassely, 1976). Aos Estados Unidos da América chegou por volta dos anos 1700, tendo ocupado uma grande extensão no estado da Califórnia (Ladizinsky, 1999).

Atualmente, a amendoeira está distribuída um pouco por todo o mundo, sendo que a Europa possui a maior área atribuída a esta cultura (36%) e a Oceânia representa o continente com menor área (2%) (Figura 3.1). Na Europa encontra-se o país com maior área a nível mundial, a Espanha, com cerca de 30 %. Nas Américas são os Estados Unidos o país com maior expressão no cultivo de amêndoa (20% da área mundial, centrada na Califórnia).

A Tunísia lidera no continente africano com 11,2%. Na Ásia a amendoeira encontra-se sobretudo no Irão (4,8%) e na Oceânia encontra-se na Austrália, ocupando 1,7% da área mundial (FAOSTAT, 2017). Os Estados Unidos são o maior produtor mundial de amêndoa com 57% da produção. Segue-se Espanha com 7,3 % e Austrália com 6%. Na Ásia, o Irão produz 4,2% e na África a maior produção é atingida em Marrocos, com 3,8% da produção mundial. Em termos de produtividade média unitária, a Austrália regista os valores mais elevados (mais de 5500 kg/ha), seguida dos Estados Unidos com mais de 4000 kg/ha. Europa e África registam valores de produção incomparavelmente mais baixos, com 483 kg/ha e cerca de 700 kg/ha respetivamente (FAOSTAT, 2017).

Área de amendoal no mundo



Produção de amêndoa no mundo

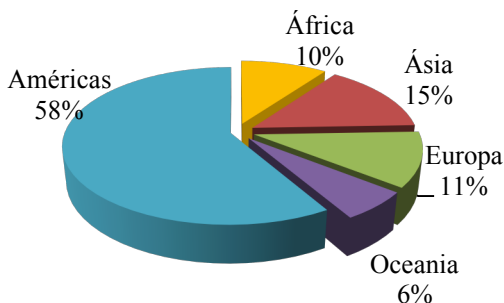


Figura 3.1 – Distribuição do amendoal e produção de amêndoa no mundo no ano de 2014 (FAOSTAT, 2017)

As diferenças de produtividade estão associadas à disponibilidade de água para a cultura. Espanha possui cerca de 90% da área em produção de sequeiro, tal como a generalidade dos países da Europa e da África, enquanto nos Estados Unidos e Austrália a cultura é produzida integralmente em regadio. Alguns dados sobre a produção de amêndoa em Portugal, Espanha e Estados Unidos são apresentados no Quadro 3.1.

A amendoeira está adaptada a regiões quentes e secas, sendo particularmente tolerante ao stresse hídrico. Em Portugal encontra-se sobretudo na Terra Quente transmontana e Riba Côa, especialmente nas encostas de Freixo de Espada à Cinta e Barca d'Alva, distribuindo-se ainda pela zona centro do país, Alentejo e Algarve (COS, 2007; INE, 2015; Neves, 2015) como se pode ver na figura 3.2.

Quadro 3.1 – Produção de amêndoa com casca em Portugal, Espanha e Estados Unidos da América (EUA)

| | Portugal 2014 ¹ | Portugal 2015 ² | Espanha ¹ | EUA ¹ |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|------------------|
| Área (ha) | 28871 | 30150 | 527058 | 352077 |
| Produção unitária (kg/ha) | 312,9 | 334,7 | 371,3 | 4389,7 |
| Produção total (t) | 9034 | 10090 | 195704 | 1545500 |

¹FAOSTAT 2017; ²INE, 2015

Na região norte e até 2007 era comum encontrar a amendoeira associada a outras culturas como a oliveira e a vinha. Desde 2007 e até 2013 muitos amendoais foram abandonados ou mesmo arrancados, tendo diminuído de forma significativa a área total nacional. A partir de 2014 tem-se verificado a instalação de novos pomares, sobretudo no norte do país e no Alentejo. O Algarve não parece acompanhar esta tendência já que após o abandono de algumas áreas em 2007 não foram registadas novas plantações (Figura 3.3).

Em 2007 a área total para esta cultura em Portugal era de 12572 ha e atingiu um mínimo de 4446 ha em 2013. Os últimos dados disponíveis do INE (2015) mostram agora uma área total para a cultura na ordem dos 30150 ha. Na figura 3.3 pode ver-se a evolução da área de amendoal de 2007 a 2015. Atualmente a zona norte é detentora de 66% da área total de amendoal no país, tendo aumentado em 5% a área desde 2007. O Alentejo também aumentou a área em 5% (passou de 1% em 2007 para os atuais

6%). Na região centro não se tem verificado nenhuma alteração significativa, detendo 4% da área nacional de amendoal. No Algarve, após o abandono de 10% da área em 2007, não se verificaram novas plantações, possuindo atualmente 24% da área (INE, 2007; 2011-2015).

No que respeita à produção de amêndoa com casca, após 2007, com o arranque de velhos pomares, a produção nacional diminuiu drasticamente, tendo atingido um mínimo histórico de 4500 toneladas em 2013. Depois dessa data tem-se verificado um aumento gradual da produção, mas os novos pomares ainda não permitiram alcançar as 12572 toneladas de 2007. A região norte, com maior expressão da cultura a nível nacional, produziu 10233 toneladas em 2007 e 7569 toneladas em 2015 (Figura 3.4) (INE, 2015).

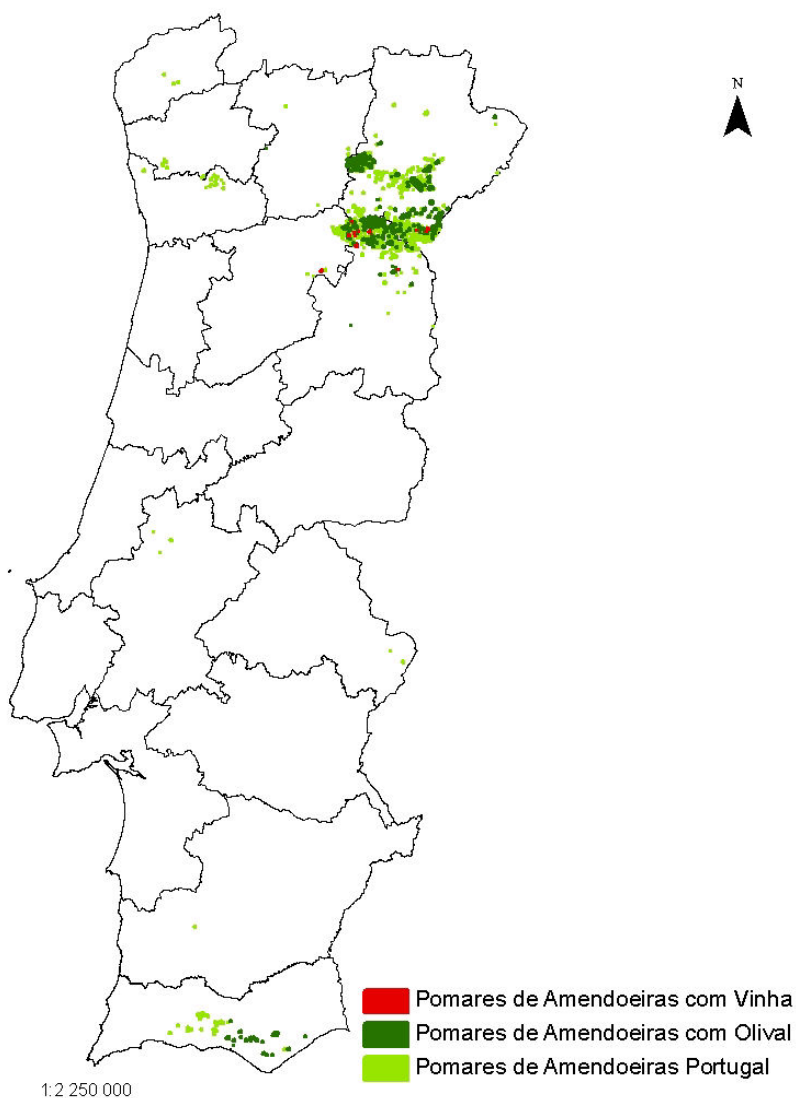


Figura 3.2 – Distribuição da amendoeira em Portugal. Adaptado de Informação Cartográfica de Uso e Ocupação do solo (COS, 2007)

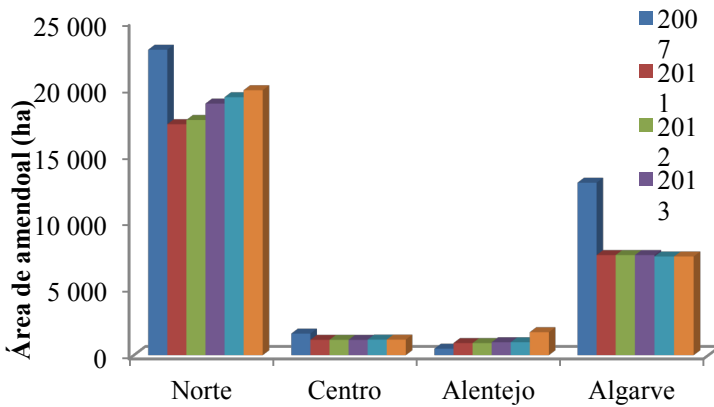


Figura 3.3 – Área de amendoal em Portugal no período 2007-2015 INE (2007; 2011-2015)

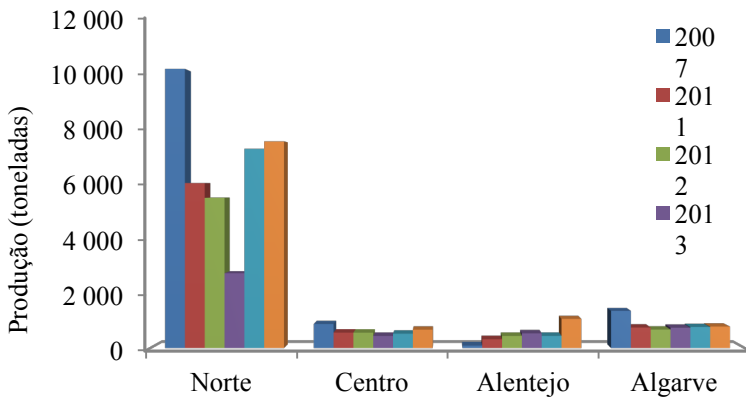


Figura 3.4 – Produção de amêndoa em Portugal no período 2007e 2011-2015 INE (2007; 2011-2015)

3.2. Preferências climáticas e edáficas da amendoeira

3.2.1. Clima

A amendoeira adapta-se bem a uma enorme gama de situações climáticas. Pode crescer, ainda que com limitações, com temperaturas inferiores a 15 °C ou superiores a 35 °C mas a gama de temperaturas considerada ótima para a atividade fotossintética desta cultura situa-se entre os 25 e os 30 °C. Temperaturas superiores a 40 °C podem causar desidratação, necroses na madeira, queda de folhas e danos nos frutos (Arquero, 2013).

Na época invernal, durante o período de repouso vegetativo, pode suportar temperaturas da ordem dos -12 °C sem dano aparente na árvore (Feio, 1991). Em Portugal, as áreas por onde se distribui esta cultura estão sob clima mediterrânico, com verão quente e seco (regiões interiores do vale do Douro, e toda a região interior situada a sul do sistema montanhoso Montejunto-Estrela, exceto no litoral oeste do Alentejo e Algarve) ([IPMA, 2017a](#)). Em qualquer das regiões onde se encontra a amendoeira em Portugal as temperaturas são genericamente favoráveis à cultura, mas em todas elas há registos de temperaturas críticas, ou seja, abaixo de -2,5°C nos meses de ocorrência da floração, e com alguma frequência acima dos 40°C a partir de Junho ([IPMA, 2017a](#)).

As necessidades de frio desta cultura variam de 200 a 500 horas de temperaturas acumuladas abaixo dos 7,2 °C, facilmente atingidas em Portugal (Feio, 1991). O Instituto Português do Mar

e da Atmosfera disponibiliza informação atualizada diariamente sobre a quantidade acumulada de horas de frio para as fruteiras em Portugal, entre 30 de Outubro e 30 de Abril para o território de Portugal ([IPMA, 2017b](#)) (Figura 3.5).

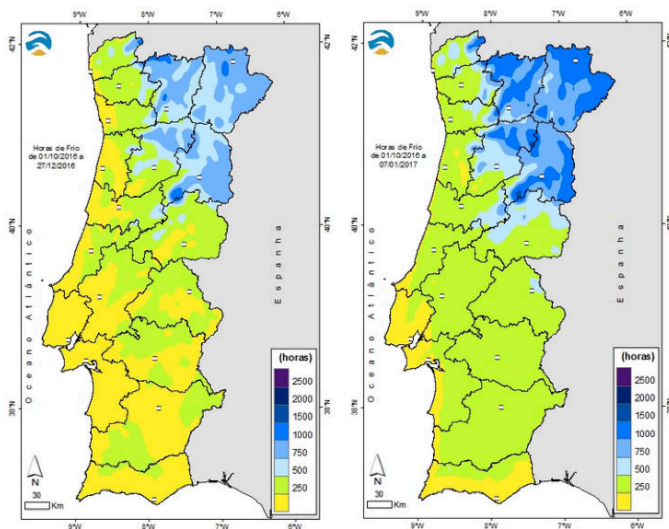


Figura 3.5 – Mapa de horas de frio acumuladas, disponibilizado diariamente pelo IPMA. Exemplo da situação a 10 de dezembro de 2016 (esquerda) e 10 de janeiro de 2017 (direita)

Embora se trate de uma cultura resistente ao frio no período de repouso vegetativo, a condição de florescer cedo torna-a sensível às geadas. No Algarve a floração tem início logo na primeira metade de janeiro e na região do Alto Douro floresce entre fevereiro e março, com algumas variações relacionadas com o período de chuvas no outono. De acordo com Verma (2014) as flores com pétalas expostas, mas ainda não abertas podem

suportar temperaturas de $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante um curto período de tempo, mas depois de abertas morrem com temperaturas entre $0,55$ e $-1,1^{\circ}\text{C}$. O vingamento dos frutos é afetado por temperaturas de -1°C (Feio, 1991). Assim, no momento de decisão relativa a instalação de novos pomares, optar por variedades de floração mais tardia para locais onde o risco de ocorrência de geadas é elevado poderá ser de considerar.

A cultura da amendoeira suporta situações de reduzida pluviosidade anual, sendo bastante resistente à seca. Pode produzir em sequeiro a partir de 300 mm de precipitação anual mas a produtividade aumenta progressivamente até valores acima dos 600 mm. A diferença na disponibilidade de água no solo é assim a principal responsável das diferenças de produtividade (cerca de 330 kg/ha na região norte onde a cultura se mantém em sequeiro, 600 kg/ha no Alentejo (INE, 2015), onde parece começar a haver algum regadio associado à cultura, e mais de 4000 kg/ha na Califórnia onde a cultura é feita inteiramente em regadio, tal como foi apresentado no quadro 3.1. Em Portugal a precipitação média anual nas regiões de produção desta cultura variam entre os 509 mm anuais no Algarve (estação meteorológica de Faro) e pouco mais de 780 mm na região centro, com os valores mais frequentes à volta dos 560 mm no Alentejo interior e na região interior do norte do país ([IPMA, 2017a](#)).

No entanto, a pluviosidade também pode ser uma causa importante de quebra na produtividade, se afetar a atividade das

abelhas durante o período de polinização. Feio (1991) refere estudos que mostram quebras de produção em cerca de 10% por cada 25 mm de precipitação que ocorra durante a época de plena floração, por afetar a movimentação das abelhas (Figura 3.6). O efeito da chuva na lavagem do pólen na floração e com ela a impossibilidade de ocorrer polinização parece ser um fenómeno de reduzido significado (Arquero, 2013). De notar que em Portugal a precipitação se concentra nos meses de Inverno, pelo que em todas as regiões do interior do país há registos de dias com precipitação acima dos 60 mm nos meses de janeiro, fevereiro e março (IPMA, [2017a](#)), o que, pontualmente, poderá ter consequências na produção.

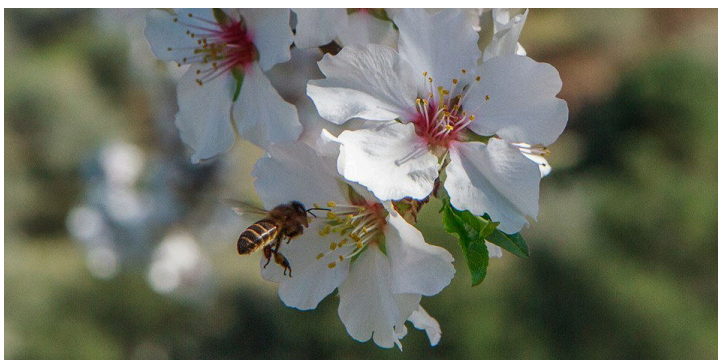


Figura 3.6 – Movimentação das abelhas nas flores (Foto de Hélder Quintas)

Também o vento, se ultrapassar a velocidade de 24 km/hora, afeta a atividade das abelhas e, por consequência, todo o processo de polinização. A brisa forte, com velocidade acima dos 29 km/hora na escala de Beaufort, contribui para o aumento da taxa de

transpiração da planta conduzindo a stresse hídrico. Acima dos 50 km/hora (vento forte) podem verificar-se quebra de ramos, queda de flores e frutos, com obvias perdas de produção. Quando os pomares são instalados em locais tradicionalmente ventosos é conveniente proceder à instalação de tutores que garantam a verticalidade da árvore nos primeiros anos (Arquero, 2013).

Um outro fator climático com influência no desenvolvimento da amendoeira é a humidade relativa do ar, na medida em que pode influenciar o desenvolvimento de doenças, situação favorecida por valores elevados deste parâmetro. A melhor forma de controlar o excesso de humidade do ar num pomar começa com o desenho da plantação, a densidade das árvores e a técnica de poda para ajustar a copa.

3.2.2. Solos

A amendoeira está adaptada a solos pedregosos, pouco espessos, declivosos, de reduzida capacidade de retenção de água, sujeitos a processos de erosão ativa. Assim, a sua produção é possível em qualquer tipo de solo (Micke, 1996). Em Trás-os-Montes e Alto Douro, onde se encontra atualmente a maior área de amendoal do país (Mirandela, Alfândega Fé, Moncorvo, Vila Nova de Foz Côa) e de acordo com a Carta de Solos, Aptidão da Terra e Uso do Solo do Nordeste Transmontano (Agroconsultores e COBA, 1991), a amendoeira ocupa maioritariamente *Leptosolos*, uma classe de solos de reduzida espessura efetiva

(menos de 50 cm, limitado pela rocha mãe de natureza variada), com elevado teor de elementos grosseiros e conseqüente teor reduzido de terra fina (WRB, 2014). Este tipo de solos agrava as condições de fornecimento de água e nutrientes à cultura resultando em produções unitárias muito baixas. As novas plantações têm vindo a ocupar algumas antigas terras de cereal, um pouco menos declivosas e de maior profundidade.

Na zona centro (por exemplo na zona Figueira de Castelo Rodrigo), no Alentejo e no Algarve, para além de instalada também em leptossolos, a amendoeira encontra-se em alguns *Cambissolos*. Os cambissolos são um pouco mais evoluídos, com alguma diferenciação de camadas em profundidade, com diferenciação na estrutura, cor, argila e/ou teor em carbonatos, sendo potencialmente mais férteis. A amendoeira pode também ocupar *Luvissolos*, sendo estes caracterizados por apresentarem alguma acumulação de argila em profundidade devido a fenómenos de migração deste tipo de partículas (WRB, 2014).

Apesar de vegetar em situações edáficas pouco favoráveis, a amendoeira responde bem ao aumento da fertilidade do solo, sobretudo da profundidade, desde que mantida boa drenagem, por ser um elemento determinante na capacidade de armazenamento de água. Em condições em que o pomar possa ser regado a cultura responde com aumento significativo da produtividade (Micke e Kester, 1998). A análise às características e propriedades do solo onde irá ser instalado um novo pomar ditará as possíveis

intervenções a efetuar com o objetivo de minimizar aspetos menos favoráveis, e constitui condição de importância determinante no sucesso da cultura.

Diversas propriedades físicas e químicas do solo podem ter uma influência significativa no êxito do pomar. Algumas das mais importantes e brevemente abordadas neste documento são: textura, profundidade efetiva, matéria orgânica, porosidade, pH e capacidade de troca catiónica.

3.2.2.1. Textura

Trata-se da propriedade do solo que mais influencia as restantes, nomeadamente a sua capacidade de retenção de água e nutrientes. A textura diz respeito à proporção de partículas do solo com diâmetro inferior a 2 mm (terra fina). As partículas com diâmetro situado entre 2 e 0,02mm denominam-se de *areia*, entre 0,02 e 0,002 mm têm a designação de *limo* e as de diâmetros inferior a 0,002 mm denominam-se de *argila*. A proporção de cada um destes tipos de partículas expressa em percentagem permite a atribuição de uma classe de textura (Figura 3.7).

As classes de textura mais favoráveis para o desenvolvimento radicular da amendoeira e para a infiltração de água em profundidade são as texturas ligeiras, com proporção relativamente elevada em areia como sejam por exemplo, as texturas francas ou franco-arenosas (Arquero, 2013) (Figura 3.7).

Solos arenosos são muito permeáveis, o que facilita o crescimento das raízes e a circulação de água e ar, como foi referido. No entanto a falta de partículas de pequena dimensão retira-lhes capacidade de retenção de água e de nutrientes o que faz destes solos pouco férteis.

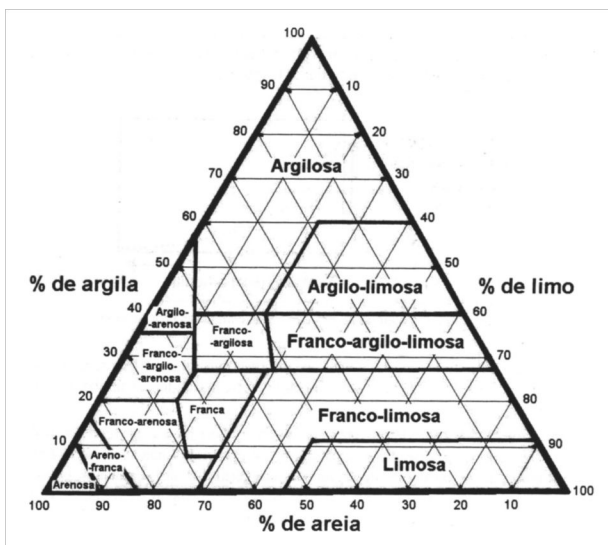


Figura 3.7 – Diagrama triangular das texturas (Adaptado de Costa, 2011). As texturas mais favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular da amendoeira são as do canto inferior esquerdo (franco-arenosas, francas)

Pode ainda encontrar-se amendoal em outros tipos de texturas que podem causar dificuldades ao desenvolvimento das raízes. Os solos encharcados e pesados (com elevada percentagem de argila) conduzem a fenómenos de asfixia radicular e aumentam os riscos de ataques de *Armillaria* e *Phytophthora* (Salazar e Melgarejo, 2002). Este tipo de solos possui, em geral, maior

capacidade para a retenção de água e nutrientes, mas devido ao pequeno diâmetro das partículas dominantes, o arejamento do solo bem como a circulação da água são processos difíceis. Este tipo de solos requer atenção especial no momento de preparação do terreno para instalação da cultura, uma vez que podem ser necessárias obras de drenagem. Já os que têm limo como elemento dominante também apresentam alguns problemas, nomeadamente a dificuldade na formação de agregados, criando-se frequentemente condições para a formação de crostas superficiais que acabam por favorecer os processos de erosão. A textura é uma característica intrínseca ao solo e não pode ser modificada pelo homem em culturas que ocupem grandes áreas. Trata-se de uma característica muito dependente do material originário do solo. Assim, e a título de exemplo, um solo formado a partir de material granítico será tendencialmente mais arenoso. Um solo derivado de xisto pode originar solos com teores mais elevados em limo e argila. A dominância de cada um destes três tipos de partículas minerais do solo depende também da topografia do terreno. Terrenos com maior declive favorecem a erosão, dificultando a evolução dos solos e a acumulação de argila (Osman, 2013).

3.2.2.2. Profundidade efetiva do solo

Profundidade efetiva diz normalmente respeito à profundidade do solo explorada pelas raízes. É neste ambiente que elas têm acesso a água e nutrientes.

Em ambiente mediterrânico, a partir de julho e sem ocorrência de precipitação, a camada superficial apresenta um teor de humidade muito próximo do coeficiente de emurchecimento, ou seja, apresenta um teor de água utilizável pelas plantas praticamente nulo.

Estudos em castanheiro (Martins *et al.*, 2010) mostraram que a cerca de 75 cm de profundidade o teor de humidade mantém-se acima do coeficiente de emurchecimento, mesmo no fim da época estival, o que mostra a importância das camadas mais profundas no fornecimento de água às culturas arbóreas. Assim, nestas regiões espessura e permeabilidade do solo para um adequado enraizamento e infiltração de água e que permita a sua recarga hídrica nos meses de precipitação são fatores determinantes para a sobrevivência da cultura. As texturas francas dominam na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, pelo que esta característica é genericamente favorável na maior parte da área ocupada por esta cultura em Portugal.

Contudo, há vários tipos de situações que podem limitar a espessura efetiva do solo e, por consequência, o volume explorado pelas raízes: na maior parte dos casos é a rocha mãe

que se encontra muito próxima da superfície (leptosolos); em outros casos pode ser uma camada de argila que se acumula em profundidade criando uma zona impermeável (luvisolos); crescem outros tipos de materiais acumulados como seja carbonatos, dando origem a horizontes cálcicos; ou podem formar-se calos de lavoura a alguma profundidade nos solos mais profundos, devido, por exemplo, à passagem de charruas de aivecas. Para minimizar estes problemas é conveniente efetuar a descompactação do solo antes da instalação do pomar, através de mobilizações profundas, tendo esta operação como consequência o aumento da espessura efetiva do solo que se espera ter efeitos positivos no desenvolvimento do sistema radicular da cultura (Martins *et al.*, 2010).

3.2.2.3. Porosidade

Entre as partículas do solo existem poros por onde circula a água e o ar. Os poros podem ter diferentes dimensões, sendo que os maiores servem para drenar a água em excesso e os menores servem para reter água que será cedida gradualmente às plantas durante o ciclo vegetativo (Figura 3.8). Quando todos os poros estão cheios de água, por exemplo a seguir a um período longo de precipitação onde se vê água acumulada à superfície, diz-se que o solo está encharcado ou *saturado* e representa uma situação de ausência de oxigénio disponível no solo para as

raízes. Nestas circunstâncias as plantas podem sofrer de asfixia radicular. Em geral ficam amarelas e, no limite, podem morrer. Esta situação é pouco comum em ambiente mediterrânico. Quando todos os poros estão cheios de água, a que ocupa os poros de maior dimensão tende a deslocar-se por gravidade para as camadas mais profundas, contribuindo para a recarga hídrica dos solos e este processo recebe a designação de *drenagem*.

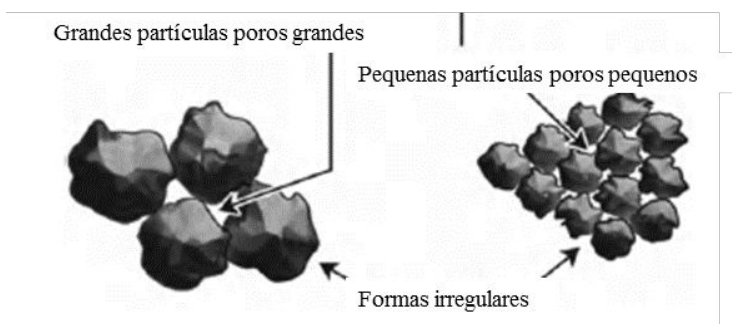


Figura 3.8 – Porosidade do solo associada ao tipo de partículas dominantes (adaptado de Osman, 2013)

Quando toda a água dos poros maiores saiu diz-se que o solo se encontra à *capacidade de campo*, situação que corresponde à máxima disponibilidade de água no solo para as plantas. Quando a água desaparece do solo por absorção das plantas ou por evaporação, haverá uma quantidade que fica retida nas partículas do solo e que não pode ser utilizada pelas plantas que não têm força para a extrair. Nesse ponto de humidade do solo as plantas começam a mostrar sintomas de stresse hídrico e diz-se que o

solo se encontra no *coeficiente de emurchecimento*. As plantas adultas raramente correm risco de vida devido a desenvolverem raízes em camadas profundas onde é sempre possível encontrar alguma água. Por outro lado, a situação pode evitar-se se houver a possibilidade de instalar regadio.

3.2.2.4. Matéria orgânica

A matéria orgânica do solo é constituída por um conjunto de resíduos heterogêneos de origem animal e vegetal que se encontram no solo em diferentes estados de decomposição. Estes resíduos sofrem decomposição por ação microbiana e dão origem a compostos mais homogêneos e estáveis do ponto de vista químico e biológico que conferem propriedades especiais ao solo e se designam de *húmus* ou substâncias húmicas

O processo de formação do húmus ocorre em simultâneo com um outro fenómeno denominado de *mineralização*, a partir do qual se liberta parte do CO₂ do substrato orgânico para a atmosfera ficando os minerais de novo disponíveis no solo para serem absorvidos pelas plantas. O húmus, por ter sofrido decomposição e por ter uma composição homogênea, tem muitas cargas negativas por unidade de massa e por isso é muito importante para a retenção de iões nutrientes de carga positiva mas também para a retenção de água.

A matéria orgânica tem um impacto muito positivo em todas as propriedades do solo (físicas, químicas e biológicas). Nas propriedades físicas a sua influência é benéfica em solos com qualquer tipo de textura. Por exemplo, nos solos de textura mais grosseira (com elevada percentagem de areia), a matéria orgânica aumenta a sua capacidade de retenção de água, bem como a capacidade de retenção de nutrientes. Nos solos de textura mais pesada (com percentagem elevada em argila, muito adesivos e plásticos) a matéria orgânica diminui a intensidade com que estas propriedades se manifestam, tornando as partículas mais soltas e melhorando as condições para o desenvolvimento radicular. No que respeita às características biológicas, a matéria orgânica serve de substrato para todo o tipo de organismos do solo que se empenham na sua transformação (macro e microrganismos), contribuindo para todo o ciclo de nutrientes no solo. Em ambiente mediterrânico, com a atual forma de gestão da superfície do solo, que inclui várias mobilizações anuais, não há condições que favoreçam a acumulação de matéria orgânica. Assim, no interior de país, em texturas francas a franco-arenosas, onde habitualmente se cultiva a amendoeira, os teores de matéria orgânica no solo são frequentemente inferiores a 1%, valor classificado de *muito baixo* (Quadro 3.2).

Quadro 3.2 – Classificação dos teores de matéria orgânica do solo (LQARS, 2006)

| Classificação | Matéria orgânica no solo % | |
|---------------|----------------------------|-------------------------------|
| | Solos de textura grosseira | Solos de textura média a fina |
| Muito Baixa | ≤ 0,5 | ≤ 1,0 |
| Baixa | 0,6 – 1,5 | 1,1 – 2,0 |
| Média | 1,6 – 3,0 | 2,1 – 4,0 |
| Alta | 3,1 – 4,5 | 4,1 – 6,0 |
| Muito Alta | > 4,5 | > 6,0 |

3.2.2.5. Capacidade de troca catiônica

Representa a capacidade de um solo para "segurar" ou "reter" nutrientes com carga elétrica positiva (catiões), numa unidade de massa da terra fina, evitando que se percam por fenômenos de lixiviação pela água da chuva ou pela água de rega. Os íons de carga positiva ficam então retidos temporariamente na superfície dos coloides minerais e orgânicos do solo (partículas de dimensões inferiores a 0,002 mm) que, em climas temperados, têm maioritariamente carga negativa. Estes catiões podem depois ser trocados com outros no processo de nutrição da planta. As unidades desta propriedade são centimoles de cargas positivas por quilograma de solo ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$). A interpretação dos valores analíticos encontra-se no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Classificação dos valores de capacidade de troca catiónica (CTC) dos solos e das bases de troca do solo (LQARS, 2006)

| Classificação | Bases de troca (Cmol _c Kg ⁻¹) | | | | CTC (Cmol _c Kg ⁻¹) |
|---------------|------------------------------------------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------------------------------|
| | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | |
| Muito Baixa | ≤ 2,0 | ≤ 0,5 | ≤ 0,1 | ≤ 0,1 | ≤ 5,0 |
| Baixa | 2,1 – 5,0 | 0,6 – 1,0 | 0,1 – 0,25 | 0,1 – 0,25 | 5,1 – 10,0 |
| Média | 5,1 – 10,0 | 1,1 – 2,5 | 0,26 – 0,50 | 0,26 – 0,50 | 10,1 – 20,0 |
| Alta | 10,1 – 20,0 | 2,6 – 5,0 | 0,51 – 1,0 | 0,51 – 1,0 | 20,1 – 40,0 |
| Muito Alta | > 20,0 | > 20,0 | > 1,0 | > 1,0 | > 40,0 |

3.2.2.6. Reação do solo

A reação do solo denomina-se de *pH*. O pH significa “poder de hidrogénio” e define-se como o logaritmo negativo da atividade do ião H⁺ que representa a concentração do ião hidrogénio numa solução muito diluída. A concentração de iões H⁺ é expressa em moles por litro. Se um solo tiver 10⁻⁵ moles de iões H⁺ então

$$pH = -\log 10^{-5} \text{ ou } pH = 5 \log 10 \text{ ou } pH = 5 \times 1 \text{ e } pH = 5.$$

Como a escala é logarítmica, a variação de pH do solo em 1 unidade reflete, na realidade, uma variação de ordem 10, ou seja, um solo de pH 5 é 10 vezes mais ácido que um solo com pH 6 (Osman, 2013). A escala de pH varia entre 0 a 14, mas o pH de um solo agrícola normalmente encontra-se entre os valores 4 e 10 (Osman, 2013). Os solos podem ser classificados em várias categorias em função do seu valor de pH, como se pode ver no quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Classificação do pH(H₂O) do solo (LQARS, 2006)

| pH (H ₂ O) | Designação | |
|-----------------------|----------------|----------|
| ≤ 4,5 | Muito Ácido | |
| 4,6 – 5,5 | Ácido | Ácido |
| 5,6 – 6,5 | Pouco ácido | |
| 6,6 – 7,5 | Neutro | Neutro |
| 7,6 – 8,5 | Pouco Alcalino | |
| 8,6 – 9,5 | Alcalino | Alcalino |
| > 9,5 | Muito Alcalino | |

O pH dos solos é função de uma série de fatores de natureza climática, edáfica e/ou biótica. Assim, e desde logo, a *natureza da rocha mãe* pode ditar o tipo de reação do solo. Solos com origem em material granítico têm frequentemente uma textura grosseira, dominada pela areia, o que facilita a perda de iões de carácter básico, como cálcio e magnésio, por ação da perda de água por gravidade que arrasta consigo este tipo de elementos. A *exportação* das culturas, isto é, a quantidade de nutrientes que sai do solo nas colheitas também pode contribuir para a acidificação dos solos (Havlin *et al.*, 2014).

Também a *aplicação de fertilizantes* pode conduzir à acidificação dos solos, sobretudo se forem adubos com azoto na forma amoniacal (NH₄⁺). A transformação desta forma em ião nitrato (NO₃⁻) resulta na libertação dos iões H⁺ que acidificam o solo. No processo de mineralização da matéria orgânica os microrganismos intervenientes no processo libertam CO₂ que reage com a água e produz-se hidrogenocarbonato (HCO₃⁻), com libertação de iões hidrogénio (Havlin *et al.*, 2014).

A alcalinidade do solo está relacionada sobretudo com a natureza do material originário que pode ser rico em carbonatos (Osman, 2013). O efeito pode ser acentuado pela falta de precipitação e por temperaturas elevadas que favorecem o movimento ascendente de água com sais dissolvidos e que acabam por se depositar à superfície do solo.

A maioria dos solos do continente português é de natureza ácida, sobretudo os solos formados a partir de rochas de carácter ácido (por exemplo granitos e xistos). Encontram-se nesta situação os solos dos amendoais da região de Trás-os-Montes e Alto Douro. Em regiões onde os solos são formados a partir de rochas calcárias ou a partir de rochas básicas, com pluviosidade baixa, os solos têm tendência a ser neutros ou alcalinos (LQARS, 2006). Encontram-se nesta situação alguns solos com amendoais no Algarve e no Alentejo.

A disponibilidade dos nutrientes no solo é controlada pelo seu valor de pH. Nos solos ácidos aumenta a solubilidade de iões como o ferro, alumínio, manganês, cobre e zinco e é provável o aparecimento de sintomas de toxicidade. Por outro lado, diminui a disponibilidade de outros como cálcio, magnésio, fósforo e molibdénio, sendo necessária uma intervenção no sentido de reduzir a excessiva disponibilidade dos micronutrientes e aumentar a disponibilidade dos macronutrientes (Osman, 2013). Esta intervenção passa pela aplicação de calcários (ver capítulo 6). Para valores de pH mais elevados, acima de 7,0, aumenta a

solubilidade de cálcio, magnésio e molibdênio enquanto diminui a disponibilidade de ferro, alumínio, manganês, cobre e zinco. A correção do pH de solos calcários é uma operação mais difícil de concretizar porque não é fácil mudar o clima ou a natureza do material originário dos solos.

Em forma de conclusão, e considerando os vários ambientes ecológicos associados à cultura, pode dizer-se que o pH considerado ótimo para a amendoeira se situa entre 5,5 e 8,5 (Arquero, 2013). Em solos de pH inferior a 5,5 a instalação da cultura sem uma prévia correção deverá ser questionada no sentido de minimizar situações de excesso ou deficiência de alguns nutrientes. O solo é um sistema complexo de material sólido, mineral e orgânico, acompanhado de um espaço poroso por onde circula água e ar. Trata-se de um sistema dinâmico, sob influência da ação dos agentes atmosféricos e do homem através de práticas culturais. A presença dos elementos minerais no solo disponíveis para as plantas depende, em grande medida, das alterações que nele ocorrem.

3.3. Referências Bibliográficas

Agroconsultores e Coba. 1991. Carta de Solos, Carta de Uso Actual da Terra e Carta da Aptidão da terra do Nordeste de Portugal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Agroconsultores e Coba.

Arquero, O. (2013). Exigências medioambientales., in: Arquero, O. (Ed.), *Manual del Cultivo del Almendro*. Sevilla, España, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

COS. (2007). *Carta de Uso e Ocupação do Solo 2007* (COS 2007). Direção Geral do Território. Disponível no portal iGEO.

Costa, J.B. (2011). *Caracterização e constituição do solo*. 8ª edição. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

FAOSTAT (2017). *Crops*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (consultado em fevereiro de 2017).

Feio, M. (1991). *Clima e Agricultura. Exigências climáticas das principais culturas e potencialidades agrícolas do nosso clima*. Lisboa, Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação.

Grasselly C. (1976). *Origin et évolution de l'amandier cultivé. L'amandier*. Paris.

Havlin, J.; Tisdale, S.L.; Nelson, W.L. e Beaton, J.D. (2014). *Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutriente management*. Pearson, Inc.

INE. (2007). *Estatísticas Agrícolas 2007*. Edição de 2008. Instituto Nacional de Estatística, I.P. (www.ine.pt)

INE. (2011). *Estatísticas Agrícolas 2011*. Edição de 2012. Instituto Nacional de Estatística, I.P. (www.ine.pt)

INE. (2012). *Estatísticas Agrícolas 2012*. Edição de 2013. Instituto Nacional de Estatística, I.P. (www.ine.pt)

INE. (2013). *Estatísticas Agrícolas 2013*. Edição de 2014. Instituto Nacional de Estatística, I.P. (www.ine.pt)

INE. (2014). *Estatísticas Agrícolas 2014*. Edição de 2015. Instituto Nacional de Estatística, I.P. (www.ine.pt)

INE. (2015). *Estatísticas Agrícolas 2015*. Edição de 2016. Instituto Nacional de Estatística, I.P. (www.ine.pt)

IPMA (2017) a) - <https://www.ipma.pt> (<https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima>) (Consultado em 10 de dezembro de 2016).

IPMA (2017)b) - <https://www.ipma.pt>. <https://www.ipma.pt/pt/agrometeorologia/fruta> (Consultado em 10 de Janeiro de 2017)

Ladizinsky, G. (1999). On the Origin of Almond. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 46: 143. doi:10.1023/A:1008690409554 ([SpringerLink](https://www.springerlink.com))

LQARS. (2006). *Manual de Fertilização das Culturas. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva*. INIAP.

Martins, A.; Raimundo, F.; Borges, O.; Linhares, I.; Sousa, V.; Coutinho, J. P.; Gomes-Laranjo, J. e Madeira, M. (2010). Effects of soil management practices and irrigation on plant water relations and productivity of chestnut stands under Mediterranean conditions. *Plant Soil*, 327:57–70.

Neves, M. A. R.. (2015). *Relatório sectorial da amêndoa*. Cordão verde. Um Cordão Verde para os Territórios Rurais -Manutenção da Biodiversidade associado às Actividades Económicas. Acção 2.2. Análise da Fileira de Produtos Estratégicos. UAIG. FCT. LOCO:

Micke, W.C. (1996). *Almond production manual*. California, UCANR Publications.

Micke, W.C. e Kester, D.E. (1998). Almond growing in California. *Acta Hort.* 470, 21-28, DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.470.1, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.470.1>

Osman, K. T. (2013). *Soils. Principles, Properties and Management*. London, Springer,

Salazar, D.M. e Melgarejo, P., 2002. *El cultivo del almendro*. Madrid, AMV Ediciones.

Verma, M. K. (2014). *Training manual on teaching of post-graduate courses in horticulture (Fruit Science)*, Edition: 1st, Chapter: Almond Production Technology, Publisher: Post Graduate School, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi-110012, Editors: SK Singh, AD Munshi, KV Prasad, AK Sureja, pp.274-280

WRB. (2014). *World Reference Base for soil resources*. FAO. World soil resources reports. 106.

Capítulo 4 - Instalação da cultura

Arlindo Almeida

4.1. Introdução

A amendoeira tal como outras culturas desenvolve-se de forma ideal em solos fundos, uniformes, que proporcionem uma combinação ótima de permeabilidade, capacidade de retenção de água e bom arejamento da zona radicular (Doll, 1996).

Estas condições ótimas são difíceis de disponibilizar. A amendoeira pode ser explorada com grande sucesso em solos com limitações, desde que se proceda a uma cuidada instalação da cultura.

Em Portugal a maioria dos solos onde estão plantados amendoais são ácidos, de baixa qualidade, pobres em matéria orgânica e pouco fundos. Os trabalhos de preparação prévia do terreno são fundamentais.

4.2. Preparação prévia de terreno

A preparação do terreno para instalar um amendoal, deve ser precedida de um estudo do solo, com a abertura de perfis ou sondagens, para identificar em termos físicos e químicos o tipo de

solo, avaliar a profundidade, a existência de impermeáveis, calos de lavoura e outros condicionalismos. Dependendo dos resultados desta avaliação prévia tomam-se decisões quanto à preparação adequada do solo (Doll, 1996). Pode ser recomendada uma simples subsolagem ou, em alguns casos devidamente justificados, uma surribo.

Os trabalhos de preparação do solo têm por objetivo facilitar o desenvolvimento das raízes em profundidade e favorecer a infiltração de água no solo. As máquinas de corte do solo de que são exemplo o chisel (Fig. 4.1) e subsolador ou ripper fazem um trabalho de mobilização sem reviramento, com fragmentação da zona envolvente ao corte (Ortiz-Cañavate e Hernanz, 1989). As máquinas que promovem a inversão de leiva (Fig. 4.2) devem usadas com precaução pelas consequências que a mistura de horizontes do perfil do solo pode provocar (Ortiz-Cañavate, 2012). A escolha do equipamento a usar depende dos resultados do estudo prévio do solo.

Os escarificadores (Fig. 4.3) e as grades de discos (Fig. 4.4) podem ter um papel importante na preparação do solo para a plantação (Fig. 4.5) (Ortiz-Cañavate, 2012). Os escarificadores (Fig. 4.3) e as grades de discos (Fig. 4.4) podem ter um papel importante na preparação do solo para a plantação (Fig. 4.5) (Ortiz-Cañavate, 2012).



Figura 4.1 - Chisel para preparação do solo sem inversão de leiva



Figura 4.2 - Preparação do solo com inversão de leiva usando uma charrua de surribo



Figura 4.3 - Regularização superficial do solo com escarificador



Figura 4.4 - Regularização superficial do solo com grade de discos



Figura 4.5 - Terreno preparado para a plantação

Em solos com más condições de drenagem é necessário prevenir a asfixia radicular a que a amendoeira é sensível, melhorando as condições de escoamento de água, para o que podem ser necessárias obras complementares de drenagem.

Nos casos em que a preparação funda do solo tenha trazido para a superfície pedra em demasia que venha a prejudicar operações posteriores, pode ser necessário recorrer à despedrega (Fig. 4.6).



Figura 4.6 - Máquina de despedrega

Antes da plantação, o desenho e instalação de um sistema de rega deve ser feito, caso se tome a decisão de regar (Doll, 1996).

4.3. Desenho da plantação

A quantidade de plantas por unidade de área depende da localização e disponibilidade de solo e água. Com frequência plantam-se 270 a 300 árvores por hectare, ou seja, aproximadamente uma amendoeira por cada 36 m² com 6 metros na linha e na entrelinha (Fig. 4.7). Neste caso a plantação em quincôncio pode ter interesse se se optar por colheita mecânica com vibrador de tronco. A entrelinha deve permitir a fácil deslocação dos equipamentos, sendo o valor frequente o valor

referido (6 metros). Com maior número de plantas por unidade de área são frequentes outros desenhos de plantação, com adensamento de plantas na linha.



Figura 4.7 - Amendoal plantado com um espaçamento de 6m x 6m

Em declive elevado (superior a 12%/15%) pode ser aconselhável alinhar as árvores pelas curvas de nível de modo a prevenir riscos de erosão. Em terrenos com menor declive e sem outras limitações, o alinhamento Norte – Sul é vantajoso (Arquero, 2013) para uma máxima exposição ao sol, especialmente em plantações com maior número de plantas por unidade de área, do que o anteriormente indicado, resultado do adensamento na linha.

Recentemente têm sido plantados amendoais em sebe com uma grande intensificação de árvores por unidade de área, cerca de 1000 plantas por hectare (Fig. 4.8). Neste caso o regadio torna-se imprescindível.

Ao aumentar a densidade de plantação (número de árvores por unidade de área) incrementa-se a precocidade de entrada em produção, reduzindo-se o período improdutivo.

Nestas plantações é recomendável a escolha de material vegetal não excessivamente vigoroso para evitar o ensombramento e limitações ao trânsito dos vários equipamentos.



Figura 4.8 - Amendoal em sebe (Herdade da Torre das Figueiras, Monforte) (Foto A. Dias)

No planeamento do pomar, seja intensivo ou não, há que dar espaço para a circulação dos vários equipamentos. As zonas de viragem, nas cabeceiras, deverão permitir uma manobra rápida, para o que se recomenda que esta zona tenha uma largura de 7 a 8 metros. Nos pomares em sebe, para não dificultar o trânsito das máquinas, o adensamento deve ser mais evidente na distância entre árvores na linha, mantendo-se a distância entre linhas com valores mínimos de 4 metros.

A escolha das cultivares deve contemplar os condicionalismos edafo-climáticos, da densidade do pomar pretendido e do mercado de amêndoa.

Em plantações com cultivares autoincompatíveis, deverá ser também plantada outra cultivar que permita a polinização cruzada. Se a cultivar elegida é autofértil, não se torna necessária cultivar polinizadora, podendo a plantação ser monovarietal. O principal critério para eleição da cultivar polinizadora é ter um período de floração coincidente com o da variedade principal. Quando a presença da polinizadora é necessária, deve estar presente em percentagem elevada (20% a 30%) (Arquero, 2013) pelo que também deve ter um bom comportamento agronómico e produtivo.

4.4. Execução da plantação

A plantação acontece normalmente no fim do inverno ou princípio da primavera (Micke e Kester, 1998) especialmente quando há o risco de geadas inverniais. Quando este risco não existe as plantações podem ser feitas no outono com plantas bem atempadas.

Tradicionalmente a plantação é feita à cova ou abrindo valas, onde são colocadas as árvores, cobrindo depois o sistema radicular.

Para a instalação de amendoais em sebe é recomendável o uso de um plantador mecânico guiado por satélite (Figs. 4.9 e 4.10),

porque o perfeito alinhamento das árvores é obrigatório para o manejo / gestão do pomar. O sistema de guiamento por satélite deve incluir uma antena RTK (real time kinematic) (Fig. 4.11) que permite uma correção cinemática em tempo real, garantindo um perfeito alinhamento (erro +/- 2 cm) (Ortiz-Cañavate, 2012).



Figura 4.9 - Plantador mecânico guiado por satélite



Figura 4.10 - Pormenor de funcionamento do plantador



Figura 4.11 - Antena RTK integrada no sistema de guiamento por satélite

Nestes pomares a colheita é realizada por vibradores de copa cavalgantes semelhantes aos já utilizados em vinha e olival, tema que será abordado no Capítulo 11. O trabalho destes equipamentos só é satisfatório em plantações perfeitamente alinhadas.

Imediatamente após a plantação é recomendável tutorar as pequenas árvores para que ao crescerem terem um tronco ereto que favoreça o desempenho dos sistemas de colheita mecânica. Em amendoais em sebe, mais se recomenda esta prática porque neste caso o sistema de colheita com vibrador de copa com máquina cavalgante obriga a um porte ereto das árvores. Alguns modelos de plantadores mecânicos já efetuam esta tarefa. As plantas devem ser presas aos tutores por material elástico para reduzir o risco de estrangulamentos. Nestes amendoais, as linhas de árvores devem ser ancoradas a postes (Fig. 4.12) dispostos ao

longo das linhas, que por sua vez são presos ao solo nas cabeceiras das linhas. Deste modo previne-se a possibilidade de derrube pelo vento de linhas inteiras de árvores.



Figura 4.12 – Postes para ancorar as linhas de árvores em pomares em sebe

Uma rega à plantação deve ser efetuada para melhoria das condições de humidade do solo e eliminar possíveis vazios entre as raízes e o solo. Alguns modelos de plantadores mecânicos já efetuam esta tarefa (Fig. 4.13).

Em locais onde a visita de roedores é provável, é útil o uso de protetores (Fig. 4.14) em volta das plantas que impeçam as mordeduras. Estes protetores devem permitir um bom arejamento do tronco.



Figura 4.13 - Enchimento do depósito de água de um plantador mecânico para rega à plantação



Figura 4.14 - Protetor de árvores recém plantadas

4.5. Referências Bibliográficas

Arquero, O. (2013). Diseño y ejecución de la plantación, in: Arquero, O. (Ed.), *Manual del Cultivo del Almendro*. Sevilla, España, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Doll, D. (1996). Almond Orchard Management. Yolo and Solano counties editors – in *Almond Production Manual UC Division of Agriculture and Natural Resources* - <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/almondpages/AlmondOrchardManagement/> (consultado em 10/02/2017).

Micke, W.C. e Kester, D.E. (1998). Almond growing in California. *Acta Hort.* 470, 21-28 DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.470.1 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.470.1>

Ortiz-Canãvate, J. e Hernandez, J.L. (1989). *Tecnica de la Macanizacion Agraria* (3ª edición) Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.

Ortiz-Cañavate, J. (2012). *Las Máquinas Agrícolas y su Aplicacion*, (7ª edición) Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.

Capítulo 5 - Porta-enxertos e variedades de amendoeira

Albino Bento, Isabel López Cortés, Nuno Rodrigues e José Alberto Pereira

Capítulo 5

5.1. Introdução

Atualmente o cultivo da amendoeira está em plena expansão na Península Ibérica com uma superfície dedicada ao cultivo, em 2016, de 583 673 ha em Espanha e cerca de 30 000 ha em Portugal. A amplitude de solos existentes e as diferentes problemáticas associadas fazem com que seja da maior importância o conhecimento do porta-enxerto e variedade(s) a utilizar, as suas características, a adequação tanto aos diferentes tipos de solos como ao sistema de manejo e irrigação, mas também o seu efeito na evolução fenológica da variedade (Salazar e López-Cortés, 2008).

Na amendoeira, como na maioria das espécies fruteiras, a árvore é composta de duas partes distintas: o porta-enxerto, que fornece o sistema radicular e constitui a parte subterrânea, e a variedade, que fornece a parte aérea da árvore e é responsável pelas características da produção. Porta-enxerto e variedade são ligadas através da enxertia, normalmente efectuada próximo da superfície do solo (Arquero *et al.*, 2013).

Fitter (1991) assinala que a arquitetura de um sistema radicular determina o seu nível de exploração do solo, a sua capacidade de responder de forma dinâmica à disponibilidade de recursos através da atividade meristemática. Por outro lado, a tipologia do sistema radicular influi na eficiência da absorção e transporte de água e nutrientes até aos ramos (Lynch, 1995), pelo que o porta-enxerto é determinante no comportamento da amendoeira no pomar, uma vez que é quem confere a adaptabilidade da árvore ao meio terrestre (Clastle, 1978; Moreno, 2005). Neste sentido, diversas linhas de investigação destacam a importância da descrição da arquitetura do sistema radical.

A eficiência na aquisição de recursos, nutrientes e principalmente água, depende da forma, estrutura, peso, grossura e profundidade deste complexo sistema de raízes (Clarkson, 1996; Fitter, 1996). Também a ancoragem da árvore é em certa medida determinada pela geometria e crescimento radial do sistema radicular (Coutts, 1987).

Para Keppeler e Rickman (1991) referem o sistema radicular divide-se em três tipos de raízes, em primeiro lugar, as raízes principais, pivotantes ou não, que atuam principalmente como raízes de transporte durante a maior parte da sua vida; em segundo lugar, as raízes secundárias de primeira ordem cuja função pode ser de absorção ou transporte em função da idade da planta e da espécie; e em último lugar as pequenas raízes de absorção com uma vida muito efémera.

A escolha do material vegetal (porta-enxertos e variedades) adquire especial importância no cultivo do amendoal, pois disso depende, em parte, a viabilidade económica do pomar.

A existência de uma ampla gama de porta-enxertos e variedades de amendoeira permite aos agricultores a escolha das que apresentem as características mais adequadas às condições da exploração. As características varietais desejáveis diferem, em diferentes graus, para cada região, das condições e fatores presentes, como: o ambiente físico (clima e solo), as características da exploração, as técnicas culturais, o grau de mecanização, a disponibilidade e qualificação técnica do pessoal, etc.

Contudo, os aspetos mais determinantes a considerar na escolha das variedades estão relacionados com as características agronómicas, de entre os quais destacamos: a fenologia, a compatibilidade, a facilidade da poda, a produtividade, a alternância de produção, a resistência/tolerância a doenças e pragas, as características comerciais do fruto, etc..

5.2. Porta-enxertos mais utilizados na amendoeira

O porta-enxerto é a parte da planta que garante com o seu sistema radicular, a sustentação da planta, a absorção de água, nutrientes e o armazenamento de reservas. Atua em interação com a parte aérea (variedade), permitindo que se adapte a certas condições

do solo e condições edafoclimáticas de cultivo. Nesse contexto, o sucesso de uma plantação depende muito da boa escolha da associação "porta-enxerto/variedade". Se a escolha de uma boa variedade aparece aos olhos dos agricultores como evidente, já a escolha dos porta-enxertos merece bem menos preocupação. Contudo, também deverá ser tida em conta, uma vez que influencia o desenvolvimento, o vigor e a produção da árvore. O porta-enxerto constitui, ainda, como um meio adequado para superar algumas limitações de solo, de clima e por vezes sanitárias.

Até há poucos anos, aos amendoais eram destinadas parcelas de solos pobres e os pomares eram na sua generalidade conduzidos em condições de sequeiro, nestas condições o porta-enxerto utilizado era o franco de amendoeira, por vezes de amêndoa amarga ou amêndoas doces, muitas das vezes sem sequer ocorrer a diferenciação da variedade utilizada. Quando os pomares eram instalados em solos de maior profundidade e fertilidade recorria-se também a porta-enxertos francos de pessegueiro, mais exigentes em água, mas com maior desenvolvimento nos primeiros anos e entrada em produção mais precoce. Na actualidade existe uma gama mais alargada de opções, com destaque para os híbridos, com diferentes gamas de adaptabilidade a condições de solo, tolerância/resistência a doenças e mais adaptados a condições de intensificação.

Vários são os aspetos a considerar na escolha do porta-enxerto a utilizar (Salazar e Melgarejo, 2002; Monteiro *et al.*, 2003; Arquero *et al.*, 2013), nomeadamente:

Boa resposta ao transplante, desenvolvimento do sistema radicular e ancoragem;

Compatibilidade com a variedade escolhida;

Polivalência e adequação a todas ou diferentes variedades de amendoeira;

A homogeneidade do pomar;

Vigor que induz na planta e facilidade do seu controlo através de podas simples;

Longevidade dos pomares;

Comportamento face as condições adversas do solo;

A adaptação às condições climáticas extremas;

Adaptação ao sistema de cultivo (sequeiro / regadio, replantação, etc.);

Resistência a doenças do solo e pragas;

Influência sobre a produtividade e características do fruto;

A rapidez de entrada em produção, embora com reduzido significado.

A amendoeira em Portugal tem sido plantada tradicionalmente em solos delgados, relativamente pobres e cultivada em sequeiro. Atualmente está a expandir-se para solos com melhores condições, com maior profundidade, argilosos e uma parte significativa dos novos pomares são cultivados em regadio, aspetos que também devem ser tidos em conta na escolha do porta-enxerto.

O uso de porta-enxertos de amendoeira tem evoluído ao longo dos anos, passando dos porta-enxertos obtidos a partir de semente, para porta-enxertos obtidos através de propagação vegetativa, assegurando-se assim, uma maior homogeneidade das plantas e dos pomares. O desenvolvimento desta área colocou à disposição dos produtores uma gama de porta-enxertos com aptidões muito diferentes, que podem e devem ser utilizados face às condições de cultivo.

As principais características dos porta-enxertos mais utilizados na amendoeira são descritas de seguida:

5.2.1. Porta-enxerto: *Francos de amendoeira*

Os porta-enxertos francos de amendoeira, provenientes da propagação por via sexual, através de sementes amarga ou doce de diferentes variedades de onde se destacam: Verdeal, José Dias, Casanova, Garrigues, Marcona, Desmaio, Cristomorfo, Texas, Mission, etc, foram muito utilizados, especialmente quando

os amendoais eram instalados em condições de sequeiro e também em solos calcários (Monteiro *et al.* 2003; Arquero *et al.* 2013). Estes porta-enxertos são caracterizados pela sua rusticidade e resitência à falta de água, com boa adaptação a solos áridos e semi-áridos, solos pedregosos, resistência ao calcário ativo, e por conferirem ao pomar um longo período de vida (Salazar e Melgarejo, 2002). Contudo, apresentavam alguns problemas de transplante devido à sua raiz pivotante; mostravam-se muito sensíveis a doenças do solo como a armilária (causada por *Armillaria mellea* (Vahl) Kummer), a nemátodos (especialmente dos géneros *Meloidogine* sp.), e ao *Agrobacterium tumefaciens* (Smith y Tows.) Conn; são igualmente muito sensíveis à asfixia radicular em solos mal drenados; em algumas situações não respondem bem à variedade enxertada e apresentam dificuldade de enraizamento quando multiplicados por estacaria, com exceção dos Garrigues e Marcona (Salazar e Melgarejo, 2002). Apresentaram também como desvantagens agronómicas a heterogeneidade de desenvolvimento e comportamento no pomar, a menor produtividade, a entrada tardia em produção e a alta sensibilidade à asfixia radicular.

Os porta-enxertos francos de amêndoa amarga são ainda mais heterogéneos e com muita ramificação basal, todavia têm um sistema radicular secundário com forte geotropismo o que os torna especialmente adequados a zonas secas, originando árvores muito rústicas e com grande plasticidade (Salazar e Melgarejo,

2002). Estes aspetos levaram a que em Israel se tenham obtido três genótipos de amêndoa amarga, Alnem 1, Anem 88 e Alnem 201, de elevada resistência à seca e e resistentes a nematodes, características que conseguem transmitir à descendência (Salazar e Melgarejo, 2002). Face ao bom comportamento e vantagens dos porta-enxertos híbridos, atualmente, o uso do porta-enxertos francos provenientes de amêndoa amarga praticamente desapareceu, mantendo-se, com reduzida importância a utilização de porta-enxertos francos obtidos a partir de amêndoa doce das variedades Garrigues, Atocha e Marcona (Arquero *et al.* 2013).

5.2.2. Porta-enxerto: *Francos de pessegueiro*

Uma vez que que o franco de amendoeira não é tolerante ao excesso de humidade, nestas zonas tal como em regadio recorria-se a francos de pessegueiro como porta-enxerto (Salazar e Melgarejo, 2002). Estes porta-enxertos apresentavam como vantagens a boa adaptação ao regadio, melhor tolerância a doenças fúngicas do solo, maior homogeneidade, sistema radicular fasciculado, boa adaptação ao transplante, desenvolvimento inicial de plantação muito bom, rápida entrada em produção, boa compatibilidade com as variedades, e boa tolerância à verticilose provocada por *Verticillium* sp. (Salazar e Melgarejo, 2002). Contudo apresenta alguns inconvenientes como a baixa resistência ao calcário manifestando as variedades

sintomatologia de clorose férrica, e por vezes transmitem excessivo vigor (Salazar e Melgarejo, 2002). Na Europa não têm tido muita difusão, mas são frequentes na Califórnia (Arquero, 2013).

De acordo com Salazar e Melgarejo (2002) tem havido algum esforço de seleção de francos de pessegueiro especialmente nos Estados Unidos e em França, nomeadamente:

- Sementes de Lovell, Origem EUA, muito sensíveis a nematodes e a fadiga do solo, sem aptidão para situações de replantação, mas muito tolerante a solos pesados e enxarcados.

- Franco de Nemaguard, origem EUA, híbrido entre *Prunus persica* x *Prunus davidiana* considerado resistente a *Meloidogyne* sp., compatibilidade com a generalidade das variedades, mas sensível à clorose férrica e a situações de fadiga do solo e menos tolerante a solos pesados e enxarcados;

- Franco de Namared, origem EUA, procedente de pessegueiro de folha roxa “Bond Brook” e Nemaguard, com alto poder de germinação, considerado homogéneo, de pouca ramificação e resistente a *Meloidogyne* sp..

- Franco de GF-305, origem francesa, obtido pelo INRA através de sementes de Nonpareil, origina plantas vigorosas e resistentes a *Meloidogyne* sp. mas muito sensíveis a *Agrobacterium tumefaciens*. (Smith y Tows.) Conn.

5.2.3. Porta-enxerto: *Clonais de ameixeira*

De uma forma geral este tipo de porta-enxertos têm apresentado inconvenientes quando utilizados em amendoeira, tendo sido registados diferentes tipos de incompatibilidades quer localizada quer deslocalizada (Monteiro *et al.* 2003; Arquero *et al.* 2013; Salazar e Melgarejo, 2002). A sua utilização prende-se sobretudo com a procura de resistência à asfixia radicular, à clorose férrica e a doenças do solo (Salazar e Melgarejo, 2002; Arquero *et al.* 2013).

5.2.4. Porta-enxerto: Híbridos interespecíficos

O desenvolvimento de porta-enxertos híbridos proveniente do cruzamento de amendoeira com outras espécies procura obter características interessantes dos progenitores. Assim, os porta-enxertos híbridos de pessegueiro x amendoeira tem como objetivo aproveitar, por um lado, as características da amendoeira (enraizamento profundo, adaptação à produção em sequeiro e a solos calcários) e, por outro lado, do pessegueiro (bom desenvolvimento radicular), ou ameixeira x amendoeira (tolerância à asfixia radicular e resistência a doenças do solo).

5.2.4.1 Porta-enxerto híbridos: *pessegueiro x amendoeira*

GF 677: foi o primeiro híbrido de amendoeira x pessegueiro (*Prunus dulcis* x *Prunus persica*), obtido pelo INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) de Bordéus (França) (Bernhard e Grasselly, 1981). Tem sido largamente utilizados na cultura da amendoeira nas últimas décadas. Faculta às árvores boa ancoragem ao solo com sistema radicular desenvolvido (Figura 5.1), elevado vigor e afinidade com a variedade (Espada *et al.*, 2013; Zarrouk *et al.*, 2005) mostrando as árvores maior desenvolvimento que o franco de amendoeira (Felipe, 1987) proporciona rápida entrada em produção e induz elevados rendimentos (Bussi *et al.*, 1995), quer em condições de sequeiro, quer em regadio (Socias i Company *et al.*, 2009). É considerado um excelente porta-enxerto para a amendoeira, quer em sequeiro quer em regadio, desde que o terreno esteja livre de nemátodos do género *Meloidogyne* (Vargas *et al.*, 1985) e *Agrobacterium tumefaciens* (Zoina e Raio, 1999) e não tenha problemas de excesso de água, nem seja muito pesado. Este porta-enxerto tem, também, sido muito utilizado com sucesso em situações de replantação de amendoeira. Toleram solos calcários (Font i Forcada *et al.*, 2012) e clorose férrica (Moreno *et al.*, 2008). É um porta-enxerto considerado de difícil propagação vegetativa, através de estacas semi-lenhosa, aspeto que limita a sua ampla difusão. É propagado sobretudo através de cultura in-

vitro. Adequada compatibilidade com todas as variedades cultivadas de amendoeira.



Figura 5.1. Sistema radicular de uma planta jovem de GF-677.

GF 557: foi o primeiro híbrido de amendoeira x pessegueiro (*Prunus dulcis* x *Prunus persica*), obtido pelo INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) de Bordéus (França). Considerado resistente a *Meloidogyne*, mas muito sensível à asfixia radicular, com boa adaptação a solos pobres e secos.

Hansen: É uma seleção americana de que se destacam os clones Hansen 536 e Hansen 2168, obtidos por cruzamentos triplos de *Prunus davidiana* x *Prunus persica* cv. Okinawa x *Prunus dulcis* cv. *Almond B.*, vigorosos de porte ereto com um sistema radicular profundo, ramificado e bem desenvolvido e proporciona

uma excelente ancoragem. São resistentes aos nemátodos, à seca e bem adaptada a solos calcários. São ainda, considerados tolerantes a *Phytophthora* e inmunes a *Meloidogyne* (Felipe, 1989).

Adafuel: Porta-enxerto de origem espanhola obtido pelo CSIC-Aula Dei de Zaragoza em finais dos anos 80, resultando de um cruzamento de amendoeira de polinização livre da variedade Marcona x pessegueiro (*Prunus dulcis* x *Prunus persica*). Muito adaptado à seca, de crescimento semi-erecto, apresenta um vigor muito semelhante ao do GF 677 mas de propagação mais fácil. Adapta-se bem a solos ligeiros e calcários e apresenta maior tolerância à clorose férrica do que o GF 677 desde que os solos sejam bem drenados. É sensível ao *Agrobacterium* e muito sensível a nematodes (Cambra, 1990). Apresenta bom comportamento perante *Phytophthora* (Salazar e Melgarejo, 2002).

GxN-15 ou Garnem[®]: Obtenção espanhola pelo CITA (Servicio de Investigación Agraria de la Diputación General de Aragón) é resultado da descendencia cruzada de um cruzamento da variedade espanhola “Garfi” [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb] fecundada com pólen de pessegueiro norte-americano ‘Nemared’ [*P. persica* (L.) Batsch] (Felipe, 2009). Bom vigor comparável ao GF-677 ou Hasen 536 com produtividade similar. Folha vermelha-purpura, de fácil propagação clonal e boa compatibilidade com as variedades de

amendoeira (Felipe, 2009). Boa adaptação a solos calcários, mas mais adaptado a condições de regadio, boa adaptação a solos pobres desde que bem drenados (Felipe, 2009). Alto nível de resistência aos nematodes que atacam o género *Prunus*, nomeadamente *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, *Meloidogyne hapla* Chitwood, *Meloidogyne hispanica* Hirschmann, *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood, e *Meloidogyne javanica* (Trebub) Chitwood (Marull et al., 1991; Pinochet *et al.*, 1996, 1999). No entanto apresenta baixa tolerância à asfixia radicular e susceptível ao *Agrobacterium tumefaciens* (Felipe, 2009).



Figura 5.2. Sistema radicular de plantas jovens de GF-677, enxertadas com Belona (esquerda) e Lauranne (direita).

5.2.4.2. Porta-enxerto híbridos: *pessegueirox ameixeira*

Cadaman: obtenção de origem francesa-hugara (IFGO-INRA) por hibridação entre *Prunus persica* e *Prunus davidiana*. Permite a plantação da amendoeira em situações de asfixia radicular. É um porta-enxerto muito vigoroso, e com boa compatibilidade com as variedades de amendoeira, que tolera melhor as situações de asfixia que o GF 677, apresenta um sistema radicular bem desenvolvido e induz boas produções. Responde bem a “solos cansados” tolerando bem situações de replantação. Árvores com rápida entrada em produção e antecipação de colheita, muito bom vigor, boa produtividade, resistente à asfixia (Salazar e Melgarejo, 2002). Mostrou ser imune aos ataques de *Meloidogyne javanica* (Pinochet *et al.*, 1999).

Rootpac® 20 (Densipac): obtenção de origem espanhola (Agromillora Iberica, S.L.) por hibridação entre o cruzamento híbrido ameixeira (*P. besseyi* x *P. cerasifera*). Porta-enxerto de baixo vigor, cerca de 50% do GF-677, boa compatibilidade com as variedades de amendoeira. Muito produtivo, originando boa produção e bom calibre para além de antecipar a colheita. Boa plasticidade de adaptação a diferentes gamas de temperaturas, e boa adaptação a solos pesados e zonas frias, ideal para plantações de alta densidade. Altamente tolerante à asfixia

radicular moderadamente resistente a resistente a nematodes, e sensível ao agrobacterium.

Rootpac® 40 (Nanopac): obtenção de origem espanhola (Agromillora Iberica, S.L.) por híbrido de pessegueiro x amendoeira [(*Prunus dulcis* x *Prunus persica*) x (*Prunus dulcis* x *Prunus persica*)]. Porta-enxerto de médio vigor, cerca de 25-30% menos que o GF-677, boa compatibilidade com as variedades de amendoeira e com capacidade de antecipar a colheita. Boa plasticidade de adaptação mas em especial às regiões com baixas horas de frio. Mais tolerante à asfixia que a maioria dos híbridos de pessegueiro x amendoeira, moderadamente tolerante à clorose, susceptível a moderadamente tolerante a nemátodes e sensível ao agrobacterium.

Rootpac® 70 (Purplepac): obtenção de origem espanhola (Agromillora Iberica, S.L.) por híbrido de pessegueiro x amendoeira-pessegueiro [(*Prunus persica* x *Prunus davidiana*) x (*Prunus dulcis* x *Prunus persica*)]. Porta-enxerto de médio-alto vigor, cerca de 20% menos que o GF-677, boa compatibilidade com as variedades de amendoeira. Altamente produtivo, originando boa produção e bom calibre. Boa plasticidade de adaptação mas em especial às regiões com baixas horas de frio. Sensível à asfixia ainda que menos que os porta-enxertos de

pessegueiro, tolerante à clorose, susceptível a moderadamente resistente a nemátodes, e sensível ao agrobacterium.

Rootpac® 90 (Greenpac): obtenção de origem espanhola (Agromillora Iberica, S.L.) por hibridação entre o cruzamento híbrido pessegueiro x amendoeira-pessegueiro [*P. dulcis* (Mill.) D.A.Webb x *P. persica* “Felinem” como parente feminino e o híbrido de pessegueiro] [*Prunus persica* (L.) Batsch x *P. davidiana* (L.) Batsch] “Cadaman” como dador de pólen. Mais apropriado para pessegueiros e nectarinas mas também usado em amendoeira (Pinochet, 2009). De vigor semelhante ao GF-677, altamente produtivo, e com boa plasticidade de adaptação climática, resistente às espécies de nematodes encontrados na região mediterrânica, isto é, *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood e *M. javanica* (Treub) Chitwood (Pinochet, 2009). Tolerante à clorose férrica e prefere solos bem drenados. Baixa tolerância à asfixia radicular (Pinochet, 2009).

Rootpac® R (Replantpac): obtenção de origem espanhola (Agromillora Iberica, S.L.) por hibridação entre mirabolano (*Prunus cerasifera* Ehr.) e de amendoeira (*Prunus dulcis*), ambos de origem desconhecida (Pinochet, 2010). Porta-enxerto muito produtivo e com grande amplitude de utilização em espécies do género *Prunus*, sendo inicialmente

desenvolvido para ameixeira-japonesa, pessegueiro e nectarina, mas as suas boas características agronómicas fizeram com que a sua utilização fosse estendida à amendoeira e algumas cultivares de damasqueiro, especialmente onde as características de solo não permitem o desenvolvimento de outros porta-enxertos (Pinochet, 2010). Considerado ideal para situações de replantação. Tal como os porta-enxertos GF 677 e GxN Garnem[®], é um porta-enxerto vigoroso e sem tendência a emitir ladrões. Mostrou ser muito produtivos nos Estados Unidos em diferentes variedades de amendoeira e em especial com a NonPareil (Pinochet *et al.*, 2011). A sua principal vantagem relativamente a outros porta-enxertos reside na sua adaptabilidade a solos de textura argilosa donde os híbridos de pessegueiro x amendoeira apresentam problemas de desenvolvimento. Mostra alta tolerância à asfixia radicular, à clorose férrica e ao calcário ativo e uma resposta moderada à salinidade (Pinochet, 2010). Apresenta ainda uma elevada sobrevivência ao ataque de nematodes e podridões radiculares originadas por *Rosellinia necatrix* (Pinochet, 2009).

5.3. Variedades de amendoeira mais utilizadas

Existe uma grande diversidade de variedades de amendoeiras a nível mundial e em Portugal. Esta grande riqueza genética permite aos produtores a escolha das variedades mais adaptadas às

condições da região onde pretende instalar o pomar. No entanto, nos maiores países produtores, assiste-se a uma tendência para assentar a produção num conjunto relativamente reduzido de variedades (Vargas, *et al.* 2006; Socias i Company, *et al.* 2010; Calvo & Gómara 2011; Arquero, *et al.* 2013).

O potencial produtivo da amendoeira pode ser negativamente afetado por diferentes fatores de entre os quais destacamos os relacionados com o clima, particularmente as geadas tardias e a precipitação no momento da floração, que podem causar uma diminuição drástica na produção. Assim, a data de floração é um dos fatores mais decisivos para o sucesso do pomar. Além destes aspetos, o potencial produtivo é também afetado pelo sistema de cultivo (regadio, sequeiro, manutenção do solo, etc.), as características da exploração (tamanho, qualificação técnica do pessoal, disponibilidade de polinizadores, etc.), os inimigos da cultura (doenças e pragas) (Monteiro *et al.* 2003; Miarnau, *et al.* 2008; Vargas, *et al.* 2008; Arquero, *et al.*, 2013).

Os aspetos mais determinantes a considerar na escolha das variedades estão relacionados com as características agronómicas do material vegetal, de entre os quais detacamos: a fenologia (em regiões com risco de geadas, deve optar-se por variedades de floração tardia), a compatibilidade (preferível a instalação de variedades auto-compatíveis), a facilidade da poda, a produtividade, a alternância de produção, a resistência/tolerância a doenças e pragas, as características

comerciais do fruto (frutos duplos são depreciados no mercado), o rendimento em miolo, etc., aspetos detalhados de seguida.

5.3.1. Fatores a considerar na seleção das variedades

A existência de um número vasto de variedades de amendoeira permite aos agricultores a escolha daquelas que apresentem as características mais adequadas às condições da exploração e aos objetivos da produção.

Deveremos ter presente que nem sempre as variedades consideradas mais produtivas são as mais adequadas, pois podem apresentar desvantagens como a dificuldade de formação e poda, a data de floração ou maturação em épocas desadequadas, a susceptibilidade a doenças e pragas, o menor valor comercial, etc., o que faz com que uma variedade potencialmente menos produtiva seja a mais aconselhada.

Na eleição das variedades os aspectos que devem ser levados em consideração são sobretudo relacionados com as exigências climáticas, a compatibilidade e fertilidade, a data de floração e maturação, os hábitos vegetativos, a facilidade de poda, o desempenho agronómico e as características comerciais do fruto.

Exigências climáticas: para que a amendoeira floresça é necessário satisfazer as exigências de horas de frio mas também as necessidades de calor. A amendoeira é considerada uma

espécie pouco exigentes em horas de frio, que podem variar entre 100 e 400 horas, dependendo da variedade, sendo que as variedades de floração mais tardia são aqueles que maiores exigências em frio apresentam. Outro aspecto importante a considerar são os estragos provocados pela geada ao nível da produção, sendo este caráter independente da época de floração. Algumas variedades como a “Tuono” e “Desmaio Largueta” não são tão afectadas pela geada, uma vez que a primeira floração tardia e a segunda floração muito precoce (Vargas, *et al.* 2008; Socias i Company, *et al.* 2010; Arquero, *et al.*, 2013).

Compatibilidade e fertilidade: a amendoeira é uma espécie com flores completas, ou seja, dotada de órgãos masculinos e femininos e polinização entomófila, que na sua maioria ocorre devida à acção das abelhas. Nas variedades auto-incompatíveis é **inviável** a fecundação das flores com pólen da mesma variedade, enquanto nas auto-férteis é possível a fecundação do óvulo com o pólen da mesma variedade. A maioria das variedades de amendoeira são auto-incompatíveis pelo que este aspeto é dos que mais condiciona a instalação do pomar. As variedades tradicionais dos principais países produtores, entre os quais Portugal e Espanha, são auto-incompatíveis. Assim, o uso deste tipo de variedades apresenta uma série de condicionantes no desenho do pomar, dificultando a sua gestão e podendo prejudicar ou comprometer a produtividade.

O carácter de auto-incompatibilidade obriga à instalação de pelo menos duas variedades inter-compatíveis entre si e com coincidência de floração, sendo preferível a instalação de três variedades. É aconselhável colocar pelo menos 30% da área do pomar com a variedade ou variedades polinizadoras e a restante área com a variedade principal, distribuída pelo pomar. Da mesma forma, é absolutamente necessária a presença de abelhas e condições climáticas adequadas no período de floração (ausência de chuva, vento, nevoeiro e temperatura adequada), que permitam uma boa atividade dos insectos (Monteiro *et al.* 2003; Lopez, *et al.* 2005; Miarnau, *et al.* 2008; Socias i Company, *et al.* 2010; Arquero, *et al.*, 2013). Estas desvantagens das variedades auto-incompatíveis estimularam o desenvolvimento de variedades auto-compatíveis.

O uso de variedades auto-compatíveis permite a instalação de pomares monovarietais, nos quais a gestão agronómica é mais fácil. A auto-fertilidade é essencial para plantações monovarietais ou regiões com escassa presença de abelhas (Socias i Company, *et al.* 2010; Arquero, *et al.*, 2013). Se a auto-compatibilidade é completa, ou seja, a morfologia floral permite o contacto das anteras com o estigma (auto-fertilidade), a necessidade de condições climáticas ótimas e a presença de insetos transportar os grãos de pólen, reduz-se significativamente. No entanto, especialmente para grandes pomares é aconselhável a utilização de mais de uma variedade com data de floração coincidente e a

colocação de algumas colmeias pelo efeito positivo que tem na quantidade e qualidade das produções (Valdés, *et al.* sd; Arquero, *et al.*, 2013).

As enormes vantagens obtidas com as variedades auto-férteis condicionaram os programas de melhoramento nesse sentido, sendo neste momento auto-férteis a maioria das novas variedades de amendoeira.

Períodos de floração: a amendoeira é uma das espécies com floração mais precoce, apesar de ser habitual a instalação de amendoal em áreas com ocorrência de geadas frequentes até final do inverno. Este fenómeno é um dos principais fatores responsáveis pela perda da produção uma vez que as flores e frutos recém-formados são extremamente sensíveis às temperaturas registadas em noites de geadas.

O período de floração deve ser um aspeto a ter em conta a escolha das variedades. A data de floração é um carácter intrínseco de cada variedade, apesar das variações ocorridas em função das condições climatéricas registadas em cada região e de ano para ano. Em função disso o período de floração pode ser antecipado ou retardado, embora as diferenças entre as variedades tendam a manter-se. A quase totalidade das variedades tradicionais apresenta floração precoce ou muito precoce, enquanto as “novas variedades”, e que por vezes foram seleccionadas com esse objetivo, são de floração tardia ou muito tardia (Monteiro *et al.*

2003; Lopez, *et al.* 2005; Miarnau, *et al.* 2008; Socias i Company *et al.* 2010; Valdés, *et al.* sd; Arquero, *et al.* 2013).

Fenologia: como se referiu a amendoeira é uma das espécies frutícolas de floração mais precoce, sendo esse aspeto uma das principais razões para a baixa produtividade devido aos prejuízos provocados pelas geadas e dificuldade na floração. Outro aspecto fenológico a considerar é a data de maturação, especialmente em grandes pomares. Para facilitar a colheita é conveniente escolher variedades com maturação escalonada.

Hábitos vegetativos: são também características importantes na escolha da variedade, dado que afetam entre outros aspectos, a densidade da plantação, a formação das árvores, a poda, a gestão do pomar e os custos de produção, são os hábitos vegetativos das variedades. Os principais parâmetros vegetativos são o vigor, o porte e o grau de ramificação.

O porta-enxerto tem efeito determinante no vigor da árvore, contudo, a variedade também exerce uma influência considerável. Algumas variedades como “Masbovera”, “Marta”, “Constantí”, “Vayro”, “Ferragnes” e “José Dias” são muito vigorosas, enquanto outros, como a “Belona”, “Soleta”, “Lauranne”, “Tuono” e “Bonita de São Brás” apresentam um vigor inferior (quadro 5.1 a 5.3).

As variedades de amendoeira apresentam marcada diferença quanto ao porte, sendo considerada os seguintes: **prostrado, aberto, semi-ereto, ereto e muito ereto.** As

variedades de porte semi-ereto/ereto como a “Masbovera”, “Ferragnès”, “Constantí”, “Marinada” e “Glorieta” são as mais recomendadas, pois são mais fáceis de formar e conduzir, e podem suportar elevadas produções sendo a gestão do pomar mais facilitada (quadro 5.1 a 5.3). Árvores com porte muito ereto obrigam a reconduções dos ramos estruturais por ramos mais abertos, para alcançar um volume de copa adequado. Por outro lado, nas variedades com porte pendente, existe o perigo de quebra dos ramos, sendo necessário reconduzir os ramos estruturais sobre ramos interiores (Valdés, *et al.* Sd; Vargas, *et al.* 2008; Socias i Company *et al.* 2010; Calvo & Gómara 2011; Arquero, *et al.* 2013).

No que diz respeito à ramificação, são aconselháveis as variedades com um alto grau de ramificação como a “Belona”, “Marcona”, “Ferraduel” e “Parada”, porque apresentam produtividades mais elevadas e um maior número de pontos de produção potenciais (quadro 5.1 a 5.3). No entanto, um excesso de ramificação pode dificultar a formação das árvores e encarecer a poda (Valdés, *et al.* Sd; Vargas, *et al.* 2008; Calvo & Gómara 2011; Arquero, *et al.* 2013).

Resistência/tolerância a doenças: existem diferenças marcadas de susceptibilidade das variedades a algumas doenças importantes da amendoeira (quadro 5.1 a 5.3). A maior ou menor susceptibilidade das variedades às principais doenças deverá ser tido em conta na escolha das variedades, caso a área onde vamos

instalar o pomar apresente condições ambientais favoráveis para a incidência de doença, como a moniliose (*Monilia* spp.) ou a mancha ocre (*Polystigma ochraceum*) e a sua presença obrigar a um maior número de tratamentos fitossanitários (Salazar e Melgarego, 2002; Miarnau, 2014; Arquero, *et al.* 2013).

Produtividade: o máximo potencial da amendoeira, segundo Calvo & Gómara (2011), Arquero *et al.* (2013), e Miarnau, (2014), situa-se próximo dos 3.000 kg / ha de amêndoa em grãos. A produtividade média em Portugal é muito baixa, da ordem dos 250 kg / ha de amêndoa em grãos. Esta baixa produtividade deve-se a vários factores, de entre os quais destacamos a instalação dos pomares em solos pobres, a exploração maioritariamente em condições de sequeiro, as condições climáticas, a deficiente gestão cultural dos pomares e muito em particular o material vegetal (Monteiro *et al.*, 2003).

Outro aspecto produtivo importante é o grau de alternância de produção, característica de algumas variedades. É sempre aconselhável que uma variedade mantenha regularidade produtiva. Variedades como a “Cristomorto”, “Ferraduel”, “Rumbeta” e “Casa Nova” “Verdeal” “Boa Casta”, apresentam uma acentuada alternância, enquanto outras como “Lauranne”, “Ferragnes”, “Guara” “Tuono”, Marcona” “Marinada” e “Bonita de São Brás”, apresentam baixa alternância (Monteiro *et al.* 2003; Valdés, *et al.* Sd; Vargas, *et al.* 2008; Calvo & Gómara 2011; Arquero, *et al.* 2013).

Características do fruto: o fruto é uma drupa constituída pelo epicarpo, mesocarpo, endocarpo e semente. A parte exterior do fruto é macia (epicarpo e mesocarpo), conhecida por casca ou pele, enquanto o endocarpo é chamado de casca. No interior do fruto encontra-se a semente (grão), que é a parte comestível e comercial.

O rendimento casca/grãos: o peso médio das sementes e a percentagem de sementes duplas têm uma componente genética marcada, embora o seu valor também possa ser influenciado pelas condições ambientais, pela gestão cultural do pomar e produção, originando diferenças regionais e anuais (Valdés, *et al.* Sd; Vargas, *et al.* 2008; Arquero, *et al.* 2013).

5.3.2. Caraterização sumária das principais variedades

De seguida apresentam-se de forma sumárias características morfológicas, fisiológicas agronómicas e comerciais de algumas variedades portuguesas e estrangeiras mais cultivadas, na atualidade, em Portugal.

Variedades Portuguesas:

Bonita: variedade portuguesa com origem na Terra Quente Transmontana. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce. Apresenta vigor médio, porte semi-ereto, média

produtividade e ligeira tendência para a alternância (quadro 5.1).

Casanova: variedade portuguesa da região do Alto Douro. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce. Apresenta vigor médio, porte ereto e grande alternância (quadro 5.1).

Dona Virtude: variedade portuguesa da região do Alto Douro. Requer polinização cruzada e floração muito precoce. Apresenta vigor muito elevado, porte prostrado, baixa produtividade e acentuada alternância (quadro 5.1).

Gama: variedade portuguesa da região do Alto Douro. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce. Apresenta vigor forte, porte aberto, produtividade reduzida e grande alternância (quadro 5.1).

Marcelina Grada: variedade portuguesa com origem na Terra Quente Transmontana. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce. Apresenta vigor médio a fraco, porte ereto e baixa a média produtividade (quadro 5.1).

Mourisca: variedade portuguesa da região do Alto Douro. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce. Apresenta vigor médio, porte aberto, baixa produtividade e lenta entrada em produção (quadro 5.1).

Parada: variedade portuguesa com origem na região do Alto Douro. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce.

Apresenta vigor médio, porte aberto e média produtividade (quadro 5.1).

Romeira: variedade portuguesa da região do Alto Douro. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce. Apresenta vigor forte, porte aberto, baixa produtividade e acentuada alternância (quadro 5.1).

Verdeal: variedade portuguesa com origem na região do Alto Douro. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce. Apresenta vigor muito elevado, porte aberto, muito produtiva e acentuada alternância (quadro 5.1).

Boa Casta: variedade portuguesa originária do Algarve. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce. Apresenta vigor médio, porte aberto, pouco produtiva e acentuada alternância (quadro 5.1).

Bonita de São Brás: variedade portuguesa originária do Algarve. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce. Apresenta vigor médio a fraco, porte aberto, produtividade média, rápida entrada em produção, mas ligeira alternância (quadro 5.1).

Duro Amarelo: variedade portuguesa originária do Algarve. Requer polinização cruzada e floração semi-precoce. Apresenta vigor médio, porte aberto e produtividade baixa (quadro 5.1).

José Dias: variedade portuguesa originária do Algarve. Requer polinização cruzada e floração precoce. Apresenta vigor médio a forte, porte aberto, pouco produtiva e rápida entrada em produção (quadro 5.1).

Variedades Espanholas:

Belona: obtida através de cruzamento entre a variedade ‘Blanquerna’ x ‘Belle d’Aurons’, no CITA de Aragón. É uma variedade auto-fértil de floração tardia e vigor médio (quadro 5.2).

Constantí: obtida através de cruzamento entre a variedade ‘FGFD2’ x ‘polinização livre’, no IRTA da Catalunha. É uma variedade auto-fértil de floração tardia, porte semí-ereto e vigor médio a forte (quadro 5.2).

Desmayo Largueta: variedade espanhola da região de Tarragona, mas com grande difusão em Espanha uma vez que apresenta boa adaptação a condições agroecológicas distintas. Requer polinização cruzada, floração precoce e colheita tardia. Apresenta vigor médio e abundante ramificação (quadro 5.2).

Guara: obtida a partir de seleção clonal e sanitária de uma variedade desconhecida, na Unidade de Fruticultura S.I.A. Zaragoza. É uma variedade auto-fértil de floração tardia e maturação precoce. Variedade de vigor médio, reduzida ramificação e porte aberto/pendente (quadro 5.2).

Marcona: variedade originária da região de Alicante com grande difusão em Espanha e outros países. É considerada a variedade de melhor qualidade em todo o mundo. É muito produtiva, de maturação tardia e requer a polinização cruzada. Fruto e semente homogénea arredondada, casca dura. Árvore de porte semi-ereto, vigor médio e com a floração meia estação/precoce (quadro 5.2).

Marinada: obtida através de cruzamento entre a variedade 'Lauranne' × 'Glorieta', no IRTA da Catalunha. É uma variedade auto-fétil de floração muito tardia, porte semi-ereto e vigor médio (quadro 5.2).

Marta: obtida através de cruzamento entre a variedade 'Ferragnès' × 'Tuono', no CEBAS de Murcia. É uma variedade auto-fétil de floração tardia, porte ereto e vigor elevado (quadro 5.2).

Masbovera: obtida através de cruzamento entre a variedade 'Primorskyi' × 'Cristomorto', no IRTA da Catalunha. É uma variedade que requer polinização cruzada, floração tardia, porte semi-ereto e elevado vigor (quadro 5.2).

Penta: obtida através de cruzamento entre a seleção "CEBAS S5133" × 'Lauranne', no CEBAS de Murcia. É uma variedade auto-fétil de floração muito tardia, porte semi-ereto e vigor médio (quadro 5.2).

Soleta: obtida através de cruzamento entre a variedade 'Blanquerna' x 'Belle d'Aurons', no CITA de Aragón. É uma variedade auto-fértil de floração tardia, vigor médio e porte prostrado (quadro 5.2).

Tardona: obtida através de cruzamento entre a seleção "CEBAS S5133" x Seleção Grasselly R1000, no CEBAS de Murcia. É uma variedade auto-fértil de floração extremamente tardia, porte semi-ereto, ramificação abundante e vigor médio (quadro 5.2).

Tarraco: obtida através de cruzamento entre " Ferralise 'x' Tuono 'x' Anxaneta ", no IRTA da Catalunha. É uma variedade de floração muito tardia e requer a polinização cruzada, porte semi-ereto, ramificação abundante e vigor médio (quadro 5.2).

Vayro: obtida através de cruzamento entre ('Primorskij' x 'Cristomorto') x " Lauranne ", no IRTA da Catalunha. É uma variedade auto-fértil de floração tardia, vigor elevado e porte semi-ereto (quadro 5.2).

Variedades Francesas:

Ferraduel: obtida através de cruzamento entre a variedade 'Cristomorto' x 'Aï', no INRA em França. É uma variedade de floração tardia e requer a polinização cruzada. Árvore vigor médio a alto, muito produtiva e colheita em meia estação. O

fruto apresenta casca dura e semente amigdalóide, plana e larga. (quadro 5.3).

Ferragnès: obtida através de cruzamento entre a variedade ‘Cristomorto’ x ‘Al’, no INRA em França. É uma variedade de floração semi-tradia e requer a polinização cruzada. Árvore muito vigorosa e muito produtiva. O fruto apresenta casaca mole, semente elíptica e larga. (quadro 5.3).

Ferrastar: obtida através de cruzamento entre a variedade ‘Cristomorto’ x ‘Ardéchoise’, no INRA em França. É uma variedade de floração tradia e requer a polinização cruzada. Árvore de vigor médio, porte ereto, muito produtiva e adaptada a diferentes regiões. O fruto apresenta casaca dura, semente alongada e bom rendimento na britagem (quadro 5.3).

Lauranne: obtida através de cruzamento entre a variedade ‘Ferragnes’ x ‘Tuono’, no INRA em França. É uma variedade auto-fértil de floração tardia. Árvore de vigor médio, porte aberto e muito produtiva. O fruto apresenta casaca semi-dura, semente alongada e bom rendimento na britagem (quadro 5.3).

Variedades Italianas:

Cristomorto: variedade originária da região Italiana de Apúlia e muito utilizada em programas de melhoramento genético. É uma variedade de floração tradia e requer a polinização cruzada. Árvore vigorosa, porte aberto e elevada produtividade.

Casca dura, fruto e semente amigdalóide. Bastantes sementes duplas. (quadro 5.3).

Supernova: obtida através de mutação provocada pela irradiação na variedade 'Fascionello', no ISF de Roma. É uma variedade auto-fértil de floração tradia. Árvore de vigor médio, porte semi-ereto e elevada produtividade. Casca dura e elevado número de sementes duplas. (quadro 5.3).

Tuono: variedade originária de Itália e muito utilizada em programas de melhoramento genético. É uma variedade auto-fértil de floração tradia. Árvore de vigor médio, porte semi-ereto e elevada produtividade. Casca dura, fruto e semente semente amigdalóide. Grande número de sementes duplas. (quadro 5.3).

Variedades Americanas:

Nonpareil: variedade originária da região da Califórnia (USA), sendo a variedade mais difundida nos USA. É uma variedade de floração semi-tradia e requer a polinização cruzada. Vigor elevado, porte semi-ereto e pouca ramificação. Frutos de casca mole e semente elíptica arredondado (quadro 5.3).

Texas: variedade originária da região da Califórnia (USA). É uma variedade de floração semi-tradia e requer a polinização cruzada. Vigor elevado e porte ereto e ramificação escassa. Frutos de casca mole e muitas sementes duplas (quadro 5.3).

Quadro 5.1 - Características de algumas variedades tradicionais de amendoeira, cultivadas na região de Trás-os-Montes e Algarve

| | Trás-os-Montes | | | | | | | | | Algarve | | | |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|
| | Bonita | Casanova | Dona Virtude | Gama | Marcelina Grada | Mourisca | Parada | Romeira | Verdeal | Boas Casta | Bonita de S. Brás | Duro Amarela | José Dias |
| Morfologia e fisiologia | | | | | | | | | | | | | |
| Vigor | médio | médio | muito forte | forte | fraco-médio | médio | fraco- médio | forte | muito forte | médio | médio | fraco-médio | médio-forte |
| Porte | semi-ereto | ereto | prostado | aberto | ereto | aberto | aberto | aberto | aberto | aberto | aberto | aberto | aberto |
| Ramificação | média | média | abundante | média | média | média | abundante | abundante | abundante | escassa | abundante | médio-abundante | médio-abundante |
| Frutificação | ramalhetes e ramos mistos | ramalhetes e ramos mistos | ramos curtos e ramos mistos | ramos curtos e ramalhetes | ramalhetes e ramos mistos | ramos mistos | ramos mistos | ramos curtos | ramos mistos | ramos curtos | ramalhetes e ramos mistos | ramos mistos | ramos curtos e ramos mistos |
| Formação | fácil | fácil | difícil | difícil | fácil | fácil | | difícil | alguma dificuldade | | fácil | difícil | difícil |
| Floração | precoce-média | média | muito precoce- | precoce-média | precoce-média | precoce-média | média | precoce-média | precoce-média | | precoce-média | precoce | precoce |
| Fertilidade | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível | auto-incompatível |
| Características Agronómicas | | | | | | | | | | | | | |
| Entrada em produção | | média | | | tardia | tardia | | tardia | tardia | | precoce | | precoce |
| Produtividade | média | | baixa | baixa | baixa-média | baixa | média | baixa | elevada | baixa | média | baixa | baixa-média |
| Alternância | ligeira | elevada | média | média | média | média | | média | elevada | elevada | ligeira | | |
| Susceptib. a doenças | | | | | | | resistente | | | | resistente | | |
| Características comerciais | | | | | | | | | | | | | |
| Dureza da casca | muito dura | muito dura | dura | muito dura | muito dura | muito dura | muito dura | muito dura | muito dura | dura | dura | dura | muito dura |
| Forma | amigdalóide | elíptico | elíptico | elíptico | elíptico | elíptico | elíptico | cordiforme | amigdalóide | amigdalóide | elíptico | amigdalóide | cordiforme |
| Rendimento (%) | 20-22 | 20 | 29 | 24 | 20-23 | 22-24 | 22-24 | 23 | 23 | 30 | 32-34 | 28-30 | 20-22 |
| Gêmeas (%) | 0 | 0 | >25 | 0 | 5-10 | 10-15 | < 5 | 15-20 | 0 | < 5 | <2 | 15-20 | >25 |
| Tamanho do grão | médio | médio | médio | médio-grande | grande | pequeno-médio | médio | médio | | médio | médio | pequeno-médio | pequeno-médio |
| Peso médio (g) | | 1,2 | | | 1,2 | | 1,4 | | 1,2 | | | | |
| Forma | amigdalóide | | | | | | elíptica | | | amigdalóide | | | |
| Tegumento | | estriado | | | | | liso | | liso | | | | |

Quadro 5.2 - Características de algumas variedades de amendoeira obtidas em Espanha, mais utilizadas na atualidade em Portugal

| | Belona | Constantí | Desmayo Largueta | Guara | Marcona | Marinada | Marta | Masbovera | Penta | Soleta | Tardona | Tarraco | Vayro |
|------------------------------------|--------------------|-------------|--------------------|------------|--------------------|---------------|-------------|------------------|--------------|--------------------|--------------|------------------|---------------|
| Morfologia e fisiologia | | | | | | | | | | | | | |
| Vigor | médio | forte | médio-forte | médio | médio-forte | médio | muito forte | muito forte | rmédio | rmédio | rmédio | médio | muito forte |
| Porte | prostrado | semi-ereto | aberto | aberto | semi-ereto | semi-ereto | ereto | semi-ereto | semi-ereto | prostrado | aberto | semi-ereto | semi-ereto |
| Ramificação | abundante | média | abundante | escassa | abundante | média-escassa | escassa | média | média | abundante | abundante | média-escassa | média |
| Frutificação | ramalhetes | ramalhetes | ramo misto | ramalhetes | ramo misto | ramalhetes | ramalhetes | ramalhetes | ramo misto | ramalhetes | ramo misto | ramalhetes | ramalhetes |
| Formação | alguma dificuldade | fácil | alguma dificuldade | difícil | alguma dificuldade | fácil | fácil | fácil | fácil | alguma dificuldade | fácil | fácil | fácil |
| Floração | tardia | tardia | muito precoce | tardia | média | muito tardia | tardia | tardia | muito tardia | tardia | muito tardia | muito tardia | tardia |
| Fertilidade | autofertil | autofertil | autoincompatível | autofertil | autoincompatível | autofertil | autofertil | autoincompatível | autofertil | autofertil | Autofertil | autoincompatível | autofertil |
| Características Agronómicas | | | | | | | | | | | | | |
| Entrada em produção | precoce | precoce | média-tardia | precoce | precoce | muito precoce | rápida | rápida | rápida | precoce | precoce | muito precoce | precoz |
| Produtividade | elevada | elevada | elevada | elevada | muito elevada | muito elevada | elevada | elevada | elevada | elevada | elevada | muito elevada | muito elevada |
| Alternância | baixa | baixa | | baixa | baixa | baixa | baixa | baixa | baixa | baixa | baixa | | baixa |
| Susceptib. a doenças | | | | | sensível | | | resistente | resistente | | | | |
| Características comerciais | | | | | | | | | | | | | |
| Dureza da casca | dura | dura | dura | dura | dura | fragil | dura | dura | dura | dura | dura | dura | dura |
| Forma | arredondada | arredondada | | elíptica | redonda | | | amigdalóide | elíptica | | alongada | | |
| Rendimento (%) | 27-35 | | 25-28 | 35 | 24-26 | | 32 | 28 | 30 | | 25 | | |
| Gêmeas (%) | | | baixa | 5-10 | 2 | | 0 | 0-1 | 0 | | 0 | <5 | |
| Tamanho do grão | | | médio | | médio | | | médio-grande | médio | | | | |
| Peso médio (g) | 1,3 | 1,5 | 0,8 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 1,2 | 1,4 | 1,0 | 1,7 | 0,8 | | 0,9 |
| Forma | arredondada | pontiaguada | | elíptica | | | | amigdalóide | elíptica | | arredondado | | |
| Tegumento | Pouco rugoso | | | liso | | | | médio | | | | | |

Quadro 5.3 - Características de algumas variedades de amendoira estrangeiras utilizadas em Portugal

| | Variedades Francesas | | | | Variedades Italianas | | | Varied. Americanas | |
|------------------------------------|----------------------|------------------|------------------|---------------|----------------------|---------------|------------------|--------------------|------------------|
| | Ferraduel | Ferragnès | Ferrastar | Lauranne | Supernova | Tuono | Cristomorto | Nonpareil | Texas |
| Morfologia e fisiologia | | | | | | | | | |
| Vigor | médio-alto | forte | médio | médio | forte | médio | médio-forte | forte | forte |
| Porte | aberto | semi-ereto | ereto | aberto | aberto | semi-ereto | aberto | semi-ereto | erecto |
| Ramificação | abundante | média | escassa | média | média | escassa | escassa | média | média |
| Frutificação | ramalhetes | ramalhetes | ramalhetes | ramalhetes | ramalhetes | ramalhetes | ramalhetes | ramalhetes | Ramos mistos |
| Formação | alguma dificuldade | fácil | fácil | fácil | alguma dificuldade | fácil | difícil | | |
| Floração | tardia | tardia | tardia | tardia | tardia | tardia | tardia | média | média |
| Fertilidade | autoincompatível | autoincompatível | autoincompatível | autofertil | autofertil | autofertil | autoincompatível | autoincompatível | autoincompatível |
| Características Agronómicas | | | | | | | | | |
| Entrada em produção | precoz | média | média | precoz | | precoz | | | |
| Produtividade | elevada | elevada | média | elevada | | elevada | elevada | muito elevada | elevada |
| Alternância | baixa | baixa | baixa | muito baixa | | baixa | média | baixa | baixa |
| Susceptib. a doenças | resistente | resistente | resistente | sensível | | sensível | Fusicoccum | | |
| Características comerciais | | | | | | | | | |
| Dureza da casca | dura | semi-dura | semi-dura | dura | dura | dura | dura | molar | semi-molar |
| Forma | amigdalóide | elíptica | alongada | alongada | elíptica | amigdalóide | amigdalóide | amigdalóide | cordiforme |
| Rendimento (%) | 28 | 32 | 28 | 34 | 35-40 | 34 | 27-28 | 60-65 | 45 |
| Gêmeas (%) | baixa | 1 | 0 | baixa | 15-20 | 20 | 15-25 | baixa | >20 |
| Tamanho do grão | médio-pequeno | médio-pequeno | médio-pequeno | médio-pequeno | grande | médio-pequeno | médio | médio | pequeno |
| Peso médio (g) | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 1,1 | | 1,2 | | | |
| Forma | amigdalóide | amigdalóide | alongada | alongada | | amigdalóide | amigdalóide | elíptico | cordiforme |
| Tegumento | liso | liso | | | | rugoso | rugoso | liso | liso |

5.4. Bibliografía

Arquero, O.; Casado, B.; Salguero, A. e Vinas, M., (2013). Sistemas de formación y poda, in: Arquero, O. (Ed.), *Manual del Cultivo del Almendro*. Sevilla, Espanha, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Bernhard, R. e Grasselly, C. (1981). Les pêchers x amandiers. *Arboric. Fruit.* 328(6), 37-42.

Bussi, C.; Huguet, J.; Besset, J. e Girard, T. (1995). Rootstock effects on the growth and fruit yield of peach. *European Journal of Agronomy*, 4, 387-393.

Calvo, A. e Gómara, E. 2011. Almendro: Resultados de 12 años de experimentación con variedades. Navarra Agrária (Julio-Agosto) 22-26.

Cambra, R. (1990). 'Adafuel', an Almond xPeach Hybrid Rootstocks. *Hortscience*, 25, 584.

Castle, W. (1978). Citrus root systems: their structure, function, growth, and relationship to tree performance. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, 62-69.

Clarkson, D.(1996). Root structure and sites of ion uptake. *En Plant Roots: The Hidden Half*. New York: Eds. Y Waisel, A Eshel and U Kafkafi. Marcel Dekker Inc.

Costa, J. e Rosa A. (2016). *Amendoeira: caracterização e preservação de variedades tradicionais*. I Simpósio Nacional de Frutos Secos, Ferreira do Alentejo, 30 junho 2016.

Coutts, M.(1987). Developmental processes in tree root systems. *Canadian Journal of Forest Research*, 17, 761– 767.

Espada, J.; Romero, J.; Camuñas, F e Alonso, J. (2013). *Nuevos patrones para el melocotonero: mejora de la eficiencia y calidad del fruto*. Zaragoza: Gobierno de Aragón. Espanha.

Felipe, A.J. (1987). *Patrones para el cultivo del almendro en seco y en regadío*. Zaragoza: Diputación general de Aragón. Espanha. 25 pp.

Felipe, A.J. (1989). *Patrones para frutals de pepita y hueso*. Barcelona. Espanha, Técnicas Europeas Ed.. 181 pp.

Felipe, A.J. (2009). 'Felinem', 'Garnem', and 'Monegro' Almond Peach Hybrid Rootstocks. *Hortscience*, 44, 196-197.

Felipe, A.J.(2000). *El almendro. I. Material vegetal*. Zaragoza. Espanha Mira Ed.. 461 pp.

Fitter, A. (1991). Characteristics and functions of root systems. *En Plant Roots: The Hidden Half*. (pags. 3-25). New York: Eds. YWaisel, A Eshel and U Kafkafi. Marcel Dekker Inc.

Fitter, A. (1996). Characteristics and functions of root systems. *En Plant Roots: The Hidden Half*. New York: Eds. YWaisel, A Eshel and U Kafkafi. Marcel Dekker Inc.

Font I Forcada, C.; Gogorcena, Y. eMoreno, M. (2012). Agronomical and fruit quality traits of two peach cultivars on peach-almond hybrid rootstocks growing on Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 140, 157-163.

Klepper, B., e& Rickman, R., 1991. *Advances in Agronomy* (Vol. 44). Delaware: Academic Press.

López, M.; Romero, M.A.; Vargas, F.J. e Batlle, I. 2005. "Francoli" a late flowering almond cultivar re-classified as sel-compatible. *Plant Breeding*, 124 (5): 502-506.

Lynch, J.(1995). Root Architecture and Plant Productivity. *Plant Physiology*, 109, 7-13.

Marull, J.;Pinochet, J. eVerdejo, S. (1991). Reaction of Prunus rootstocks to Meloidogyne incognita and M. arenaria in Spain. *Journal of Nematology*, 23, 564–569.

Miarnau, X. (2014). *Aspectos importantes en las nuevas plantaciones de almendro en regadío*. IRTA - Olivicultura Elaiotecnia y Fruta Seca. Alfândega da Fé, 23 de mayo de 2014.

Miarnau, X.; Alegre, S. e Vargas, F.J. 2008. Productive potencial of six almond cultivars under regulated deficit irrigation. XIV GREMPA Meeting of Mediterranean Research Group for Almond and Pistachio, Atenas, Grecia. Option Méditerranéennes.

Monteiro, A., Cordeiro, V., Laranjo, J. 2003. *A amendoeira*. João Azevedo Editores. Mirandela ,186 pp.

Moreno, M. (2005). Selección de patrones y variedades de melocotonero: adaptación a condiciones del área mediterránea en los programas de mejora vegetal para frutales. *Vida Rural*, 206, 28-31.

Moreno, M.; Gogorcena, Y. e Pinochet, J. (2008). Mejora y selección de patrones de prunus tolerantes a estreses abióticos. En *La adaptación al ambiente y los estreses abióticos en la mejora vegetal (págs. 451-475)*. Sevilla: Junta de Andalucía, Dirección General de Planificación y Análisis de Mercados, Servicio de Publicaciones y Divulgación. Espanha.

Muncharaz, M.(2004). *El almendro*. Manual técnico. Madrid. España. Mundi-Prensa.. 414 pp.

Pinochet, J. (2010). “Replantpac” (Rootpac® R), a plum-almond hybrid rootstock for replant situations. *Hortscience*, 45, 299-301.

Pinochet, J.(2009). ‘Greenpac’, a New Peach Hybrid Rootstock Adapted to Mediterranean Conditions. *Hortscience*, 44, 1456–1457.

Pinochet, J.; Bordas, M. e Torrents, J. (2011). ROOTPAC R: un nuevo portainjerto de Prunus para situaciones de replante. *Revista de Fruticultura*, 4-10.

Pinochet, J.; Calvet, C.; Hernández-Dorrego, A.; Bonet, A.; Felipe, A. e Moreno, M., (1999). Resistance of peach and plum rootstocks from Spain, France, and Italy to Root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Hortscience*, 34, 1259-1262.

Pinochet, J.; Fernández ,C.; Alcañiz E. e Felipe A. J. (1996). Damage by lesión nematode *Pratylenchus vulnus* to Prunus rootstocks. *Plant Disease*, 80. 754-757.

Salazar, D.M. e López-Cortés, I. (2008). La producción integrada en el *almendro*. UPV Ed. Valencia. Espanha. 224.

Salazar, D.M. e Melgarejo, P. (2002). El cultivo del almendro. Mundi Prensa. Madrid. Espanha. 307pp.

Socias I Company, R.; Gomez-Aparisi, J.; Alonso, J.; Rubio-Cabetas, M.e Kodad, O.,(2009). *Retos y perspectivas de los nuevos*

cultivares y patrones de almendro para un cultivo sostenible. ITEA: Información Técnica Económica Agraria. Zaragoza. Espanha.

Socias I Company, R.; Rubio-Cabetas, M.; Alonso, J.; Kodad, O. E Gomez-Aparisi, J. (2010). *An overview of almond cultivar and rootstocks: Challenges and perspectives*. Otion Méditerranéennes, A n. **94** 205-2014.

Valdés, G.; Ayuso, E.; Rico E.J. e Más, M. sd. *El almendro: variedades de vanguardia*. Estación Experimental Agraria de Elche. Fruiteros 34-46.

Vargas, F. e Romero, M.(1985). Porte-greffe d'amandier: Aspects importants des programmes de Centre Agropecuari Mas Bové. *Options Méditerranéennes*, 61-68.

Vargas, F.J.; Romero, M.A.; Clavé, J. Vergés, J. Santos, J. e Batlle, I. 2006. Four new almond varieties released by IRT: “Vairo”, “Marinada”, “Constantí” and “Tarraco”. FAO-CIHEAM Network on Nuts, Nucis-Newsletter, 13: 9-12.

Vargas, F.J.; Romero, M.A.; Clavé, J. Vergés, J. Santos, J. e Batlle, I. 2008. “Vairo”, “Marinada”, “Constantí” and “Tarraco” almonds. *HortScience*, 43 (2): 535-537.

Zarrouk, O.; Gogorcena, Y.; Gómez-Aparisi, J.; Beltrán, J. e Moreno, M. (2005). Influence of almond x peach hybrids rootstocks on flower and leaf mineral concentration, yield and vigour of two peach cultivars. *Scientia Horticulturae*, 106, 502-514.

Zoina, A. e Raio, A. (1999). Susceptibility of some prunus rootstocks to crown gall. *Journal of Plant Pathology*, 81, 181-187.

Anexos

Variedades Portuguesas

Casanova



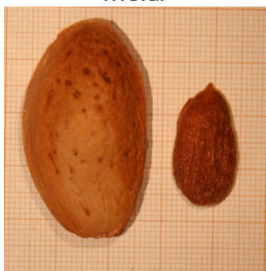
Duro Italiano



Marcelina



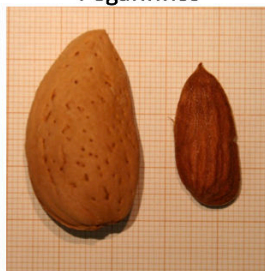
Molar



Orelhas de Mula



Pegarinhos



Pegarinhos Gémeas



Refego



Verdial



Variedades Francesas

Ferraduel



Ferragnès



Ferrastar



Lauranne



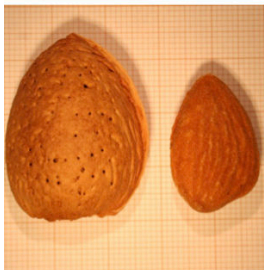
Variedades Estados Unidos

Non Pareil



Variedades Españolas

Antoneta



Atocha



Belona



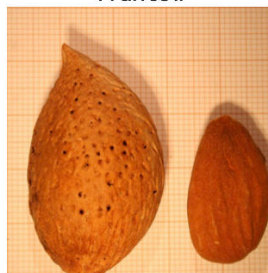
Constantí



Desmayo Langueta



Francolí



Glorieta



Guara



Marcona



Marinada



Masbovera



Solera



Vayro



Variedades Italianas

Cristo-Morfo



Super Nova



Fillipe Ceo



Capítulo 6 - Manutenção do solo

M. Ângelo Rodrigues, Margarida Arrobas

6.1. Introdução

Um pomar bem mobilizado, isto é, livre da vegetação herbácea espontânea, foi durante muitos anos sinónimo de boa prática agrícola. Apesar da fruticultura atual ter praticamente abandonado as mobilizações, estas são ainda o método de gestão do solo mais generalizado entre os pequenos produtores de amendoal tradicional da bacia mediterrânica (figura 6.1).

As mobilizações são efetuadas para destruir a vegetação herbácea espontânea que todos os anos se desenvolve nos pomares e que compete com as árvores por recursos importantes disponíveis no solo, como a água e os nutrientes (figura 6.2). Durante anos, as mobilizações foram a única forma disponível para manter os pomares livres das infestantes. O aparecimento dos herbicidas, isto é, substâncias que podem destruir total ou parcialmente a vegetação não desejada veio converter-se numa ferramenta útil na gestão do solo dos pomares, que pôde ser usada em alternativa ou de forma combinada com as mobilizações. Mais recentemente, e associados a motivações ecológicas e de preservação ambiental, têm sido promovidos

sistemas de manutenção do solo que preveem uma maior permanência de vegetação herbácea natural ou semeada nos pomares e em que as mobilizações e/ou a aplicação de herbicidas perdem significado ou são integralmente abandonadas.



Figura 6.1 - Aspeto de um pomar recém-instalado de amendoal após uma mobilização de Primavera



Figura 6.2 - Pomar adulto de amendoal de sequeiro na Primavera mostrando desenvolvimento exuberante de vegetação herbácea antes de aplicação de medidas de combate

A gestão do solo não é um aspeto menor na técnica cultural de um pomar uma vez que se reveste de elevada importância económica

e ambiental. Optar por mobilizar, aplicar herbicidas ou gerir cobertos vegetais naturais ou semeados tem influência significativa na produtividade das árvores, na sustentabilidade do sistema de produção, no rendimento do produtor e pode ainda ter implicações ambientais significativas. Neste capítulo são descritos de forma breve as principais opções de gestão do solo em amendoal. É fornecida informação sobre cada um dos sistemas de gestão do solo por forma a que cada produtor possa tomar a melhor opção, após avaliar os prós e contras de cada um dos métodos de gestão e tendo sempre em conta o contexto agroecológico em que o(s) seu(s) pomar(es) se encontra(m).

6.2. Mobilização do solo

As mobilizações do solo como método de gestão da vegetação herbácea em pomares foram praticamente abandonadas nas regiões temperadas, principalmente nos países que introduziram mais tecnologia na agricultura. Em Portugal, sobretudo nas produções agrícolas mais marginais, como é o caso do amendoal tradicional, as mobilizações de solo são ainda o método mais generalizado de combate às infestantes. Também em Espanha, e de acordo com Arquero e Serrano (2013), a mobilização do solo está generalizada em praticamente a totalidade das plantações de amendoal tradicional. Os produtores de amêndoa mobilizam o solo duas a quatro vezes ao ano. Normalmente fazem uma a duas mobilizações na Primavera para destruição das infestantes. Por

vezes mobilizam durante o Verão com o objetivo de conservar a humidade no solo e tendem a mobilizar no Outono para favorecer a infiltração. Em Portugal a alfaia mais utilizada é o escarificador, sendo por vezes equipado com aivequilhos ou pequenas aivecas para promover um ligeiro reviramento do solo e melhor destruir e incorporar as infestantes. Embora com menor frequência podem ser usadas também grades de disco nas operações de mobilização.

Este sistema de mobilizações frequentes do solo tem persistido ao longo dos anos porque, de certa forma, funciona. Isto é, removendo a vegetação herbácea as árvores mantêm-se em produção, ainda que por vezes com produtividades baixas. Por outro lado, apresenta alguns aspetos que os produtores valorizam, designadamente: permite a incorporação de fertilizantes; os pomares apresentam um aspeto cuidado; é fácil de executar; e parece ser uma atividade bastante relaxante, pelo menos para os produtores que acreditam nos benefícios da sua realização.

As mobilizações de solo têm, contudo, vindo a ser abandonadas em vastas áreas do globo. Uma das razões principais é o facto de se ter demonstrado que um solo mobilizado, desprotegido de cobertura herbácea, sofre elevados riscos de erosão (Martínez *et al.*, 2006a,b; Durán *et al.*, 2008; Gómez *et al.*, 2009; Vanwalleghem *et al.*, 2011; Kairis *et al.*, 2013). Por outro lado, as mobilizações não contribuem para a economia de água do solo antes aumentam a sua perda por evaporação (Pastor, 2008; Arquero e Serrano,

2013). Deve também ser valorizado o facto de as mobilizações destruírem uma parte significativa do sistema radicular, dificultando a absorção de água e nutrientes em períodos críticos do ciclo biológico das árvores e consumindo fotoassimilados na sua reposição anual (Rodrigues e Cabanas, 2009). Abundante literatura tem também demonstrado que solos mantidos com coberturas vegetais apresentam teores de matéria orgânica mais elevados bem como outros parâmetros de fertilidade do solo (Moreno *et al.*, 2009; Montanaro *et al.*, 2010; Ramos *et al.*, 2010; 2011; Ferreira *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2013a; 2015b).

A erosão do solo é considerada um dos principais problemas ambientais da bacia mediterrânica (Figura 6.3) pelo efeito dramático na redução da fertilidade do solo (redução progressiva da espessura efetiva do solo) e pelos impactes ambientais negativos a jusante no assoreamento de albufeiras e leitos de rio e na eutrofização das águas. Por erosão entende-se a perda de solo por escorrimento superficial da água da chuva e/ou pela ação de vento (Morgan, 2005). Na região mediterrânica a erosão do solo é sobretudo motivada pela ação da água da chuva. Alguns dos fatores que promovem a erosão hídrica são solos desprotegidos de vegetação (por exemplo, em resultado de uma mobilização), erosividade da precipitação na região mediterrânica (precipitação intensa, por vezes associada a trovoadas, em que as gotas de chuva apresentam elevada energia cinética e capacidade de desagregação do solo e em que a água que chega ao solo excede

a sua capacidade de infiltração originando escoamento superficial e arrastamento de solo), declive elevado (frequente, por exemplo, no interior norte de Portugal) e elevado comprimento do declive (isto é parcelas grandes continuamente cultivadas, por exemplo no sul de Portugal). Acresce que de uma maneira geral a copa das árvores fornece cobertura limitada ao solo, sobretudo quando os pomares são jovens e no caso da amendoeira por ser uma árvore de folha caduca. Nestas condições, o solo está completamente exposto à ação das gotas da chuva durante grande parte do ano.



Figura 6.3 - Erosão hídrica em olival com perda de fertilidade do solo por redução da sua espessura efetiva

O que leva os agricultores a realizar mobilizações durante o verão e início do outono é o facto de se acreditar que elas resultam em economia de água, isto é, que as mobilizações reduzem as perdas de água por evaporação. Admite-se que as mobilizações criam uma descontinuidade no fluxo ascendente de água, barrando a subida de água por capilaridade das camadas inferiores para as camadas superficiais em desidratação. Isto será sobretudo

relevante em amendoal de sequeiro em que a disponibilidade de água é o principal fator que determina a produtividade. Contudo, se a operação for realizada com alguma humidade na camada superficial, esta será rapidamente perdida devido ao processo de arejamento do solo. Assim, a seguir a uma chuvada da Verão, a técnica só poderia ter alguma eficácia se a quantidade de precipitação atingisse camadas de solo com alguma profundidade, de contrário a mobilização só iria contribuir para a perda mais rápida da água presente na camada superficial. Estudos realizados em Espanha em olival (Pastor, 2008) e em amendoal (Almagro *et al.*, 2016) têm, contudo, demonstrado que as mobilizações estão associadas a maiores perdas de água por evaporação que sistemas alternativos de gestão do solo sem mobilização.

As mobilizações de solo têm capacidade de destruição do sistema radicular das árvores. Em pomares habitualmente mobilizados, a destruição continuada das raízes superficiais origina a que o sistema radicular perene, constituído pelas raízes principais de suporte da planta, se desenvolva abaixo da zona da passagem das peças ativas das alfaias de mobilização. Desta forma, as mobilizações não põem em causa o suporte das árvores. Contudo, a camada arável é a mais rica em nutrientes. Devido à aplicação de fertilizantes e ao facto de ser a camada arejada, onde ocorrem importantes transformações químicas e biológicas, concentra a maior parte dos nutrientes disponíveis para as plantas. Assim, é

de esperar que a árvore tente desenvolver grande parte do seu sistema radicular na camada superficial. Contudo, mobilizações frequentes destroem as raízes finas do sistema radicular, responsáveis pela absorção de água e nutrientes. As mobilizações são mais frequentes na Primavera, quando as árvores estão em intensa atividade fisiológica, privando-as temporariamente daqueles recursos. Por outro lado, a destruição do sistema radicular superficial obriga a árvore a gastar anualmente fotoassimilados para o repor em vez de os canalizar para a parte aérea, para a produção de novos ramos, flores e frutos. Embora difícil de quantificar, a perda regular de parte do sistema radicular será um dos aspetos negativos importantes a ter em conta quando se opta por mobilizar os pomares (Rodrigues e Cabanas, 2009; Rodrigues *et al.*, 2011; Arquero e Serrano, 2013).

Os amendoais tradicionais estão normalmente instalados em solos com declive mais ou menos acentuado, de reduzida espessura efetiva e texturas franca a franco-arenosa. São solos que apresentam invariavelmente teores de matéria orgânica baixos (Figura 6.4). O teor de matéria orgânica de um solo resulta da quantidade anual de detritos orgânicos que entram no solo e do ritmo a que eles são decompostos pela atividade dos microrganismos. Nas condições em que a amendoeira é cultivada na região mediterrânica, as entradas de detritos orgânicos são baixas (baixa produtividade primária) e o ritmo de decomposição dos detritos é elevado (temperaturas elevadas aceleram a ação

dos microrganismos do solo). Não é por isso expectável que no futuro se encontrem solos com teores de matéria orgânica elevados associados a esta cultura.

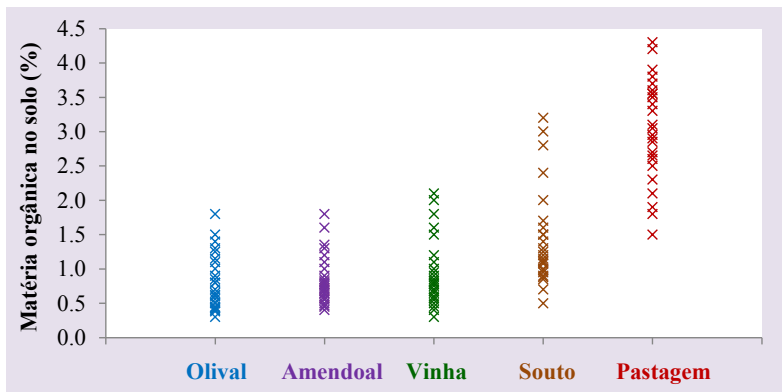


Figura 6.4 - Teores habituais de matéria orgânica no solo em algumas das principais culturas perenes cultivadas em Portugal e em pastagens naturais cultivadas em condições ecológicas similares

Contudo, a técnica cultural pode dar algum contributo para a redução ou aumento do teor de matéria orgânica do solo. A técnica cultural deve promover a entrada de detritos orgânicos e restringir a sua mineralização. As mobilizações, sobretudo se frequentes, não permitem o desenvolvimento de biomassa relevante e, por conseguinte, restringem a entrada de detritos orgânicos no solo. Por outro lado, os microrganismos que degradam os detritos orgânicos no solo são genericamente aeróbios, estando a sua atividade dependente da disponibilidade de oxigénio no meio. Quando se mobiliza incrementa-se a atividade dos microrganismos fornecendo oxigénio. As mobilizações frequentes

provocam ainda a destruição dos agregados expondo a matéria orgânica nativa do solo que estava protegida pelos complexos argilo-húmicos à ação dos microrganismos. Assim, para condições ecológicas similares, solos mobilizados, sobretudo quando a operação é feita várias vezes ao ano, apresentam teores de matéria orgânica mais baixos e de menor atividade biológica em comparação com solos mantidos com vegetação à superfície (Moreno *et al.*, 2009; Montanaro *et al.*, 2010; Ramos *et al.*, 2010; 2011; Ferreira *et al.*, 2013; Almagro *et al.*, 2016). Contudo, a densidade aparente pode aumentar em solos mantidos em sistemas de não mobilização com solo nu (Martínez-Mena *et al.*, 2013). Tendo em conta a sensibilidade da amendoeira à asfixia radicular, em solos que tendam a compactar pode haver necessidade de implementar um sistema com mobilização reduzida.

6.3. Utilização de herbicidas

O aparecimento dos herbicidas constituiu-se como mais uma ferramenta na luta contra as ervas infestantes que anualmente invadem os campos de cultivo. Os herbicidas têm permitido aumentar a produtividade das culturas ao reduzir a competição da flora espontânea. A importância dos herbicidas tem sido tal que o seu uso se generalizou na agricultura comercial de larga escala. O uso de herbicidas como método único ou em combinação com outras formas de manter o solo está também generalizado em

fruticultura. No caso dos pomares, a substituição das mobilizações pela aplicação de herbicidas foi possível após se ter tomado consciência de que o papel das mobilizações é basicamente apenas combater a vegetação espontânea (Figura 6.5).



Figura 6.5 - Pomar tradicional de amendoeira gerido exclusivamente com aplicação de herbicidas

Tal como no caso das mobilizações ou outros métodos de gestão do solo, o uso de herbicidas apresenta particularidades que devem ser conhecidas, para se tirar o melhor partido deste método de gestão da vegetação. Deve partir-se do princípio que a utilização de herbicidas é tecnicamente mais exigente que efetuar uma mobilização do solo. Embora os herbicidas apresentem, de uma maneira geral, menor toxicidade que outros produtos fitofarmacêuticos usados na agricultura, sobretudo que os inseticidas, eles não estão isentos de causar dano nas plantas cultivadas, nas pessoas e/ou no meio ambiente. Ao longo das últimas décadas várias substâncias herbicidas de utilização generalizada foram retiradas do mercado por serem muito tóxicas

(p. ex. paraquato) ou consideradas nocivas para o meio ambiente (p.ex. simazina), ficando no mercado outras de menor toxicidade ou impacte ambiental.

Os utilizadores potenciais de herbicidas deveriam ser conhecedores de alguns conceitos relevantes que os podem ajudar na tomada de decisão sobre a escolha dos herbicidas, datas e métodos de aplicação. Só uma decisão criteriosa pode aumentar a eficácia no combate às infestantes e na manutenção da produtividade das culturas, mantendo baixos os riscos de contaminação ambiental. Alguns conceitos importantes a reter dizem respeito ao modo de ação dos herbicidas. Assim,

Herbicidas pré-emergência ou de ação residual – são produtos cuja substância ativa atua no sentido de impedir a germinação de sementes ou de destruir plantas numa fase muito precoce do seu desenvolvimento. A substância permanece ativa no solo durante um período de tempo mais ou menos longo. As formulações comerciais com estes princípios ativos destinam-se a ser aplicadas sobre solo nu ou vegetação recém-germinada. São normalmente eficazes no combate a plantas anuais.

Herbicidas pós-emergência – são produtos cuja substância ativa destrói plantas em crescimento. Utilizam-se para destruir vegetação infestante já instalada. Em pomares usam-se sobretudo em formulações comerciais para aplicação na primavera. Em fruticultura é frequente surgirem formulações comerciais (herbicidas comerciais) com mistura de princípios ativos (pré e

pós-emergência) para destruir a vegetação presente e impedir novas emergências. De uma maneira geral, os herbicidas pós-emergência não têm efeito residual, isto é, destroem a vegetação presente, mas não impedem emergências futuras.

Herbicidas de contacto – são produtos baseados em princípios ativos que destroem as partes das plantas que a calda contacta. Partes da vegetação não atingida pela calda não são danificadas. Para além do seu uso mais habitual para destruir vegetação infestante, estes produtos são por vezes utilizados para destruição intencional da parte aérea de plantas cultivadas (destruição da rama em batata-semente, desfolha da cultura do lúpulo, esladramento da vinha, etc.).

Herbicidas sistémicos – o princípio ativo destes herbicidas é absorvido pela planta e translocado no seu interior para as partes não atingidas pela calda. Apesar dos herbicidas residuais também poderem apresentar sistemias, a importância da sistemias é particularmente relevante nos herbicidas pós-emergência para combater infestantes que se reproduzam vegetativamente por bolbos, rizomas, ou outras estruturas reprodutivas que se desenvolvam fora do alcance da calda e que, por isso, não podem ser destruídas com herbicidas de contacto.

Herbicidas seletivos – são herbicidas baseados em princípios ativos que danificam determinadas espécies vegetais, mas não causam dano relevante em outras. Assim, quando se aplica um herbicida seletivo para uma dada cultura este causa dano em

algumas infestantes mas não causa dano na espécie cultivada, desde que seja aplicado na dose e condições de aplicação apropriadas. De igual modo, estes herbicidas quando aplicados sobre vegetação espontânea podem destruir parte das espécies e não danificar muitas outras. As formulações comerciais destes herbicidas normalmente apresentam no rótulo uma lista das infestantes que lhe são resistentes e outra das que lhe são suscetíveis.

Herbicidas não seletivos – são produtos baseados em substâncias ativas que destroem todo o tipo de vegetação que contactam. Atualmente há exceções: há plantas cultivadas que são geneticamente modificadas para resistir aos herbicidas tradicionalmente classificados como não seletivos. A vantagem em seara é tremenda porque todas as infestantes são danificadas enquanto a espécie cultivada não sofre com a aplicação do herbicida.

Uma substância herbicida pode acumular várias das características anteriormente referidas. Os glifosatos, por exemplo, são herbicidas pós-emergência, não seletivos, sistêmicos. Por outro lado, uma formulação herbicida comercial pode combinar várias destas características por mistura de substâncias ativas. Por vezes misturam-se substâncias ativas de aplicação pós-emergência com outras de ação residual para conseguir destruir a vegetação presente e impedir o surgimento de nova infestação.

Para aumentar a probabilidade de êxito no combate às infestantes com a aplicação herbicidas, o produtor deveria também saber identificar as principais infestantes que surgem no seu pomar e conhecer o seu ciclo de vida e modo de reprodução. Como mínimo deveria saber distinguir entre plantas anuais, bianuais e perenes ou vivazes. Assim,

Plantas anuais - são plantas que se reproduzem exclusivamente por semente. Germinam, formam parte aérea vegetativa, florescem, formam semente e morrem num período, de uma maneira geral, inferior a um ano. A vida mantém-se no ano seguinte pela descendência. Na região mediterrânica podem dividir-se em anuais de verão ou anuais de inverno. As primeiras nascem normalmente no fim do inverno e/ou início da primavera, fazem o seu ciclo biológico durante o verão, surgindo a maturação da semente no fim do verão ou início do outono. São normalmente plantas de elevadas exigências térmicas. O êxito destas plantas depende da disponibilidade de água. Elas são normalmente infestantes importantes em agricultura de regadio. As segundas nascem a partir das primeiras chuvas de outono, desenvolvem-se vegetativamente durante o inverno e reproduzem-se durante a primavera e início do Verão. São normalmente espécies muito tolerantes ao frio. Surgem como infestação importante em agricultura de sequeiro mas também de regadio, quer em pomares quer em agricultura herbácea.

Plantas bianuais - são plantas que se reproduzem exclusivamente por semente, mas que experienciam uma paragem de crescimento a meio do ciclo. A paragem de crescimento pode dever-se a stresse hídrico estival ou à chegada do frio no inverno. No fim do primeiro ano de crescimento a planta faz a translocação dos fotoassimilados para uma estrutura especializada de acumulação de reservas e no segundo ano emite o escapo floral e produz as sementes.

Plantas perenes – são plantas que vegetal durante vários anos. Reproduzem-se normalmente por semente e por via vegetativa (meristemas da coroa, bolbos, tubérculos, rizomas, ...). Tradicionalmente são as que apresentam maiores dificuldades de combate por meios mecânicos devido à existência de estruturas de reprodução subterrâneas. O aparecimento dos herbicidas sistémicos veio facilitar o seu combate.

O uso de herbicidas numa dada cultura deve restringir-se apenas às substâncias ativas que para ela estão autorizadas. Dada a reduzida importância económica que o amendoal teve nos últimos anos, não é extensa a lista de substâncias ativas autorizadas. Contudo, ela é suficiente para que os produtores que optem pelo uso de herbicidas possam fazer um combate eficaz das infestantes. No quadro 6.1 apresentam-se algumas características das substâncias ativas autorizadas em amendoal e no quadro 6.2 apresenta-se a lista de marcas comerciais associadas a cada substância ativa ou mistura de substâncias ativas.

Quadro 6.1 – Substâncias ativas autorizadas em amendoal e principais características (Agro-Manual, 2016)

| Substância ativa | Caraterísticas genéricas |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amitrol (grupo triazol) | pós-emergência; sistêmico de absorção foliar e radicular; alguma persistência no solo; combate sobretudo gramíneas e dicotiledóneas anuais. |
| Tiocianato de amónio (grupo tiocianato) | não é usada como herbicida isoladamente; aumenta a eficácia do amitrol em mistura. |
| Diflufenicão (grupo piridino-carboxamida) | herbicida de pré e pós-emergência precoce; combate dicotiledóneas anuais e algumas gramíneas; só aparece em misturas. |
| Oxifluorfena (grupo difeniléter) | herbicida de contacto; pré e pós-emergência precoce, para o controlo de infestantes anuais monocotiledóneas e dicotiledóneas no estado 2-3 folhas. |
| Glifosato (grupo aminoácidos) | herbicida sistêmico; não seletivo; pós emergência; controla infestantes anuais e vivazes; os sintomas visíveis do tratamento só aparecem 7 a 14 dias após o tratamento. |
| Glufosinato de amónio (grupo ácido aminofosfínico) | herbicida não seletivo; atua essencialmente por contato. |
| Diquato (grupo dos biperidilos) | herbicida não seletivo; de contacto; usado como dessecante; produto bastante tóxico. |

A utilização de herbicidas, como método único de controlo da vegetação herbácea, origina um sistema de gestão do solo conhecido por não mobilização com solo nu (Rodrigues e Cabanas, 2007; Pastor, 2008; Arquero e Serrano, 2013).

Quadro 6.2 – Substâncias ativas utilizadas individualmente ou em mistura e designações comerciais dos herbicidas (Agro-Manual, 2016)

| Substâncias ativas | Marcas comerciais |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amitrol + tiocianato de amônio | Etizol TL; Trivial |
| Diflufenção + glifosato | Aliado; Fuji; Zarpa; Tronx super |
| Diflufenção + glifosato + oxiflourfena | Kapital trio |
| Diquato | Reglone; Dessicash 200 SL; Diquato SAPEC; Fandango |
| Glufosinato de amônio | Basta S |
| Glifosato (sal de isopropilamônio) | |
| 70 e 72 g eq. ácido/litro | Clinic Pronto; Roundup Pronto; Roundup Gel |
| 170 g eq. ácido/litro | Roundup extra |
| 360 g eq. ácido/litro | Glyphogan; Glifotop ultra; Nufosate; Ronagro; Roundup ultra; Asteroide; Buggy; Oxalis; Montana; Glifosato sapec; Marqui; Glifos; Glifosato selectis; Verdys; Piton verde; Roundup; Roundup super; Spasor; Tomcato; Cosmic; Premier; Rumbo vallés; Raudo; Clinic ace; 360 GL; Glifopec; Fitoglifo; Satellite; Rontrat; Karda; Catamarán; Barbarian Super 360; Barbarian XL; Glifochem |
| 450 g eq. ácido/litro | Barbarian XTRA 450; Glifos accelerator; Premier 45 envision; Accelerator 45; Arbonal star; Envision 45 |
| Glifosato (sal de amônio) | |
| 360 g eq. ácido/litro | Touchdown premium; Tornado |
| 480 g eq. ácido/litro | Piton forte |
| 68% | Roundup forte; Glyfos titan |
| Glifosato (sal de potássio) | |
| 240 g eq. ácido/litro | Super sting |
| 360 g eq. ácido/litro | Spasor K; Roundup ultra max |
| 450 g eq. ácido/litro | Roundup energy |
| 480 g eq. ácido/litro | Roundup 48 |
| 540 g eq. ácido/litro | Roundup GPS |

Consegue-se com a aplicação de um herbicida residual às primeiras chuvas de Outono que impede a instalação da vegetação herbácea (Figura 6.6). Na Primavera seguinte aplica-se um herbicida de pós-emergência (ou se necessário um herbicida que combine uma substância ativa pós emergência com outra de

ação residual) para eliminar a vegetação não controlada pelo herbicida residual de Outono e as novas emergências de Primavera.



Figura 6.6 - Solo mantido permanentemente nu durante todo o ano em olival com aplicação outonal de um herbicida que combina substâncias ativas de ação residual e pós-emergência

O sistema de não mobilização com solo nu tem sido muito criticado. Neste modo de gestão do solo a superfície tende a ficar compactada o que reduz a taxa de infiltração da água. Se for associado o facto de o solo se apresentar desprotegido de vegetação durante todo o ano, estão criadas condições que favorecem a erosão do solo. Acresce o facto de as entradas de detritos orgânicos no solo serem baixas o que conduz a solos com baixos teores de matéria orgânica e reduzida atividade biológica. Deve também ter-se em conta que alguns herbicidas, sobretudo se mal aplicados, podem causar fitotoxicidade nas árvores (Cañero *et al.*, 2011) e contaminar as águas, sobretudo as substâncias de ação residual (Celis *et al.*, 2007). É também

espectável que ocorra reversão da flora infestante, isto é, tendem a dominar o coberto um reduzido número de espécies tolerantes aos herbicidas utilizados (Figuras 6.7 e 6.8), o que normalmente leva a que aumentem as dificuldades do combate e à necessidade de mudar de substância ativa. Os equipamentos de aplicação de herbicidas devem estar em perfeitas condições e devidamente calibrados antes de serem utilizados.



Figura 6.7 - Sintomas de toxicidade em folhas de oliveira após aplicação de um herbicida à base de diurão, terbutilazina e glifosato em dose provavelmente elevada

Os herbicidas residuais (por vezes em mistura com herbicidas pós-emergência) são também utilizados em sistemas mistos de gestão da vegetação em que ao longo das linhas de plantação se destrói a vegetação com herbicidas e na entrelinha se mantém uma faixa de enrelvamento permanente gerido com corte da vegetação.



Figura 6.8 - Coberto dominado por plantas do género *Conyza* após gestão da vegetação com um herbicida à base de glifosato durante vários anos

Por vezes são usados exclusivamente herbicidas pós-emergência como método de gestão da vegetação. Nestes sistemas permite-se o desenvolvimento de vegetação herbácea durante o Inverno, com papel importante na proteção e melhoria na fertilidade do solo, sendo a vegetação destruída durante a Primavera para reduzir a competição da vegetação pelos recursos hídricos. A vegetação seca queimada pelo herbicida confere alguma proteção ao solo durante o Verão. Este sistema de gestão do solo quando bem aplicado tende a aumentar a produção e a produzir bons indicadores de fertilidade do solo (Rodrigues *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2013). O assunto será retomado no ponto 6.5.

6.4. Cobertos vegetais

A gestão do solo com cobertos vegetais é uma estratégia que visa ultrapassar alguns dos problemas associados à mobilização do

solo e também ao uso de herbicidas. Um solo permanentemente coberto com vegetação fica protegido da erosão (Martinez *et al.*, 2006a,b; Durán *et al.*, 2008; Gómez *et al.*, 2009), principal ameaça a sustentabilidade do sistema de produção devido à redução progressiva da fertilidade do solo. Por outro lado, os cobertos vegetais incrementam a entrada de detritos orgânicos a partir dos sistemas radiculares da vegetação e, como o solo não é mobilizado, a degradação dos detritos orgânicos é mais lenta, atuando os dois fatores no sentido de incrementar o teor de matéria orgânica do solo. As propriedades físicas dos solos também melhoram pela ação das raízes das plantas e pelo aumento do teor de matéria orgânica. Tem sido demonstrado em situações agrícolas diversificadas que os cobertos vegetais aumentam o teor de matéria orgânica no solo (Montanaro *et al.*, 2010; Ramos *et al.*, 2010; 2011; Rodrigues *et al.*, 2015b), incrementam a atividade biológica pelo aumento do substrato orgânico a decompor (Moreno *et al.*, 2009; Ramos *et al.*, 2010; 2011; Ferreira *et al.*, 2013, Rodrigues *et al.*, 2015b) e melhoram as suas propriedades físicas (Ramos *et al.*, 2010; 2011; Guzmán e Foraster, 2011; García-Franco *et al.*, 2015).

Contudo, é necessário ter presente que os cobertos vegetais transpiram água. Se a água for fator limitante, e em sequeiro é-o sempre, a tentativa de introduzir cobertos vegetais nos pomares pode reduzir a produção das árvores (Hornig and Bünemann, 1993; Rodrigues *et al.*, 2011; Gucci *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*,

2013). Os cobertos vegetais são geridos com corte ou através da aplicação de herbicidas pós-emergência como já foi referido. Quando são geridos com corte da vegetação pode ser necessário efetuar várias passagens anuais de destróador, com vista a conter a expansão da vegetação. Por outro lado, quando se gerem cobertos vegetais em pomares é necessário ter em conta o risco de incêndio. Em regiões de pequena propriedade e onde os pomares surgem integrados em mosaicos que contemplam espaços florestais ou de matos, o risco dos incêndios causarem danos nas árvores é real.

Em fruticultura os cobertos vegetais podem ser de natureza muito diferente. Pode usar-se vegetação natural ou semear-se uma elevada diversidade de espécies e/ou cultivares. Também dentro dos cobertos vegetais a opção por diferentes variantes pode originar resultados marcadamente diferentes para as árvores e para o sistema de produção pelo geral. A escolha do melhor coberto pode depender de variáveis diversas, como as condições ecológicas (clima, solo) e culturais (sequeiro, regadio...) em que cada pomar está inserido.

6.4.1. Cobertos de vegetação natural

Os cobertos de vegetação natural consistem na gestão da flora espontânea que surge anualmente no pomar. A quantidade e natureza da vegetação que se desenvolve dependem da fertilidade do solo e das técnicas de controlo da vegetação que

forem implementadas. De uma maneira geral, esta vegetação cumpre adequadamente o requisito de proteção do solo contra a erosão, uma vez que a elevada diversidade de espécies mantém o solo coberto durante todo o ano, normalmente com vegetação verde do outono à primavera e vegetação seca no período estival.

A vegetação natural apresenta algumas outras vantagens, sendo a primeira o facto de não ter custos de instalação. Por outro lado, tendem a ser cobertos de elevada biodiversidade, com cadeias tróficas mais ricas, o que pode reduzir a incidência de algumas pragas por favorecimento dos auxiliares (Guzmán e Foraster, 2011; Penman e Chapman, 2011). Infelizmente, por vezes também se suspeita que a vegetação espontânea possa ser hospedeira alternativa de pragas e doenças e agravar a situação fitossanitária do pomar (Penman e Chapman, 2011; Arquero e Serrano, 2013).

Em situações muito particulares pode tentar gerir-se a vegetação natural no sentido do predomínio de espécies que se considerem mais importantes para atingir um dado objetivo. Em solos com problemas eventuais de transitabilidade, devido a uma textura com maior teor de argila (ainda que menos comum em amendoal que em outras fruteiras), uma flora rica em gramíneas pode ser vantajosa, sobretudo em regadio onde a limitação hídrica é menos de recear. Nestes casos, podem tentar usar-se herbicidas seletivos para gramíneas, de forma a reduzir progressivamente a importância de espécies de folhas larga nos cobertos (Arquero e

Serrano, 2013). Contudo, em Portugal não estão no presente autorizadas para amendoal substâncias ativas com estas características embora existam para outras culturas.

O principal método de controlo da vegetação quando se usam cobertos de vegetação natural é o corte (Figura 6.9). Usam-se destroçadores de correntes ou martelos para conter a expansão da vegetação. A vegetação natural é muito competitiva devido à elevada diversidade de espécies que contém. O risco de perda de produção é elevado sobretudo em amendoais de sequeiro. Quando se faz a gestão da vegetação pelo corte pode haver necessidade de efetuar várias passagens, de forma a conter a perda de água através da transpiração do coberto. A vegetação natural pode também ser gerida com a aplicação de herbicidas pós-emergência a partir do Primavera (figura 6.10). Por este processo o controlo da vegetação tende a ser mais eficaz, pelo que pode estar mais adequado aos pomares de sequeiro. Nestes casos, preconiza-se a destruição da vegetação entre o fim de março e o início de abril, quando os riscos de limitação hídrica são reais. Este tópico é retomado no ponto 6.5.



Figura 6.9 - Coberto de vegetação natural em amendoal jovem irrigado gerido com corte



Figura 6.10 - Coberto de vegetação natural em amendoal jovem de sequeiro gerido com a aplicação de um herbicida pós-emergência aplicado no início da Primavera

6.4.2. Cobertos vegetais semeados

Os cobertos vegetais semeados são também muito populares em fruticultura. Quando se semeia um coberto vegetal num pomar assume-se que a vegetação semeada apresenta vantagens relativamente à vegetação espontânea, pois a sementeira e a

gestão dos cobertos semeados geram custos que a vegetação espontânea não tem. Nos pomares tem-se ensaiado um pouco de tudo, gramíneas (cevada, aveia, azevém,...), leguminosas (tremoceiros, ervilhacas, espécies pratenses, ...), brássicas (mostarda, colza, ...), misturas das anteriores (aveia com ervilhaca, misturas pratenses biodiversas, ...) e até uma diversidade de plantas aromáticas e medicinais (tomilho, salva, alecrim, ...). Qualquer das soluções apresenta particularidades próprias que devem ser avaliadas na escolha do coberto para um dado pomar (Rodrigues *et al.*, 2010b).

As brássicas, como mostarda e colza, podem ser usadas como sideração para promover o teor de matéria orgânica no solo, uma vez que apresentam bom desenvolvimento vegetativo durante inverno e elevada produção de biomassa (Rodrigues *et al.*, 2010a)

As gramíneas têm sido propostas para olival e amendoal, sobretudo em regadio e solos argilosos, para controlar a erosão, melhorar as propriedades físicas do solo e favorecer a transitabilidade de equipamentos agrícolas (Ramos *et al.*, 2010; 2011; Guzmán e Foraster, 2011; García-Franco *et al.*, 2015).

As leguminosas, designadamente ervilhacas e tremoceiros, têm sido usadas a pensar na capacidade destas espécies em fixar azoto atmosférico e melhorar a fertilidade do solo permitindo a redução de custos com a aplicação de fertilizantes azotados (Rodrigues *et al.*, 2013a; Arrobas *et al.*, 2015; Ferreira *et al.*, 2015; Almagro *et al.*, 2016).

Em amendoal tradicional tem também sido avaliada a inclusão de plantas aromáticas e medicinais arbustivas diversas, como forma de controlar a erosão e melhorar o rendimento do produtor através da produção de óleos essenciais. Martínez et al. (2006b) usaram tomilho (*Thymus baeticus* Boiss. ex Lacaita) cultivado nas entrelinhas do amendoal como método de controlo da erosão. Durán et al. (2008) usaram salva (*Salvia lavandulifolia* L.), alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e tomilho (*T. baeticus*) também em amendoal tradicional. Todas as espécies reduziram a erosão relativamente à testemunha mobilizada e originaram receitas com a produção de óleo essencial para compensar as perdas de produção de amêndoa que foram registadas nos talhões cultivados com as plantas aromáticas.

Nos anos recentes tem sido dada atenção particular aos cobertos vegetais semeados à base de leguminosas anuais de ressementeira natural. As leguminosas têm acesso a azoto atmosférico através da relação simbiótica que estabelecem com microrganismos da família Rizobiaceae (Cooper e Scherer, 2012). Devido ao potencial de fixação de azoto das leguminosas (Figura 6.11) e à “facilidade” de gestão destes cobertos estão a ser fortemente promovidos pelos investigadores (Driouech et al., 2008; Mauromicale et al., 2010; Arrobas et al., 2011; Rodrigues et al., 2010b; 2013b, Rodrigues, 2013), esperando-se que a sua utilização aumente de forma significativa nos próximos anos nos pomares e vinhas da região mediterrânica. Por estas razões, o

tópico é desenvolvido no ponto seguinte de forma um pouco mais aprofundada.



Figura 6.11 - Nódulos nas raízes de uma leguminosa pratense onde vivem bactérias fixadoras de azoto em simbiose com a planta hospedeira. As bactérias recebem fotoassimilados e fatores de crescimento e fornecem azoto à planta

6.4.3. Cobertos de leguminosas anuais de ressementeira natural

Leguminosas de ressementeira natural são plantas de ciclo anual que se reproduzem por semente e que, uma vez instalado o coberto, as espécies e/ou cultivares que o constituem podem auto semear-se anualmente sem necessidade de uma nova sementeira. Estas plantas germinam no início do Outono às primeiras chuvas e terminam o ciclo na Primavera seguinte. Há uma elevada diversidade de espécies e variedades que podem ser usadas com este fim, designadamente trevos subterrâneos, trevos encarnados, serradelas, etc.

Estes tipos de coberto são preferencialmente indicados para solos de baixa fertilidade, onde outra vegetação apresenta dificuldades de desenvolvimento. As leguminosas, tendo acesso a azoto atmosférico, têm uma enorme vantagem relativamente à restante vegetação. Esta característica permite-lhes incorporar uma elevada quantidade de resíduo orgânico de baixa razão carbono/azoto no solo, o que aumenta a atividade biológica do solo e liberta elevadas quantidades de azoto que as árvores podem aproveitar (Snoeck *et al.*, 2000; Rodrigues *et al.*, 2015 a).

Devido ao rápido estabelecimento das leguminosas no outono, este tipo de cobertos confere elevada proteção ao solo contra a erosão. Para assegurar a persistência das espécies semeadas ao longo dos anos, a gestão destes cobertos tem as suas particularidades. Os cobertos não podem ser cortados até que se atinja a maturação das sementes, de contrário interrompe-se o ciclo biológico das espécies. A duração do ciclo da vegetação gere-se escolhendo cultivares com ciclo mais longo ou mais curto consoante o objetivo seja ter vegetação verde até mais tarde na primavera ou desejar que o ciclo termine mais cedo para, por exemplo, reduzir a competição pela água (Rodrigues *et al.*, 2010b; Arrobas *et al.*, 2011; Rodrigues, 2013).

Após a maturação fisiológica das sementes das espécies semeadas, a outra vegetação herbácea pode ser destruída com destroçador, com herbicidas pós-emergência ou pastoreada com animais, de forma a reduzir o risco de incêndios durante o verão.

Estudos em olival com cobertos vegetais de leguminosas semeadas mostraram que é possível manter as árvores em elevado estado nutricional e com maior produção de azeitona quando comparado com vegetação natural em que as árvores foram adubadas com $60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Rodrigues *et al.*, 2015 a).

6.5. Sistemas mistos de gestão do solo

Por sistemas mistos entendem-se os métodos de gestão da vegetação que recorrem não apenas a mobilização, uso de herbicidas ou cobertos vegetais, mas sim a uma combinação de mais que um dos métodos referidos.

Provavelmente o método de gestão do solo mais utilizado em pomares de todo o mundo consiste em criar uma zona livre de infestantes junto à linha das árvores e permitir o desenvolvimento de vegetação natural ou semeada nas entrelinhas (Sirrione *et al.*, 2008; Jackson, 2011). Junto às árvores a vegetação é destruída com herbicidas residuais, pós-emergência ou combinação de substâncias ativas, para proteção do sistema de rega e reduzir a competição da vegetação com as árvores. Na entrelinha permite-se o desenvolvimento da vegetação, que pode ser gerida com destróador (Figura 6.12).



Figura 6.12 - Gestão da vegetação em olival de regadio com aplicação de herbicida na linha e corte da vegetação na entrelinha (foto de Henrique Chia)

Embora menos habitual, por vezes o solo é mantido com sistema de mobilização mínima em que junto às árvores se aplicam herbicidas e na entrelinha se passa o escarificador, orientado o trabalho de forma perpendicular ao maior declive para favorecer a infiltração da água da chuva e reduzir a perda de solo por erosão. Este sistema pode também ser utilizado para cultivar plantas (leguminosas ou misturas) na entrelinha para enterrar como adubo verde (Arquero e Serrano, 2013).

Por vezes é também utilizado um sistema de gestão do solo que prevê mobilização do solo intercalada com coberto vegetal, linha-sim linha-não. A linha não mobilizada pode ser mantida com vegetação natural ou semeada. Este sistema de manutenção do solo é habitual em vinha (Figura 6.13) e tem a versatilidade de favorecer a transitabilidade, incorporar fertilizantes orgânicos e controlar a erosão do solo.



Figura 6.13 - Sistema de gestão do solo em vinha em que se mantém coberto vegetal alternado com mobilização para facilitar a transitabilidade de equipamentos e pessoal na linha enrelvada (foto de Henrique Chia)

6.6. Adequação do coberto vegetal às características do pomar

Uma solução de gestão do solo não pode ser separada do contexto. Isto é, não será fácil responder de forma simples qual a melhor solução para manter o solo dos amendoais. Provavelmente a solução depende do contexto agroecológico, designadamente do tipo de solo (textura, declive, ...) e do sistema de cultivo (regadio, sequeiro). Em muitas situações, preconizam-se, inclusive, sistemas mistos em que parte da superfície do solo é gerida com mobilizações, herbicidas, ou cobertos vegetais.

6.6.1. Pomares de regadio

Em pomares de regadio é habitual implementar-se um sistema misto de gestão do solo baseado em vegetação natural, com aplicação de herbicida residual na linha (para proteção do sistema de rega e redução da competição) e enrelvamento da entrelinha gerido com corte da vegetação. Em locais em que possam surgir limitações à transitabilidade das máquinas e equipamentos agrícolas (solos com texturas mais argilosas) pode tentar seleccionar-se o coberto vegetal das entrelinhas para gramíneas, aplicando um herbicida que combata apenas as infestantes de folha larga.

Com os cobertos vegetais semeados podem seguir-se critérios semelhantes. Em solos planos e texturas que drenem com maior dificuldade podem semear-se cobertos de gramíneas ou misturas de gramíneas com leguminosas de ressementeira natural (Figura 6.14). As gramíneas têm taxas de crescimento mais elevadas que as leguminosas durante o inverno podendo transpirar mais água nesse período. Por outro lado, as gramíneas têm um efeito mais evidente na melhoria das propriedades físicas do solo, devido às características do seu sistema radicular. Ainda em regadio, mas em solos pobres de encosta com reduzida espessura e sem dificuldades de drenagem, os cobertos semeados devem ser constituídos exclusivamente à base de leguminosas, devido ao seu efeito reparador da fertilidade do solo. Em regadio podem escolher-se espécies de ciclo médio a tardio, para aumentar a

incorporação de biomassa no solo e os teores em matéria orgânica. Como o pomar é regado, os riscos de redução da produtividade devido à competição pela água são menores.



Figura 6.14 - Coberto vegetal semeado com gramíneas em olival de regadio

6.6.2. Pomares de sequeiro

Apesar da recente vaga de instalação de pomares de amendoal em regadio, a grande maioria dos amendoais tradicionais continuam a ser geridos em sequeiro. Por outro lado, apesar das novas plantações do interior norte do país terem maioritariamente sido instaladas em regadio, tudo leva a crer que muitos desses pomares venham, a médio prazo, a ser cultivados em sequeiro, seja por limitação de água seja por limitações na qualidade nos sistemas de rega instalados. No contexto nacional, e sobretudo, no contexto do interior norte de Portugal, faz todo o sentido focar alguma atenção no amendoal de sequeiro, porque continuará seguramente a ser maioritário no futuro.

Enquanto em pomares de regadio a introdução de cobertos está generalizada, seja com base em cobertos naturais seja com base em cobertos semeados, em sequeiro a introdução de cobertos vegetais é sensível. Talvez por isso se tarda em abandonar as mobilizações nestes pomares.

Os cobertos vegetais competem pela água e este aspeto deve merecer a máxima atenção. Em sequeiro o crescimento e a produtividade das árvores está completamente dependente da água das chuvas, sendo este um dos aspetos mais limitantes da produtividade do pomar. Assim, a estratégia de gestão do solo para pomares de sequeiro deve estar assente no método que melhor utilização dos recursos hídricos disponíveis permita.

Outro aspeto a que deve ser dada a máxima atenção é a proteção do solo. Os pomares tradicionais de sequeiro (e os novos em pouco diferem) tendem a estar instalados em solos com algum declive. Nesta perspetiva, a mobilização do solo não deve equacionada. Restam como alternativas a gestão da vegetação natural com corte ou uso de herbicidas e a sementeira de cobertos pouco competitivos.

Assim, os produtores que optem por gerir apenas a vegetação natural têm a possibilidade de recorrer ao uso de herbicidas ou ao corte da vegetação com destroçadores. Dentro dos herbicidas será de excluir os de ação residual para aplicação de outono, uma vez que não permitem o desenvolvimento da vegetação durante o inverno. Os produtores que decidam utilizar herbicidas devem

optar pelos de pós-emergência, devendo estes ser aplicados no início de abril (podem também usar herbicidas comerciais que combinem substâncias ativas pós-emergência e de ação residual pois, embora mais caros, evitam o ressurgimento da vegetação em anos de primaveras mais húmidas). Com a aplicação dos herbicidas em pós-emergência na primavera, permite-se que o solo permaneça protegido por vegetação verde durante o outono e o inverno. No início de abril, quando a disponibilidade de água no solo se reduz, a vegetação é destruída para reduzir a competição pela água. Durante a Primavera e o Verão o solo fica protegido por vegetação morta. Se a opção pela gestão da vegetação for o corte com destroçador, deve ter-se em conta que a tolerância com a vegetação herbácea deve ser mínima na primavera. Isto é, os cobertos devem ser cortados com oportunidade ao longo da primavera para reduzir a sua capacidade de transpirar água, uma vez que esta é determinante para o desenvolvimento das árvores.

Em sequeiro a estratégia mais excitante é, contudo, a introdução de cobertos vegetais de leguminosas de ressementeira natural. As leguminosas são, de uma maneira geral, menos competitivas que as gramíneas e fixam azoto atmosférico. É necessário ter em conta que a produtividade dos amendoais em sequeiro é baixa. Para haver rentabilidade os custos de exploração têm também de ser baixos, assim, não é negligenciável o facto de o uso de leguminosas no coberto dispensar a aplicação de fertilizantes

azotados. Estudos em olival mostraram que um coberto de leguminosas de ressementeira natural manteve as árvores em melhor estado nutricional e originou maior produção de azeitona que a aplicação de 60 kg/ha de azoto (Rodrigues *et al.*, 2015a).

Contudo, as espécies e/ou variedades a introduzir em amendoal de sequeiro devem apresentar baixa exuberância vegetativa e ter ciclo particularmente curto. Assegurada a proteção do solo, o critério mais importante a ter em conta é a redução da competição pela água. Assim, para pomares de sequeiro preconizam-se cobertos de leguminosas de baixa exuberância vegetativa e ciclo curto (Figura 6.15). O produtor deve utilizar preferencialmente trevos subterrâneos e as variedades de ciclo mais curto que consiga encontrar no mercado. As variedades de ciclo curto produzem menos biomassa e conseqüentemente fixam menos azoto. Contudo, em pomares de sequeiro, devido à menor produtividade e exportação do nutriente, a quantidade de azoto fixada deve ser suficiente para dispensar a fertilização azotada. Em contrapartida economizam água.



Figura 6.15 - Coberto de leguminosas anuais de resesmenteira natural em pomar adulto de amendoeira conduzido em sequeiro

6.7 Amendoais em modo biológico

Um dos grandes constrangimentos ao modo biológico é o fornecimento de azoto ao sistema. Em agricultura biológica os fertilizantes de síntese industrial não são autorizados. Contudo, para fornecer fósforo, potássio e outros nutrientes, existem no mercado fertilizantes naturais com preços aceitáveis que podem ser usados. A exceção é o azoto. Como não podem ser usados fertilizantes de síntese industrial, só há duas formas de introduzir azoto no sistema: através de corretivos orgânicos; e/ou de leguminosas com capacidade de fixar azoto a partir da atmosfera.

Explorações que disponham de animais ou uma fonte relevante de fertilizantes orgânicos podem usar este recurso na fertilização do pomar. Isto pressupõe que o método de gestão do solo tem de prever a incorporação do estrume. Em solos planos, de reduzido

risco de erosão, mobilizar o solo não é tão problemático. Deverá prever-se a incorporação dos fertilizantes no solo fora do período mais ativo do desenvolvimento do sistema radicular, tendo o mês de fevereiro como referência. Num período de maior atividade biológica o risco de indução de stresse hídrico e nutricional na árvore é mais elevado. De qualquer forma, deve mobilizar-se apenas na entrelinha, devendo ficar uma faixa de proteção ao sistema radicular na linha que serve também para reduzir o risco de erosão. Se o solo do pomar tiver declive acentuado poderá optar-se por incorporar o estrume apenas linha-sim linha-não, para uma proteção ainda mais efetiva contra o risco de erosão.

A disponibilidade de estrumes ou outros recursos orgânicos não é, contudo, frequente em Portugal nas regiões onde habitualmente se cultiva a amendoeira. Assim, em agricultura biológica, o solo deve ser gerido com leguminosas anuais de ressementeira natural. Em pomares regados podem usar-se espécies e variedades de ciclos médios a tardios, com maior capacidade de fixar de azoto. Em sequeiro deve usar-se material vegetal de ciclo muito curto. Em solos planos, de elevada espessura efetiva e bem arejados, sobretudo em regadio, podem, em alternativa, semear-se leguminosas anuais como tremoço e ervilhacas para sideração (Figura 6.16). Como a técnica necessita de uma mobilização de sementeira e outra para a incorporação da biomassa, o coberto deve restringir-se apenas às entrelinhas pelas razões apontadas no ponto anterior. Tendo em conta a elevada

capacidade de fixação de azoto destas plantas, que pode ultrapassar 150 kg/ha/ano de azoto, mesmo em solos pobres (Rodrigues *et al.*, 2013b; 2015b; Ferreira *et al.*, 2015), a técnica pode ser usada apenas ano sim ano não para satisfazer as necessidades em azoto do amendoal.



Figura 6.16 - Ervilhaca cultivada para sideração em olival biológico

6.8. Referências Bibliográficas

Agro-Manual (2015). *Produtos fitofarmacêuticos, organismos auxiliares, jardins & espaços verdes, fertilizantes, sementes*. Rio Tinto, Agro-Manual Publicações, Lda..

Almagro, M.; de Vente, J.; Boix-Fayos, C.; García-Franco, N.; Aguilar, J.M.; González, D.; Solé-Benet, A. e Martínez-Mena, M. (2016). Sustainable land management practices as providers of several ecosystem services under rainfed Mediterranean agroecosystems. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*. 21, 1029–1043.

Arquero, O. e Serrano, N. (2013). Manejo del suelo, in: Arquero, O. (Ed.), *Manual del Cultivo del Almendro*. Sevilla, España, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Arrobas, M.; Ferreira, I.Q.; Claro, M.; Correia, C.M.; Moutinho-Pereira, J. e Rodrigues, M.A. (2011). Introdução de cobertos de leguminosas anuais em olival. *Vida Rural, Out*, 32–34.

Arrobas, M.; Ferreira, I.Q.; Claro, A.M. e Rodrigues, M.A. (2015). The effect of legume species grown as cover crops in olive orchards on soil phosphorus bioavailability. *J. Plant Nutr.* 38, 2294–2311.

Cañero, A.I.; Cox, L.; Redondo-Gómez, S.; Mateos-Naranjo, E.; Hermosín, M.C. e Cornejo, J. (2011). Effect of the herbicides Terbutylazine and Glyphosate on photosystem II photochemistry of young olive (*Olea europaea*) plants. *J. Agric. Food Chem.* 59, 5528–5534.

Celis, R.; Trigo, C.; Facenda, G.; Hermosín, M.C. e Cornejo, J. (2007). Selective modification of clay minerals for the adsorption of herbicides widely used in olive groves. *J. Agric. Food Chem.* 55, 6650–6658.

Cooper, J. e Scherer, H. (2012). *Nitrogen fixation*, in: Marschner, P. (Ed.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd ed. London, Academic Press.

Driouech, N.; Abou Fayad, A.; Ghanem, A. e Al-Bitar, L. (2008). *Agronomic performance of annual self-reseeding legumes and their self-establishment potential in the Apulia region of Italy*, in: 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June, pp. 16–20.

Dúran, Z.F.M.; Pleguezuelo, R.C.R.; Francia, J.R.; Raya, A.M.; Panadero, L.A.; Rodríguez, B.C. e Moll, M.C.N. (2008). Benefits of plant strips for sustainable mountain agriculture. *Agron. Sustain. Dev.* 28, 497–505.

Ferreira, I.Q.; Arrobas, M.; Claro, A.M. e Rodrigues, M.A. (2013). Soil management in rainfed olive orchards may result in conflicting effects on olive production and soil fertility. *Span. J. Agric. Res.* 11, 472–480.

Ferreira, I.Q.; Rodrigues, M.A.; Claro, A.M. e Arrobas, M. (2015). Management of nitrogen-rich legume cover crops as a mulching in traditional olive orchards. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 46, 1881–1894.

García-Franco, N.; Albaladejo, J.; Almagro, M. e Martínez-Mena, M. (2015). Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. *Soil Till. Res.* 153, 66–75.

Gómez, J.A.; Guzmán, M.G.; Giráldez, J.V. e Ferreres, E. (2009). The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil. *Soil Till. Res.* 106:137–144.

Gucci, R.; Caruso, G.; Bertolla, C.; Urbani, S.; Taticchi, A.; Esposito, S.; Servili, M.; Sifola, M.I.; Pellegrini, S.; Pagliai, M. e Vignozzi, N. (2012). Changes of soil properties and tree performance induced by soil management in a high-density olive orchard. *Eur. J. Agron.* 41, 18–27.

Guzmán, G.I. e Foraster, L. (2011). El manejo del suelo y las cubiertas vegetales en el olivar ecológico, in: Casado, G.G. (Ed), *El Olivar Ecológico*. España, Mundi-Prensa, Junta de Andalucía.

Hornig, R. e Bünemann, G. (1993). Fertilization and controlled strip cover by weeds in IP apple orchards. *Acta Hort.* 335, 65–71.

Jackson, D. (2011). Soils, nutrients and water, in: Jackson, D., Looney, N., Morley-Bunker, M. Thiele, G. (Eds.), *Temperate and Subtropical Fruit Production*, 3rd ed. CAB International, UK, Cambridge University Press.

Kairis, O.; Karavitis, C.; Kounalaki, A.; Salvati, L. e Kosmas, C. (2013). The effect of land management practices on soil erosion and land desertification in an olive grove. *Soil Use Manag.* 29, 597–606.

Martínez, J.R.F.; Zuazo, V.H.D. e Martínez, R.A. (2006a). Environmental impact from mountainous olive orchard under different soil-management systems (SE Spain). *Sci. Total Environ.* 358, 46–60.

Martínez, R.A.; Durán, Z.V.H e Francia, M.J.R. (2006b). Soil erosion and runoff response to plant-cover strips on semiarid slopes (SE Spain). *Land Degrad. Develop.* 17, 1–11.

Martínez-Mena, M.; Garcia-Franco, N.; Almagro, M.; Ruiz-Navarro, A.; Albaladejo, J.; Aguilar, J.M.; Gonzalez, D. e Querejeta, J.I. (2013). Decreased foliar nitrogen and crop yield in organic rainfed almond trees during transition from reduced tillage to no-tillage in a dryland farming system. *Eur. J. Agron.* 49: 149–157.

Mauromicale, G.; Occhipinti, A. e Mauro, R.P. (2010). Selection of shade-adapted subterranean clover species for cover cropping in orchards. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 473–480.

Montanaro, G.; Celano, G.; Dichio, B. e Xiloyannis, C. (2010). Effect of soil-protecting agricultural practices on soil organic carbon and productivity in fruit tree orchards. *Land Degrad. Dev.* 21, 132–138.

Moreno, B.; Garcia-Rodriguez, S.; Cañizares, R.; Castro, J. e Benítez, E. (2009). Rainfed olive farming in South-eastern Spain: long-term effect of soil management on biological indicators of soil quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 131, 333–339.

Morgan, R.P.C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*. 3rd ed., MA, USA, Blackwell Publishing.

Pastor, M. (2008). Sistemas de manejo del suelo, in: Barranco, D, Fernández-Escobar, R., Rallo, L., (Eds.), *El Cultivo del Olivo*. Madrid, Coedición Mundi-Prensa & Junta de Andalucía.

Penman, D. e Chapman, B. (2011). Crop protection, in: Jackson, D., Looney, N., Morley-Bunker, M. Thiele, G. (Eds.), *Temperate and Subtropical Fruit Production*, 3rd ed. UK, CAB International, Cambridge University Press.

Ramos, M.E.; Benítez, E.; García, P.A. e Robles, A.B. (2010). Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality. *Appl. Soil Ecol.* 44, 6–14.

Ramos, M.E.; Robles, A.B.; Sánchez-Navarro, A. e González-Rebollar, J.L. (2011). Soil responses to different management practices in rainfed orchards in semiarid environments. *Soil Till. Res.* 112, 85–91.

Rodrigues, M.A. e Cabanas, J.E. (2009). Manutenção do solo, in: Rodrigues, M.A., Correia, C. (Eds), *Manual da Safra e Contra Safra do Olival*. Portugal, Instituto Politécnico de Bragança.

Rodrigues, M.A.; Correia, C.M.; Claro, A.M.; Ferreira, I.Q.; Barbosa, J.C.; Moutinho-Pereira, J.M.; Bacelar, E.A.; Fernandes-Silva, A.A. e Arrobas, M. (2013a.) Soil nitrogen availability in olive orchards after mulching legume cover crop residues. *Sci. Hort.* 156, 45–51.

Rodrigues, M.A.; Lopes, J.I.; Pavão, F.; Cabanas, J.E. e Arrobas, M. (2011). Effect of soil management on olive yield and nutritional status of trees in rainfed orchards. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 42, 993–2011.

Rodrigues, M.A. (2013). Introdução de leguminosas pratenses na gestão do solo em olivais de sequeiro. *Trifolia* (Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens) 4, 1–2.

Rodrigues, M.A. e Cabanas, J.E. (2007). As Infestantes, in: Torres, L. (Ed.), *Manual da Protecção Integrada do Olival*. Viseu, João Azevedo Editor.

Rodrigues, M.A.; Dimande, P.; Pereira, E.; Ferreira, I.Q.; Freitas, S.; Correia, C.M.; Moutinho-Pereira, J. e Arrobas, M. (2015^a). Early-maturing annual legumes: an option for cover cropping in rainfed olive orchards. *Nutr Cycl Agroecosys*. 103, 153–166.

Rodrigues, M.A.; Ferreira, I. e Arrobas, M. (2010^a). Ensaios com cultivares de Inverno, doses de azoto e profundidades de sementeira em Trás-os-Montes. *Rev. Ciênc. Agrár.* XXXIII, 27–39.

Rodrigues, M.A.; Ferreira, I.Q.; Freitas, S.; Pires, J. e Arrobas, M. (2015b). Self-reseeding annual legumes for cover cropping in rainfed managed olive orchards. *Span. J. Agric. Res.* 13 (2), e0302, 13 pages.

Rodrigues, M.A.; Pavão, F.; Oliveira, J. e Arrobas, M. (2010b). Gestão da vegetação herbácea em olival biológico. *Revista APH*. 102, 17–20.

Rodrigues, M.A.; Pires, J.M.; Claro, M.; Ferreira, I.Q.; Barbosa, J.C. e Arrobas, M. (2013b). Instalação de leguminosas anuais de ressementeira natural como cobertos vegetais em olivais de sequeiro. *Rev. Pastagens e Forragens* 32/33, 85–97.

Sirrine, R.; Letourneau, K.; Shennan, C.; Sirrine, D.; Fouch, R.; Jackson, L. e Mages, A. (2008). Impacts of groundcover management systems on yield, leaf nutrients, weeds, and arthropods of tart cherry in Michigan, USA. *Agric. Ecosyst. Environ.* 125, 239–245.

Snoeck, D.; Zapata, F. e Domenach, A.-M. (2000). Isotopic evidence of the transfer of nitrogen fixed by legumes to coffee trees. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 4, 95–100.

Vanwalleghem, T.; Amate, J.I.; Molina, M.G.; Fernández, D.S. e Gómez, J.A. (2011). Quantifying the effect of historical soil management on soil erosion rates in Mediterranean olive orchards. *Agric. Ecosyst. and Environ.* 142, 341– 351.

Capítulo 7 – Fertilização

Margarida Arrobas, M. Ângelo Rodrigues

7.1. Introdução

A fertilização tem por objetivo fornecer às plantas nutrientes que não se encontrem no solo em quantidades satisfatórias para que a cultura atinja o nível de produção desejado. Pode também destinar-se a corrigir propriedades físicas, químicas e/ou biológicas que de alguma forma limitem o desempenho das culturas.

Antes de se proceder à aplicação de fertilizantes deve tentar comprovar-se através da análise de terras, de tecidos vegetais ou outros métodos de diagnóstico quais os nutrientes em falta e/ou que propriedades do solo podem estar a comprometer o desempenho das plantas. Estes métodos, ainda que com limitações, devem também ser usados para auxiliar no estabelecimento de programas de fertilização que quantifiquem as doses a aplicarem.

A fertilização é uma prática sobre a qual não restam dúvidas poder aumentar a produtividade das árvores e reduzir a alternância anual das produções. Neste capítulo, faz-se um breve resumo da importância dos nutrientes para as plantas, das técnicas de

diagnóstico da fertilidade do solo e do estado nutricional das árvores e ainda de estratégias de gestão da fertilidade do solo e da aplicação de fertilizantes em amendoal.

7.2. Nutrientes essenciais

As plantas podem conter nos seus tecidos uma grande diversidade de elementos. Parte deles são essenciais ao seu crescimento, outros podem exercer efeitos benéficos, mas muitos não têm funções benéficas conhecidas nas plantas. No presente consideram-se ser pelo menos dezasseis os elementos essenciais a todas as plantas superiores. Os elementos essenciais têm uma função específica nas plantas e o seu papel não pode ser integralmente substituído por qualquer outro elemento. Na ausência de um dos dezasseis elementos essenciais a planta não completa o seu ciclo biológico. Os dezasseis elementos para os quais está cientificamente demonstrada a essencialidade em todas as plantas superiores são carbono (C), oxigénio (O), hidrogénio (H), azoto (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), molibdénio (Mo), boro (B) e cloro (Cl).

Os elementos mais abundantes nos tecidos vegetais são carbono, oxigénio e hidrogénio que podem ultrapassar em massa mais de 95% da matéria seca (Mia, 2015). Estes elementos estão disponíveis para as plantas no dióxido de carbono (CO₂) e na água existentes na atmosfera e no solo. Por existirem na natureza em

quantidades consideradas suficientes para o desenvolvimento das plantas, não são tidos em conta nos programas de fertilização das culturas que se desenvolvem ao ar livre. Em estufa, contudo, é frequente enriquecer-se a atmosfera em CO₂ para melhorar o desempenho das plantas. Os restantes nutrientes essenciais estão disponíveis para as plantas sobretudo a partir do solo, embora em alguns casos a atmosfera possa ainda dar um importante contributo.

Excluídos carbono, oxigénio e hidrogénio, os restantes nutrientes essenciais são habitualmente divididos em dois grupos, tendo em conta a concentração nos tecidos vegetais: macronutrientes (azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre); e micronutrientes (ferro, zinco, manganês, cobre, molibdénio, boro e cloro), os primeiros necessários em quantidades mais elevadas e os segundos em quantidades mais reduzidas (Jones, 2012). Os macronutrientes podem ainda ser divididos em dois subgrupos: macronutrientes principais (azoto, fósforo e potássio), que frequentemente não se encontram no solo em quantidade suficiente para as plantas, sendo regularmente aplicados como fertilizantes; e macronutrientes secundários (cálcio, magnésio e enxofre), em que normalmente a sua disponibilidade no meio é suficiente ao normal desenvolvimento das plantas (Santos, 2015). Os macronutrientes secundários acompanham frequentemente os macronutrientes principais na formulação química de adubos (por exemplo, os superfosfatos contêm cálcio e enxofre; o nitromagnésio contém cálcio e magnésio...), o que faz com que

estes elementos sejam regularmente aplicados sem haver uma estratégia de aplicação dirigida a eles próprios.

O solo assegura, por si só, grande parte dos nutrientes de que as árvores necessitam. No entanto, a exportação continuada de nutrientes na amêndoa e na lenha de poda, obriga à reposição regular de alguns deles na forma de fertilizantes. Em Trás-os-Montes azoto, boro, potássio, fósforo e também cálcio e magnésio afiguram-se como os nutrientes que se recomendam com maior frequência, devido à limitação natural destes elementos no solo e/ou a exportação significativa dos elementos pela cultura. No sul do país, em solos calcários de pH elevado, podem surgir problemas com limitação de ferro.

Todos os elementos essenciais têm papéis específicos na planta. Contudo, uns entram na composição da planta em maior concentração que outros. Devido à abundância relativa no meio, uns são problema habitual na prática de fertilização e outros não merecem atenção especial. De seguida apresentam-se notas suplementares sobre os dezasseis elementos considerados essenciais para todas as plantas superiores.

Carbono, oxigénio e hidrogénio são elementos que se combinam durante o processo fotossintético para formar vários tipos de compostos orgânicos dos quais são exemplo hidratos de carbono, proteínas, lípidos e ácidos nucleicos, constituindo estes compostos cerca de 95% da matéria seca vegetal (Singer e Munns, 2002). Como se referiu, não são tidos em conta nos

programas de fertilização de culturas ao ar livre por estarem disponíveis no meio.

O **azoto** é, de entre os elementos essenciais, aquele que normalmente é absorvido em quantidades mais elevadas. De uma maneira geral, é o elemento que mais limita o crescimento e produção das culturas em ecossistemas naturais e agrícolas. Na planta integra a molécula de clorofila, que converte a energia solar em energia química através do processo da *fotossíntese*. É também componente de outras biomoléculas como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos. Entra na composição de vitaminas e enzimas, tendo um papel fundamental em todas as atividades metabólicas da planta (Mills e Jones, 1996; Osman, 2013). A sua deficiência manifesta-se por um amarelecimento das folhas e, por se tratar de um elemento móvel na planta, a clorose começa nas folhas mais velhas. Quando a deficiência é severa provoca queda prematura das folhas, mantendo-se ativas apenas as partes mais jovens da árvore, para onde é translocado o azoto contido nas folhas mais velhas. Em amendoal não restam dúvidas que a aplicação de azoto aumenta a produtividade (Saa *et al.*, 2014; Zarate-Valdez *et al.*, 2015). Se o azoto estiver em excesso no solo, as árvores podem absorver quantidades elevadas, originando desequilíbrios nutritivos com os outros elementos. Nesta situação, as culturas ficam mais vulneráveis stresses ambientais (térmico, hídrico, ...) e à ação de pragas e doenças (Santos, 2015). Em amendoal foi demonstrado que doses excessivas de azoto agravaram problemas de podridão-parda (*Monilinia fructicola*) e

podridão-mole (*Rhizopus stolonifer*) da amêndoa (Saa *et al.*, 2016).

O **fósforo** tem papel importante no armazenamento e transferência de energia nas células. A energia produzida no processo fotossintético e resultante do metabolismo dos hidratos de carbono é armazenada em compostos fosfatados e posteriormente utilizada nos processos de crescimento e reprodução (Havlin *et al.*, 2014). O fósforo é também um componente essencial dos ácidos nucleicos, compostos que contêm o código genético das plantas para produzir proteínas e outros compostos vitais à planta. A disponibilidade de fósforo promove o desenvolvimento do sistema radicular (Santos, 2015), aspeto bastante relevante para a adaptação das culturas a um regime de sequeiro, como ocorre no amendoal tradicional da maior parte do território nacional. Um sistema radicular bem desenvolvido permite à planta utilizar água que se encontre disponível a maior profundidade. Apesar da análise foliar revelar, por vezes, níveis baixos de fósforo, não é conhecida a expressão visual da deficiência deste nutriente em amendoeira. Por outro lado, não existem estudos que demonstrem inequivocamente uma reposta da amendoeira à aplicação de fósforo. Bhadoria *et al.* (2002) mostraram que teores de fósforo nos tecidos abaixo do nível de suficiência poderão estar relacionados com o pH do solo. Situações de acidez acentuada podem resultar numa reduzida disponibilidade do nutriente, devido a prováveis fenómenos de precipitação do elemento com alumínio, ferro e/ou manganês.

Valores de pH elevados, com presença de carbonatos no solo, podem também induzir insolubilização de fósforo (Santos, 2015). O **potássio** é um nutriente normalmente associado à regulação da abertura e fecho dos estomas, função importante para a entrada de CO₂ na planta e para a atividade fotossintética (Mills e Jones, 1996). Basile *et al.* (2003) mostraram que a deficiência em potássio afeta a interceção da radiação e reduz a taxa fotossintética, sendo a limitação pela via bioquímica ainda mais importante que a limitação pela condutância estomática. A regulação da abertura e fecho dos estomas também permite algum controlo na perda de água por transpiração, aspeto benéfico na manutenção da turgidez celular e na resistência das plantas à secura (Havlin *et al.*, 2014). O potássio está também associado ao transporte de produtos da fotossíntese na planta, tendo um papel fundamental nas plantas durante a fase de engrossamento dos frutos. Plantas bem providas de potássio são também mais tolerantes a stresse hídrico e ao ataque de pragas e doenças (Santos, 2015). A deficiência de potássio é relativamente frequente e manifesta-se por necrose das extremidades das folhas, culminando em frutos de pequenas dimensões e produção reduzida. Riedel *et al.* (2004) mostraram que quando se detetam níveis baixos do nutriente nas folhas num determinado ano, o efeito da deficiência só se reflete na produção do ano seguinte, sendo por isso necessária atenção regular ao estado nutritivo das plantas.

O **cálcio** é um elemento importante para a integridade das membranas celulares exercendo um efeito estabilizador de toda a estrutura da planta. Diz-se que o elemento atua como uma espécie de cimento entre as células (Mills e Jones, 1996). O cálcio está envolvido no processo de crescimento dos tecidos, através do alongamento e divisão celulares e a sua deficiência acelera a senescência das folhas (Mengel *et al.*, 2001). Pode ser absorvido em quantidades elevadas, inclusive superiores ao potássio. No caso da amendoeira, o miolo é particularmente rico em cálcio. Por se tratar de um nutriente de reduzida mobilidade na planta, a deficiência manifesta-se pela morte das extremidades dos ramos jovens. Dado o carácter ácido da maioria dos solos portugueses, em especial dos solos de Trás-os-Montes, as condições são favoráveis à ocorrência de deficiência do nutriente. Se o problema for detetado, pode recorrer-se à incorporação de calcários para ultrapassar a situação.

O **magnésio** faz parte da clorofila, sendo o átomo central desta importante molécula orgânica. É um nutriente que também está associado à atividade de enzimas envolvidas no metabolismo dos hidratos de carbono. Estando fortemente ligado ao processo de transferência de energia na fotossíntese e respiração, o magnésio é fundamental em todo o metabolismo da planta (Mengel *et al.*, 2001; Mills e Jones, 1996). Deficiência de magnésio nas plantas é provável que ocorra em solos ácidos. Normalmente manifesta-se por amarelecimento das folhas entre as nervuras e surge em primeiro lugar nas folhas mais velhas (Havlin *et al.*, 2014). Sempre

que seja necessário proceder à correção da acidez do solo, a opção por calcários magnesianos ajuda a ultrapassar também os problemas com a carência de magnésio.

O **enxofre** está presente nas plantas como constituinte de numerosas moléculas orgânicas, sendo também importante no funcionamento de diversos sistemas enzimáticos. O enxofre existe normalmente no solo em quantidades suficientes para satisfazer as necessidades das plantas. As plantas podem ainda aceder a elevadas quantidades de enxofre (potencialmente até em quantidades excessivas) a partir da atmosfera (Varenes, 2003). Apesar de ser frequente a aplicação de enxofre em numerosas culturas herbáceas, onde o elemento se aplica na forma de caldas foliares, não é expectável que seja um problema nutricional em pomares de amendoeira.

O **boro** é um elemento estrutural da parede celular (Wimmer e Eichert, 2013). É frequentemente associado à germinação dos grãos de pólen e ao desenvolvimento e estabilidade do tubo polínico tendo, por isso, papel relevante na floração e vingamento dos frutos, entre muitos outros processos fisiológicos fundamentais ao bom desenvolvimento das plantas, como divisão e diferenciação celular e respiração (Nyomora e Brown, 1999; Jones, 2012). A carência de boro pode dificultar a absorção de água por inibição do crescimento das raízes e dos caules. A destruição estrutural do sistema vascular da planta pode limitar o transporte de água para a parte aérea e causar danos diversos nas plantas (Wimmer e Eichert, 2013). A carência de boro é um

problema generalizado à escala global. Na amendoeira, a carência de boro está identificada na Califórnia desde 1957 (Hansen *et al.*, 1962), e está igualmente identificada na bacia mediterrânica e em várias outras partes do mundo (Alloway, 2008). Nas folhas, a deficiência manifesta-se por clorose que evolui para necrose nas extremidades das folhas. Nos frutos podem aparecer pequenas bolhas gumosas que se estendem para o miolo, acabando por não permitir o seu adequado desenvolvimento, formando-se mesmo frutos partenocárpicos (Hansen *et al.*, 1962). As situações favoráveis à deficiência de boro estão associadas sobretudo a solos de reação alcalina, solos ácidos, solos de textura ligeira e em períodos de elevada precipitação ou regas abundantes (Monteiro *et al.*, 2003). A aplicação excessiva deste nutriente pode manifestar-se por exsudação de substâncias gumosas nas feridas da poda ou nos gomos que dão origem a novos ramos (Doll, 2014).

Ferro, manganês, zinco e cobre são elementos essenciais e por isso igualmente importantes para o desenvolvimento das plantas. Estes elementos estão normalmente associados a fenómenos de transferência de eletrões em reações de oxidação-redução e à ativação de enzimas (Mills e Jones, 1996). Alguns destes nutrientes são aplicados por via foliar na forma de caldas nos tratamentos fitossanitários. Como regra geral, não se espera ser necessário tê-los em conta nos programas de fertilização. Solos de reação próxima da neutralidade devem assegurar quantidades adequadas destes nutrientes. A clorose férrica é um problema nutricional importante em diversas culturas e vastas regiões do

globo, incluindo em amendoal instalado em solos calcários de pH elevado. Quando uma situação de clorose férrica ocorre, embora o problema seja difícil de solucionar, podem aplicar-se quelatos de ferro ao solo para mitigar o problema. Fernández-Escobar (2008) propuseram um método para o olival do sul de Espanha supostamente mais eficiente que consiste em injetar uma solução de ferro diretamente no tronco da árvore.

O **molibdénio** está presente na planta na estrutura de algumas enzimas envolvidas em reações redox, em que o elemento participa variando o seu número de oxidação (Varenes, 2003). Deficiências de molibdénio não são frequentes mas podem ocorrer em solos ácidos, em solos de textura arenosa e pobres em matéria orgânica. Não é um problema habitual dos programas de fertilização. A correção da acidez do solo deve ser suficiente para evitar este problema.

O **cloro** está presente em alguns compostos orgânicos e está envolvido na ativação de alguns sistemas enzimáticos (Varenes, 2003). O cloro é um elemento muito abundante na natureza, não sendo espectável que possa ocorrer deficiência pelo menos no território nacional. Em agricultura é mais provável que o cloro seja um problema por excesso que por defeito. Junto ao litoral, onde o elemento é mais abundante, em regiões áridas e semiáridas, de balanço hidrológico anual deficiente, e em agricultura de regadio, em que ocorre elevada entrada de sais nos fertilizantes e água de rega, podem surgir situações de elevada salinização dos solos, também com o contributo de sódio e outros sais, que dificultem o

desenvolvimento das culturas. Pode ocorrer toxicidade iônica nas folhas mais velhas e déficit de água e de hidratos de carbono nas folhas mais jovens (Broadley *et al.*, 2012).

7.3. Diagnóstico da fertilidade do solo e do estado nutricional das culturas

O diagnóstico do estado nutricional do amendoal deve começar pela observação regular do aspeto geral das árvores e pela tentativa de identificação de alguma situação atípica na forma e cor dos tecidos vegetais. De forma preventiva, ou após observação de anomalias no desenvolvimento das plantas, deve proceder-se a técnicas analíticas de avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas. Na agricultura atual não deveriam ocorrer sintomas visíveis de carência ou toxicidade de nutrientes. Quando isso acontece significa que se estão a cometer erros grosseiros no programa de fertilização anual. Um sintoma visível só surge quando a planta está em stresse nutritivo profundo, aspeto que deveria ter sido antecipado pela análise de terras e/ou pela análise de tecidos vegetais (Havlin *et al.*, 2014). Em pomares como o amendoal, o acompanhamento do nível de fertilidade do solo e do estado nutricional das árvores através de análises ao solo e às folhas, bem como a aplicação de fertilizantes devem ser prática regular, como forma de manter o pomar em bom estado nutritivo e assegurar produções regulares.

A qualidade dos diagnósticos e, por último, da intervenção de fertilização começa no momento da recolha das amostras, uma vez que estas devem representar o solo de uma parcela ou as árvores de todo um pomar (Jones, 2012). É necessário ter em conta que todo o processo deve ser padronizado. Com erros no processo de amostragem os laboratórios não poderão nunca fazer bons diagnósticos.

7.3.1. Análise de terras

O processo de análise ao solo inicia-se com a recolha da amostra de uma determinada área, esperando-se que os resultados analíticos obtidos representem toda a parcela. A colheita de amostras de terras para análise deve iniciar-se com o estabelecimento de zonas homogéneas na parcela, no que diz respeito a topografia, aspeto do solo, tamanho das árvores e desenvolvimento da vegetação herbácea (Jones, 2012). O número de amostras a recolher deve ser ajustado ao tamanho da parcela e à sua uniformidade (James e Wells, 1990). Dentro de cada zona homogénea deve proceder-se à colheita de cerca de 15 subamostras parciais, percorrendo o solo em zig-zag, que servirão para formar uma amostra compósita representativa da parcela. Estas subamostras devem ser colocadas num recipiente e no final devem ser devidamente misturadas para, a partir desta mistura, se retirar cerca de 1 kg de solo. Este procedimento é aconselhado para amostrar o solo antes da instalação da cultura e nos primeiros

anos antes da entrada do pomar em produção. Com árvores adultas, pode ser vantajoso proceder à marcação, de forma mais ou menos permanente, de cerca de 15 árvores representativas do estado de desenvolvimento do pomar sendo o solo colhido próximo das árvores marcadas. Este procedimento diminui a variabilidade natural associada às próprias árvores e ao solo e torna mais fácil a interpretação dos resultados das análises aos solos (Jones, 2012). Quando se faz fertirrigação, o risco de uma má amostragem aumenta, uma vez que o bolbo de humedecimento tende a ser reduzido em comparação com a área total de solo explorada pelas raízes. Nestas circunstâncias pode ser de equacionar colher amostras separadas junto aos gotejadores e na zona não atingida pela água de rega.

Em amendoais em produção, em que se proceda à fertilização localizada debaixo da copa, a fertilidade do solo torna-se distinta na área sob a copa e no espaço da entrelinha. Assim, se a fertilização nos anos anteriores foi efetuada sob a área de influência da copa, será nessa zona que deverão ser colhidas as amostras parciais. Em amendoais em que a fertilização é feita com distribuidores centrífugos de adubos por todo o terreno, as amostras podem ser colhidas no limite exterior de projeção da copa das árvores marcadas.

A profundidade de colheita deve estar relacionada com a profundidade ocupada pela maior densidade radicular. Jones (2012) recomenda que a profundidade de recolha das amostras tenha em conta o local onde se encontra cerca de 75 % do sistema

radicular. James e Wells (1990) consideram que a profundidade de colheita das amostras se deve restringir à camada arável (17 a 20 cm), considerando ser essa a profundidade onde são incorporados os fertilizantes. Ainda de acordo com estes autores, a recolha de amostras a maior profundidade depende sobretudo da textura do solo. Solos de textura mais ligeira, de maior permeabilidade, devem ser amostrados a maior profundidade. Quando se trate de solos sujeitos a mobilização mínima ou não mobilização, a profundidade de recolha das amostras poderá mesmo ser inferior a 17 cm. Em Portugal, a norma geral para a Produção Integrada recomenda a colheita de amostras de solos para culturas arbóreas e arbustivas até 50 cm. Considerando que muitos dos amendois se encontram em solos de encosta e meia encosta, nem sempre será possível atingir esta profundidade, devendo a colheita ser efetuada nos 20 a 30 cm superficiais, até se atingir a rocha mãe. De qualquer forma, James e Wells (1990) referem que a recolha de amostras até 15-20 cm de profundidade é suficiente para monitorizar o movimento dos nutrientes em profundidade e avaliar o seu grau de estratificação.

Adicionalmente deverá ser fornecida ao laboratório toda a informação considerada relevante sobre a parcela e sobre a cultura, normalmente prevista em impresso próprio fornecido pelo laboratório. Para além da identificação da parcela e do proprietário, será útil fornecer informação sobre a idade do pomar, produção esperada, fertilizações normalmente efetuadas e problemas particulares da parcela.

Relativamente à época mais indicada para a recolha das amostras, e uma vez que o solo tem uma dinâmica de alterações própria, variável com as condições ambientais (temperatura do solo, humidade, ritmo de absorção pelas plantas...), as amostras devem ser colhidas sempre na mesma altura do ano (Mills e Jones, 1996), de preferência numa altura em que seja possível obter os resultados do laboratório em tempo útil para a realização da fertilização no início da estação de crescimento.

Quanto à periodicidade de análise dos solos, e de acordo com as normas da Produção Integrada de culturas arbóreas e arbustivas em vigor em Portugal, esta deve realizar-se antes da instalação da cultura (ou no ano de adesão ao modo de Produção Integrada). Nessa data deve solicitar-se a análise aos seguintes parâmetros: análise granulométrica; pH (H_2O); calcário total e calcário ativo, se a pesquisa de carbonatos for positiva; necessidade em calcário, se necessário; matéria orgânica; fósforo e potássio extraíveis; capacidade de troca catiónica; e os micronutrientes extraíveis magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre e boro. Se as parcelas forem ou foram regadas, deve ainda solicitar-se a análise à condutividade elétrica do solo. Um ano após a instalação da cultura (ou um ano após a adesão ao modo de Produção Integrada) deve efetuar-se nova análise solicitando os parâmetros já referidos, à exceção do calcário total e ativo e da capacidade de troca catiónica. A amostra para determinação da condutividade elétrica deve ser recolhida junto ao ponto de rega, quando existe fertirrega. Depois destes procedimentos é obrigatório repetir a

análise dos parâmetros anteriores de quatro em quatro anos (DGADR, 2016).

7.3.2. Análise de tecidos vegetais

A análise dos tecidos vegetais tem como objetivo principal avaliar o estado nutricional atual das plantas através da concentração de nutrientes em tecidos específicos. A análise de tecidos vegetais é um método de diagnóstico do estado nutricional das árvores conceituado, na medida em que se aceita que a concentração de um nutriente na planta ou num tecido específico integra, para além da disponibilidade de nutrientes no solo, todos os fatores que afetam o crescimento das plantas. Assim, a composição mineral dos tecidos depende da disponibilidade de nutrientes no solo, mas também da idade dos tecidos, posição destes na planta e das condições ambientais prevaletentes (Munson e Nelson, 1990). É a partir dos resultados da análise de tecidos que se pode confirmar um sintoma visual de deficiência ou de toxicidade que tenha sido detetado ou, ainda mais importante, identificar problemas potenciais que ainda não se manifestaram externamente na árvore, permitindo uma intervenção em tempo útil na sua resolução.

Na amendoeira, o tecido normalmente utilizado para avaliar o estado nutricional são as folhas. Relativamente à *técnica de amostragem das folhas* é necessário ter em conta que a concentração de nutrientes varia com a sua idade e com a posição

na copa. Estes aspetos, se não forem respeitados na colheita das amostras, podem causar dificuldades na interpretação dos resultados. Assim, o estabelecimento de algumas normas e o cumprimento das mesmas é um princípio básico sem o qual será difícil a interpretação dos resultados analíticos. De seguida apresentam-se alguns aspetos a ter em conta na colheita de tecidos vegetais em amendoal.

Data de amostragem – Em amendoal a época considerada mais adequada para a colheita de folhas e para a qual existem padrões para interpretação dos resultados é o final do mês de julho, início do mês de agosto (Mills and Jones, 1996, LQARS, 2006). No entanto, amostrando nesta data, os resultados analíticos podem já não permitir uma intervenção atempada no ano em curso. Para ultrapassar esta dificuldade, alguns investigadores têm proposto a colheita de folhas para o mês de abril (Saa *et al.*, 2012; 2014). Desta forma, os resultados podem ainda ser usados para fazer ajustes de fertilização durante a estação de crescimento em curso. Por outro lado, nesta data as folhas refletem já a fertilidade do solo e a forma como os nutrientes estão a ser absorvidos. A Universidade da Califórnia (Davis) tem um modelo deste género implementado para o amendoal da Califórnia (Saa *et al.*, 2012). Em Portugal, este procedimento ainda não foi calibrado, pelo que se recomenda o respeito pelas datas oficiais de recolha de amostras, para as quais existe interpretação dos resultados analíticos (Quadro 7.1).

Árvores e folhas a amostrar – A amostra de folhas que chega ao laboratório deve representar o melhor possível o estado nutricional do pomar. Como já se referiu para a amostragem ao solo recomenda-se a marcação de 15 árvores com aspeto representativo do pomar. Na marcação das árvores devem evitar-se aquelas que estão situadas nas bordaduras da parcela. Nas árvores marcadas devem colher-se cerca de 6 a 10 folhas situadas no terço médio de um ramo do ano não produtivo, distribuídas por todos os quadrantes da árvore. No total, a amostra de folhas de um pomar deverá ser constituída por cerca de 100 folhas. Devem evitar-se folhas do interior da copa, com menor exposição à luz, folhas danificadas por insetos ou por doenças e deve evitar-se a colheita de folhas após a aplicação de caldas foliares (Jones, 2012).

Entrega das amostras no laboratório – As amostras devem entrar no laboratório devidamente identificadas, se possível nas 24 horas que se seguem à colheita. De acordo com as normas da produção integrada, deve solicitar-se anualmente uma análise completa que inclui os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn e Mn. Se durante cinco anos os valores analíticos se encontrarem dentro dos intervalos de suficiência, as análises podem ser pedidas com periodicidade bianual (DGADR, 2016).

Para cada nutriente está estabelecido um intervalo de concentrações nas folhas ao qual corresponderá um desenvolvimento adequado das plantas. Abaixo desse intervalo há fortes possibilidades de se desenvolverem sintomas de deficiência

e acima dele é possível que ocorram fenómenos de toxicidade. No Quadro 7.1 são apresentados valores de referência da concentração de nutrientes em folhas da amendoeira apresentados por vários autores.

Embora as análises laboratoriais de tecidos vegetais clássicas se mantenham como a forma mais comum de avaliar o estado nutritivo das árvores, é possível introduzir outras técnicas de diagnóstico que auxiliem na monitorização do estado nutritivo do pomar. Existem no mercado diversos equipamentos portáteis que fornecem indicação da intensidade da cor verde das folhas e indiretamente do estado nutricional das árvores (Figuras 7.1 e 7.2). Dada a grande dinâmica do azoto no solo e nas plantas e pelo facto da sua concentração nos tecidos estar relacionada com a intensidade da cor verde das plantas, este tipo de equipamento tem sido sobretudo utilizado no diagnóstico do estado nutritivo azotado. Estes equipamentos foram testados em diversas culturas com resultados satisfatórios (Rodrigues, 2004; Piekielek *et al.*, 1995; Afonso *et al.*, 2016). No entanto, o seu uso não se tem generalizado entre os produtores.

Quadro 7.1 – Intervalo de concentrações adequada para diversos nutrientes nas folhas de amendoeira propostos por vários autores

| Nutriente | LQARS (2006) | Brown e Uriu (1996) | Mills e Jones (1996) |
|---------------------------------|--------------|---------------------|----------------------|
| Azoto (%) | 2,2-2,5 | 2,0-2,5 | 2,2-2,5 |
| Fósforo (%) | 0,1-0,3 | 0,1-0,3 | 0,1-0,3 |
| Potássio (%) | >1,4 | 1,4-2,0 | 1,0-1,4 |
| Cálcio (%) | >2,0 | 2,0-4,0 | 2,0-3,0 |
| Magnésio (%) | >0,25 | 0,6-1,2 | 0,25-0,75 |
| Cobre (mg kg ⁻¹) | >4 | 6-10 | 4-20 |
| Ferro (mg kg ⁻¹) | ----- | ----- | 30-250 |
| Zinco (mg kg ⁻¹) | >18 | 15-20 | 18-75 |
| Manganês (mg kg ⁻¹) | >20 | 30-80 | 20-100 |
| Boro (mg kg ⁻¹) | 30-60 | 80-150 | 30-60 |

As principais limitações são o facto de só permitirem monitorizar alguns nutrientes e em situações de carência (e não de excesso), serem equipamentos tendencialmente caros e não haver ainda normas de interpretação de resultados para a generalidade das culturas, na qual se inclui a amendoeira.



Figura 7.1 – Medidor de clorofila SPAD-502 Plus que estima o teor de clorofila nas folhas medindo a transmitância da luz através da folha em dois comprimentos de onda, 650 nm (luz vermelha absorvida pela clorofila) e 940 nm (luz infravermelha não absorvida pela clorofila)



Figura 7.2 – Medidor FieldScout CM1000 NDVI que avalia a luz ambiente e a luz refletida pela planta em diferentes comprimentos de onda, fornecendo o índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), relacionável com o estado geral das plantas

7.4. Fertilização do amendoal

Por fertilização é habitual entender-se a prática de aplicação de corretivos e/ou adubos ao solo e/ou diretamente às plantas em caldas foliares. Com o uso de corretivos pretende-se corrigir propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do solo que reduzam a biodisponibilidade dos nutrientes e/ou dificultem o normal desenvolvimento das plantas. Com os adubos pretende-se sobretudo fornecer às plantas nutrientes que não se encontrem no solo em quantidades adequadas (Santos, 2015).

A fertilização do amendoal deve estar baseada no conhecimento prévio do nível de fertilidade do solo e do estado nutricional das árvores. Os resultados analíticos da análise de solos e folhas fornecem informação sobre a necessidade de aplicar corretivos minerais e/ou orgânicos e adubos, bem como sobre as

quantidades a aplicar. A fertilização deve permitir maximizar o potencial produtivo da cultura, contribuir para a diminuição de fenômenos de alternância da produção e assegurar a perenidade da árvore (Grassely e Duval, 1997). Nas culturas arbustivas e arbóreas em geral, e na amendoeira em particular, interessa estabelecer uma estratégia de fertilização para a fase de instalação da cultura e outra a implementar durante a fase de plena produção.

7.4.1. Fertilização à instalação e em amendoal jovem

Na instalação do amendoal deve proceder-se à aplicação de *corretivos minerais* alcalinizantes sempre que os resultados da análise de terras o aconselhem. A amendoeira é uma cultura com elevada capacidade de se adaptar ao pH do solo, podendo desenvolver-se adequadamente na gama entre 5,5 a 8,5 (Micke e Kester, 1998). Assim, a preocupação com a aplicação de corretivos minerais está sobretudo orientada para solos ácidos ou muito ácidos ($\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} < 5,5$). A acidez do solo afeta, de forma significativa, a produtividade devido à reduzida disponibilidade de nutrientes como o cálcio e o magnésio e à presença provável de quantidades excessivas de alumínio e/ou manganês na forma iónica, disponíveis para absorção pelas plantas. O excesso destes nutrientes afeta o desenvolvimento radicular, limitando o acesso das raízes a água e nutrientes. A reduzida disponibilidade de fósforo neste tipo de solos pode também ser um problema e

acontece devido à reação do fósforo com cátions dominantes nos solos ácidos, como alumínio, ferro e manganês, dando origem a precipitados.

Em geral, a acidez do solo é corrigida recorrendo à aplicação de calcários. Em solos de pH ácido pode também ocorrer deficiência de magnésio. Assim, sempre que possível deve optar-se pela aplicação de calcários magnesianos. A aplicação de um calcário calcítico pobre em magnésio pode dificultar a absorção deste por antagonismo iónico. Em resultado da aplicação de calcários magnesianos ou dolomíticos aumenta a disponibilidade de cálcio e magnésio. Com a aplicação de calcários aumenta a solubilidade de fósforo e reduz-se o efeito tóxico de cátions ácidos.

A quantidade de calcário a aplicar depende sobretudo do pH, mas também do teor em matéria orgânica e da textura do solo. Quanto mais elevado for o teor de matéria orgânica e quanto mais argilosa for a textura, maior será a capacidade de troca catiónica do solo e, por consequência, maior será a quantidade de calcário a aplicar para neutralizar os cátions de natureza ácida associados às cargas negativas do solo (Havlin *et al.*, 2014).

Na aquisição dos calcários, os principais fatores a ter em conta são o conteúdo em magnésio, como já foi explicado, o valor neutralizante e a granulometria. O valor neutralizante exprime o equivalente em CaCO_3 do produto ou o valor do calcário. Um calcário que tenha um valor neutralizante de 90 significa que cada 100 kg do produto tem o equivalente a 90 kg de CaCO_3 . Se um produto concorrente tiver um valor neutralizante de 85, terá um

efeito equivalente a 85 kg de CaCO_3 por cada 100 kg de produto, sendo por isso menos eficaz na redução da acidez para a mesma quantidade de produto aplicado. Os calcários são substâncias pouco solúveis em água. Quanto maior for o diâmetro das partículas menor será a sua reatividade, sendo a ação sobre o pH do solo mais lenta (Havlin *et al.*, 2014). No mercado existem calcários granulados e em pó. Quando se pretende uma ação rápida do calcário na correção da acidez do solo a opção por produtos de formulação em pó pode ser vantajosa. Os granulados, por outro lado, são mais cómodos de aplicar. A estes aspetos acresce o fator preço, normalmente mais elevado nos calcários granulados. Todos estes aspetos devem ser tidos em conta no momento da aquisição dos calcários.

Na instalação de pomares como o amendoal é frequente equacionar-se a opção de usar corretivos orgânicos. O território Nacional, sobretudo o interior, tem tendência a dar força a esta opção porque genericamente os solos têm teores de matéria orgânica baixos, sobretudo quando as parcelas têm algum declive e texturas francas a franco-arenosas. É também argumento a favor do uso de corretivos orgânicos o facto da matéria orgânica no solo ter efeitos benéficos nas propriedades físicas, químicas e biológicas (Macci *et al.*, 2012). Genericamente, a matéria orgânica melhora a capacidade de armazenamento de água, a drenagem do solo, o arejamento, liberta nutrientes e aumenta a atividade biológica com efeitos potencialmente benéficos em aspetos diversos da fertilidade do solo. Contudo, é irrealista admitir-se que

a aplicação de matéria orgânica antes da instalação do pomar pode dar algum contributo significativo no incremento do teor de matéria orgânica do solo. Se um material orgânico estiver disponível a preço acessível, pode dar-se preferência à aplicação localizada junto aos locais onde se irão colocar as plantas. No entanto, a localização não deve ser excessiva e o corretivo deve ser misturado adequadamente no solo. Em plantações manuais o fertilizante não deve ser colocado em camadas no fundo ou junto às paredes das covas de plantação. De qualquer forma, os fertilizantes orgânicos devem ser sempre incorporados.

É ainda frequente recomendar-se a aplicação de quantidades elevadas de fósforo à plantação sempre que as análises de solos revelem valores baixos do nutriente. A ideia é constituir um reservatório de fósforo no solo que fique disponível para vários anos. Contudo, atendendo ao preço elevado dos fertilizantes, ao elevado número de mecanismos de imobilização do nutriente no solo, à reduzida exportação do nutriente pela planta e à falta de estudos que comprovem as vantagens desta estratégia de fertilização, recomenda-se muita moderação com os custos despendidos. De uma maneira geral, a eficiência de uso dos nutrientes aumenta sempre que se aplicam próximos de momentos de elevada absorção radicular.

Nos anos imediatos a seguir à plantação, as jovens árvores exploram um reduzido volume de solo, sendo difícil estabelecer uma estratégia de adubação ao solo. Nos primeiros anos, as estratégias de fertilização ao solo devem ser conservadas

(aplicação reduzida de fertilizantes) e complementadas com estratégias de adubação foliar, sobretudo se não está instalado um sistema de fertirrigação, para assegurar melhor acesso das raízes plantas aos nutrientes de que necessitam. Os custos da operação são mínimos já que se gasta pouca calda devido à reduzida área foliar das plantas.

Enquanto as plantas são jovens, o boro deve justificar atenção especial. É frequente surgirem sintomas de carência de boro pouco tempo após a plantação. A carência de boro danifica os ápices em crescimento e as plantas não crescem em altura, ramificando abundantemente a partir da base. Por outro lado, é um elemento particularmente tóxico para as plantas quando em excesso. Assim, em plantações muito jovens deve evitar-se aplicar boro ao solo na forma de adubos concentrados em boro. Alternativamente devem ser aplicados adubos compostos que contenham boro em baixa concentração ou preferencialmente adubos foliares que contenham o elemento. Esta estratégia visa apenas reduzir o risco de dano na planta enquanto jovem, já que como se referirá à frente, em árvores adultas a aplicação ao solo tende a ser a mais recomendável.

7.4.2. Fertilização em amendoal adulto

A fertilização é uma prática cultural que deve ser efetuada anualmente. O sistema solo/planta perde regularmente nutrientes, sobretudo exportados na amêndoa e na lenha de poda. Quando

as árvores são ainda jovens e estão em crescimento é necessário repor também os nutrientes que ficam retidos na estrutura perene da planta. A água da chuva arrasta anualmente nutrientes em quantidades que podem ser significativas, quer dissolvidos na água, fenómeno conhecido por lixiviação, quer arrastados no solo que se perde por erosão. Acresce que a natureza não tem mecanismos próprios de recuperação rápida da fertilidade do solo. Para manter o solo produtivo é necessário adicionar fertilizantes para repor os nutrientes que anualmente se perdem.

A quantidade de nutrientes a repor pelos fertilizantes pode ser muito variável dependendo da idade do pomar e, em amendoais adultos, da quantidade de amêndoa produzida. Em anos de produção elevada a exportação de nutrientes aumenta, sendo necessário reequilibrar o estado nutritivo da árvore. A manutenção do solo num bom nível de fertilidade é decisiva para evitar quebras de produção por falta de disponibilidade de nutrientes.

Na prática da adubação interessa ainda considerar a dose, a data de aplicação dos fertilizantes, a localização de fertilizantes e as diferentes opções de fornecimento de nutrientes às plantas por aplicação ao solo, por via foliar ou fertirrega.

7.4.2.1. Estabelecimento da dose

A quantidade de fertilizante a aplicar é um dos aspetos mais importantes dos sistemas de recomendação de fertilização. Doses insuficientes podem reduzir o crescimento e a produtividade das

árvores. Adubação em excesso pode reduzir a produtividade, aumenta a estrutura de custos e causa danos ambientais não negligenciáveis. No entanto, a definição da dose de fertilizante a aplicar em um dado contexto agroecológico não é fácil de estabelecer. Nem as análises de solos nem as análises de plantas fornecem informação suficiente para quantificar os nutrientes a aplicar.

Em fruticultura, a dose de fertilizante a aplicar tende a estar baseada no balanço anual de nutrientes no sistema solo/planta. Deve ter-se conhecimento sobre as saídas anuais de nutrientes e das entradas por processos naturais para se poder estimar a quantidade a suplementar com a adição de fertilizantes. O sistema perde nutrientes sobretudo via remoção nos frutos. Ainda que com menor significado podem também ser perdidos nutrientes na lenha de poda e imobilizados na estrutura perene das árvores enquanto estão em crescimento. O sistema perde ainda nutrientes devido a ineficiências diversas, associadas à erosão do solo, lixiviação e/ou volatilização de nutrientes. As entradas naturais podem dever-se a deposições atmosféricas húmidas e secas, água de rega e eventualmente à presença de leguminosas nos cobertos vegetais que fixem azoto atmosférico (ver capítulo 4).

Contudo, em amendoal adulto em plena produção o principal elemento a ter em conta na quantificação da dose a aplicar é a remoção de nutrientes nos frutos (Jackson, 2011; Saa et al., 2012; Arquero et al., 2013). No quadro 7.2 apresentam-se estimativas de dois autores para a remoção de nutrientes na colheita. O elemento

mais importante no sistema de recomendação de fertilização é, assim, a produção esperada. O laboratório pode ajustar valores em função da informação que tiver do pomar e da região (estado nutricional das árvores, aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais nos anos anteriores, fertilidade do solo, ...).

Quadro 7.2 – Exportação de macronutrientes na colheita em amendoal

| Nutriente | Arquero et al. (2013) | Muhammad et al. (2015) [*] |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|
| | (kg/ton amêndoa) | (kg/ha) |
| Azoto | 10 – 20 | 212 – 366 |
| Fósforo | 1,5 – 2,5 | 26 – 45 |
| Potássio | 13 – 15 | 265 – 389 |
| Cálcio (%) | 1,5 – 2,5 | 24,7 – 29,6 |
| Magnésio (%) | 0,8 – 1,0 | 15,9 – 22,6 |

^{*}Média de quatro anos de um pomar de regadio com produções a variar entre 10 a 16 ton/ha.

7.4.2.2. Momento da aplicação

A data de aplicação de fertilizantes deve permitir que os nutrientes estejam disponíveis no solo quando é elevada a absorção radicular, que normalmente coincide com períodos de elevada atividade biológica das plantas e elevada demanda de nutrientes pelas partes em crescimento. Contudo, por questões práticas, relacionadas com o regime pluviométrico da região mediterrânica, em amendoal tradicional, mantido e, sequeiro ou em regadio sem

fertirrigação, a aplicação de fertilizantes ao solo restringe-se ao fim do Inverno e início da Primavera.

A data de aplicação dos fertilizantes decide-se em função dos elementos móveis no solo como o azoto e o boro. Tendo em conta que a máxima demanda de nutrientes ocorre a partir de abril, e que estes nutrientes correm riscos elevados de lixiviação se ocorrer excesso de precipitação após a aplicação, deve ter-se como referência a aplicação dos fertilizantes para o fim do mês de março. Em situações particulares, como solos muito arenosos, pode prever-se o fracionamento da aplicação em duas doses para o mês de março e o fim do mês de abril. Se a Primavera decorre muito húmida, com boas condições para o crescimento das árvores, mas também para a lixiviação de nutrientes, pode fazer-se uma segunda aplicação no fim do mês de abril.

A data de aplicação de fósforo e potássio é menos importante. Usando adubos compostos devem respeitar-se as recomendações seguidas para os elementos móveis no solo. Se forem aplicados adubos simples contendo fósforo ou potássio, podem aplicar-se mais cedo, uma vez que o risco de lixiviação é mais reduzido. Se forem aplicados calcários durante a idade adulta do pomar estes poderão também ser aplicados bastante mais cedo, se possível desde o outono. É necessário ter em conta que os calcários devem ser incorporados no solo, devendo ser aplicados durante o repouso vegetativo para reduzir o stresse provocado nas árvores com a destruição de algumas raízes.

Se forem aplicados corretivos orgânicos, eles devem ser aplicados mais cedo que os fertilizantes minerais que contêm elementos móveis. O mês de fevereiro pode ser uma boa referência para produtos bem compostos e de razão carbono/azoto equilibrada. Se forem materiais grosseiros de pior qualidade devem aplicar-se ainda mais cedo. É necessário ter em conta que os fertilizantes orgânicos devem ser incorporados, pelo que a aplicação deve ser feita num período em que não haja humidade excessiva no solo. A amendoeira faz a floração no fim do inverno antes de surgirem as folhas. Isto significa que todos os fotoassimilados necessários à floração se encontram armazenados nas partes perenes desde a estação de crescimento do ano anterior. Assim, a fase que vai da colheita à senescência das folhas no outono pode ter particular importância no ciclo produtivo desta espécie. Para estimular a planta a incrementar o processo fotossintético pode ser interessante aplicar uma pequena dose de fertilizante no fim do verão para ajudar a planta a repor os fotoassimilados na parte perene (Saa et al, 2012). Esta estratégia deve ser seguida com moderação pois segue-se o inverno onde os nutrientes não absorvidos pelas plantas podem ser lixiviados. Em sequeiro é também difícil de implementar. Se o início de outono decorrer húmido pode aplicar-se uma pequena quantidade de fertilizante ao solo. Em alternativa pode aplicar-se uma calda com adubação foliar.

Em amendoais de regadio com sistema de fertirrigação instalado os fertilizantes podem ser gradualmente ministrados ao longo da

estação de crescimento, dissolvidos na água de rega. A periodicidade de aplicação deve acompanhar quase todo o período de rega para evitar problemas de salinidade e para manter níveis regulares de nutrientes no solo (Arquero e Serrano, 2013).

7.4.2.3. Localização dos fertilizantes

Na aplicação de fertilizantes ao solo é prática habitual efetuar-se localização. Os fertilizantes podem ser distribuídos por todo o terreno, aplicados de forma localizada debaixo da copa das árvores ou na linha de plantação. A opção por cada um dos métodos depende de vários fatores, como a quantidade de fertilizante a aplicar, o sistema de manutenção do solo, a área das explorações e as condições técnicas de aplicação (Jones, 2012). A distribuição homogênea por todo o terreno é uma técnica utilizada para aplicar corretivos minerais como os calcários devido à grande quantidade de fertilizante a distribuir e à conveniência de alterar as características do solo em toda a área. Utilizam-se distribuidores centrífugos de adubos. A distribuição dos adubos por toda a área é menos frequente. Em teoria, a distribuição de adubos por todo o terreno estimula a expansão do sistema radicular, aspeto benéfico na capacidade de absorção de água e de outros nutrientes naturalmente disponíveis no solo.

A aplicação localizada de fertilizantes na área de projeção da copa ou na linha de plantação é feita de uma forma genérica em explorações que aplicam adubos ao solo. Pode ter-se como

critério aplicar o adubo na zona onde se aplica o herbicida para reduzir a competição pela vegetação herbácea (Jackson, 2011). Em explorações de menor dimensão, que podem suportar os custos da operação, faz-se de forma manual. Algumas explorações adaptam distribuidores centrífugos para aplicar fertilizantes ao solo localizados na linha de plantação.

Do ponto de vista técnico, a localização pode aumentar a eficiência de uso dos nutrientes. No caso dos elementos mais móveis como azoto e boro, a localização dos nutrientes numa zona de maior densidade radicular aumenta a oportunidade de absorção radicular e reduz a concorrência das infestantes pelo fertilizante. No caso dos elementos menos móveis no solo como o fósforo, a localização pode melhorar a eficiência de uso do nutriente através da saturação dos mecanismos de imobilização do nutriente, devido ao aumento da quantidade de fertilizante aplicado na unidade de área (Jones, 2012; Havlin *et al.*, 2014).

De qualquer forma, os aspetos técnicos da aplicação dos fertilizantes no amendoal estão pouco estudados. A partir da informação disponível recomenda-se que sempre que se faça aplicação manual se distribuam os adubos de forma homogénea na zona de projeção da copa ou na linha de plantação. Deve evitar-se a aplicação muito concentrada junto ao tronco. Nesta zona há poucas raízes finas, ativas, sendo baixa a oportunidade de absorção radicular e por outro lado pode aumentar a condutividade elétrica devido ao efeito salino e surgirem problemas de fitotoxicidade. O boro, apesar de ser um micronutriente, é

frequentemente aplicado na forma de adubo simples. Nesta situação deve seguir-se a mesma regra de aplicação.

7.4.2.4. Adubação foliar

A adubação foliar baseia-se na capacidade das folhas em absorver nutrientes de forma rápida e efetiva. No entanto, a base da fertilização de um pomar deve ser feita a partir da aplicação dos fertilizantes ao solo. A adubação ao solo estimula o desenvolvimento do sistema radicular e os fertilizantes tendem a ser mais baratos. A adubação foliar não permite aplicar quantidades satisfatórias de macronutrientes, devendo ser vista como um complemento à adubação ao solo e não como uma alternativa. A adubação foliar ganha importância em amendoais de regadio, onde o potencial ecológico para a produção de amêndoa é elevado. Uma carga elevada de frutos em um dado ano tende a reduzir a disponibilidade de fotoassimilados para crescimento vegetativo e comprometer a produtividade do ano seguinte. Nesta situação, a adubação foliar pode assegurar melhores condições fotossintéticas às plantas aumentando a disponibilidade de fotoassimilados.

Os nutrientes aplicados por via foliar têm efeito mais rápido na vegetação. Em situações de carência nutricional comprovada durante a estação de crescimento, a adubação foliar deve ser equacionada. As caldas devem ser aplicadas de acordo com as recomendações previstas no rótulo dos produtos. Os riscos de

toxicidade e danos nas árvores são elevados, sobretudo quando se preparam caldas excessivamente concentradas. Na aplicação de caldas foliares deve ter-se em atenção as previsões meteorológicas para evitar que a água da chuva arraste os fertilizantes antes de serem absorvidos. Durante o Verão, em que a humidade atmosférica é baixa durante o dia, deve equacionar-se a aplicação das caldas foliares à noite para melhorar a eficiência de absorção dos nutrientes (Fernández-Escobar, 2008). Em amendoal de sequeiro, em que o potencial de produção é baixo, e o preço dos fertilizantes tem peso significativo na estrutura dos custos, será mais difícil encontrar justificação técnica para a aplicação de adubos foliares. Contudo, durante a fase de crescimento dos frutos, as plantas têm elevadas necessidades em potássio. Em sequeiro, e em anos particularmente secos, a planta pode ter dificuldade em obter potássio devido à extrema desidratação do solo. Nestas condições, aplicações foliares ricas em potássio podem fornecer o nutriente de forma mais efetiva que a aplicação ao solo. Em sequeiro pode também preconizar-se a aplicação de nutrientes por via foliar logo após a colheita do fruto com as folhas ainda em bom estado. Já foi anteriormente referida a importância da remobilização de fotoassimilados para a estrutura perene no fim do verão, uma vez que a floração na primavera seguinte vai depender das reservas armazenadas na planta (Nyomora e Brown, 1999). Um dos elementos cuja aplicação por via foliar mais se tem recomendado é o boro, sobretudo antes da floração, mas também durante a estação de crescimento incluindo

a fase final do ciclo (Nyomora e Brown, 1999). Contudo, está devidamente estabelecido que as aplicações foliares de boro são pouco eficientes, quer em plantas que apresentem baixa ou moderada mobilidade de boro nos tecidos, sobretudo quando já há sintomas visíveis de deficiência e tecidos danificados. A aplicação de boro é sempre mais eficiente quando efetuada ao solo (Wimmer e Eichert, 2013).

7.4.2.5. Fertirrigação

A fertirrigação consiste na aplicação de nutrientes na forma de sais fertilizantes na água de rega. Do ponto de vista teórico parece ser o método de fertilização ideal, uma vez que combina localização na rizosfera, com fracionamento múltiplo. A localização na rizosfera, coincidente com o bolbo de humedecimento, coloca os nutrientes numa zona de elevada densidade radicular, melhorando a oportunidade de absorção. A colocação do fertilizante em profundidade também reduz as perdas de nutrientes por volatilização, fenómeno que pode ser relevante na aplicação de adubos amoniacais e ureicos à superfície em solos de pH elevado. O fracionamento, isto é, a possibilidade de aplicações múltiplas ao longo do tempo (no limite diariamente, ou sempre que se efetua uma rega), permite aplicar os fertilizantes ajustados temporalmente às necessidades das plantas e inclusive variar os nutrientes a aplicar em função de necessidades específicas da planta de um dado estado fenológico. O potássio, por exemplo, é

um elemento para o qual existe uma elevada demanda associada ao engrossamento dos frutos. O azoto é utilizado em elevada quantidade em fases de grande expansão vegetativa da planta. Localização e fracionamento múltiplo contribuem de forma significativa para o aumento da eficiência de uso dos nutrientes, redução dos custos e de contaminação ambiental (Jackson, 2011; Arquero e Serrano, 2013). A fertirrigação complementada com análises foliares regulares permite manter sempre em níveis adequados o estado nutricional das árvores.

A fertirrigação pode originar problemas de salinização localizada do solo, com efeitos potencialmente negativos nas árvores, atendendo à elevada quantidade de água e sais fertilizantes que se usam durante a estação de crescimento e ao reduzido volume de solo humedecido. Por vezes forma-se uma barreira salina na extremidade do bolbo de humedecimento, que impede a expansão do sistema radicular (Troncoso et al., 2008). Este problema tende a ser tanto mais importante quanto maior o conteúdo em sais na água de rega. A qualidade de água de rega deve ser conhecida, designadamente o seu conteúdo em sais, para ser tida em conta na quantidade de solução-padrão a injetar no sistema de rega. Em regiões de precipitação significativa, em que o balanço hidrológico permita a remoção do excesso de sais durante o inverno, o sistema tende a manter-se sem riscos de toxicidade para as árvores.

O sistema de fertirrigação deve ser operado para que a solução-padrão seja injetada na fase central da rega, e não no início e no

fim do período de rega, sobretudo para melhorar a distribuição dos nutrientes no bolbo de humedecimento e evitar que fiquem restos de sais fertilizantes na tubagem de rega. É também normal e desejável não aplicar fertilizantes em todas as regas para assegurar uma melhor limpeza do sistema. Injetar solução-padrão uma vez por semana, na fase mais ativa de crescimento das plantas, pode ser ajustado para otimizar a eficiência do sistema de rega e do uso dos nutrientes pelas plantas (Troncoso *et al.*, 2008).

7.5. Referências Bibliográficas

Afonso, S.; Arrobas, M.; Pinheiro, C.; Ferreira, I.Q. e Rodrigues, M.A. (2016). Potencialidade e limitações da utilização de aparelhos portáteis na avaliação do estado nutricional das plantas. p. 92-98. *Actas Portuguesas de Horticultura* (IV Colóquio Nacional de Horticultura Biológica), 17-19 de março, Faro.

Alloway, B. J. (2008). Micronutrients and crop production: An Introduction. in: Alloway, B.J. (Ed.), *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*. United Kingdom, Springer.

Arquero, O., Serrano, N., 2013. *Manejo del suelo*, in: Arquero, O. (Ed.), Manual del Cultivo del Almendro. España, Sevilla, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural,

Basile, B.; Reidel E.J; Weinbaum S.A, e DeJong, T.M. (2003). Leaf potassium concentration, CO₂ exchange and light interception in almond trees (*Prunus dulcis* (Mill) D.A. Webb). *Scientia Horticulturae*, 98: 185-194

Bhadoria, P. S.; Steingrobe, B.; Claassen, N. e Liebersbach, H. (2002). Phosphorus efficiency of wheat and sugar beet seedlings grown in soils with mainly calcium, or iron and aluminium phosphate. *Plant Soil*, 246: 41–52.

Broadley, M.; Brown, P.; Cakmak, I.; Rengel, Z. e Zhao, F. (2012). *Function of Nutrients: Micronutrients*, in: Marschner, P., (Ed) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Elsevier

Brown, P. H. e; Uriu, K. (1996). *Nutrition, Deficiencies and Toxicities: Diagnosing and Correcting Imbalances*, in: Micke, W. C. (Ed.), *Almond production manual*. Vol. 3364. UCANR Publications, pp: 179-188.

DGADR. (2016). *Estrutura da Norma Geral para Produção Integrada*, Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural.

Doll, D. (2014). Importance of Hull Sampling for Boron. The almond doctor. University of California Cooperative Extension.

Fernández-Escobar, R. (2008). Fertilización, in: Barranco, D, Fernández-Escobar, R., Rallo, L., (Eds.), *El Cultivo del Olivo*. Madrid,Coedición Mundi-Prensa & Junta de Andalucía.

Grassely, C. e Duval, H. (1997). *L'Amendier. Ctifl*, Centre Technique Interprofessionel des fruits et légumes, Paris, CTIFL.

Hansen, Kester, D.E. e Uriu, K.,1962. Boron deficiency symptoms identified in almonds. *California Agriculture*. 16: 6-7.

Havlin, J.L.; Tisdale, S.L.; Nelson, W.L., Beaton, J.D., 2014. Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. Pearson, Inc.

Jackson, D.,(2011). Soils, nutrients and water, in: Jackson, D., Looney, N., Morley-Bunker, M. Thiele, G. (Eds.), *Temperate and Subtropical Fruit Production*, 3rd ed. UK, CAB International, Cambridge University Press.

James, D.W. e Wells, K.L. (1990). Soil sampling collection and Handling: Technique based on source and degree of field variability, in: *Soil Testing and Plant Analysis*. SSSA. Book series n° 3.

Jones, J. Benton Jr. (2012). *Plant Nutrition and Soil Fertility Manual*. 2nd Ed. CRC Press.

LQARS, (2006). Manual de Fertilização das culturas. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. Lisboa,.MADRP. INIAP.

Macci, C.; Doni, S.; Peruzzi, E.; Masciandaro, G.; Mennone, C. e Ceccanti, B. (2012). Almond tree and organic fertilization for soil quality improvement in southern Italy. *Journal of Environmental Management*, 95: S215eS222

Mia, M.A. B. (2015). *Nutrition of crop plants*. NOVA Publishers. NY.

Micke, W. C. (1996). *Almond production manual*. Vol. 3364. UCANR Publications.

Micke, W.C. e Kester, D.E. (1998). Almond growing in California. *Acta Hortic*. 470, 21-28, DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.470.1.

Mills, H.A. e Jones, J.B. Jr. (1996). *Plant Analysis Handbook II*. MicroMacro Publishing, Inc. USA.

Monteiro, A.M.; Cordeiro V.P.; Gomes-Laranjo, J (2003). *A amendoeira*. Azevedo, J. V. (Ed.) Mirandela.

Muhammad, S.; Sanden, B.L; Lampinen, B.D.; Saa, S.; Siddiqui, M.I.; Smart, D.R.; Olivos, A.; Shackel, K.A.; DeJong, T., e Brown, P.H. 2015. Seasonal changes in nutrient content and concentrations in a mature deciduous tree species: Studies in almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb). *European Journal of Agronomy*, 65: 52–68

Munson, R. D. e Nelson, W.L. (1990). Principles and practices in Plant Analysis, in: Soil Testing and Plant Analysis. SSSA. Book series nº 3.

Nyomora, A.M.S. e Brown, P.H. (1999). Rate and Time of Boron Application Increase Almond Productivity and Tissue Boron Concentration. *Hortscience*, 34(2):242–245.

Osman, K. T. (2013). *Soils. Principles, Properties and Management*. London, Springer.

Piekielek, W.P.; Fox, R.H.; Toth, J.D.e Macneal, K.E. (1995). Use of chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. *Agronomy Journal*, 87: 403–408.

Reidel, E. J.; Brown, P. H.; Duncan, R. A.; Heerema, R. J. e Weinbaum, S. A. (2004). Sensitivity of yield determinants to potassium deficiency in ‘Nonpareil’ almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(6): 906-910, DOI: 10.1080/14620316.2004.11511864

Rodrigues, M.A., 2004. Establishment of continuous critical levels for indices of plant and pre sidedress soil N status in the potato crop. Communications in *Soil Science and Plant Analysis*, 35 (13 & 14): 2067-2085.

Saa, S.; Brown, P.H.; Muhammad, S.; Olivos-Del Rio, A.; Sanden, B.L. e Laca, E.A. (2014). Prediction of leaf nitrogen from early season samples and development of field sampling protocols for nitrogen management in Almond (*Prunus dulcis* [Mill.] DAWebb). *Plant Soil*, 380: 153–163.

Saa, S.; Muhammad,S.; Sanden, B.; Laca, E. e Brown, P. (2012). Almond early-season sampling and in-season nitrogen application

maximizes productivity, minimizes loss. California, USA, California Almonds, UC Davis,

Saa, S.; Peach-Fine, E.; Brown, P.; Michailides; T., Castro, S.; Bostock, R.e Laca, E. (2016). Nitrogen increases hull rot and interferes with the hull split phenology in almond (*Prunus dulcis*). *Scientia Horticulturae* 199: 41–48.

Santos, J.Q. (2015). *Fertilização. Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos*. Porto, Publindústria.

Singer, M. J. e Munns, D. N. (2002). *Soils: An introduction*. New Jersey, Prentice Hall.

Troncoso, A.; Cantos, M.; Liñán, J. e Fernández, J.E. (2008). Fertirrigación, in: Barranco, D, Fernández-Escobar, R., Rallo, L., (Eds.), *El Cultivo del Olivo*. Madrid, Coediciónid Mundi-Prensa & Junta de Andalucía.

Varenes, A. (2003). *Produtividade dos solos e ambiente*. Escolar Editora, Lisboa.

Wimmer, M. A.e Eichert, T., (2013). Review: Mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. *Plant Science*, 203–204: 25– 32.

Zarate-Valdez, J. L.; Muhammad, S.; Saa, S.; Lampinen, B. D. e Brown, P. H. (2015). Light interception, leaf nitrogen and yield prediction in almonds: A case study. *European Journal of Agronomy* 66: 1–7.

Capítulo 8 - Sistemas de condução e poda

Albino Bento, M. Ângelo Rodrigues, José Alberto Pereira

8.1. Introdução

Quando as árvores se desenvolvem livremente, sem qualquer intervenção humana, adotam a estrutura e o porte caraterístico da espécie e/ou da variedade a que a planta pertence. O porte dependerá ainda de características do meio em que se desenvolve, como as condições climáticas e a fertilidade geral do solo. Crescendo livremente, a estrutura natural da amendoeira torna-se desadequada ao cultivo, dificultando práticas culturais como a colheita, a proteção sanitária e genericamente a passagem de tratores e alfaias. De uma maneira geral, pode agravar-se a incidência de pragas e doenças, pela redução da luminosidade e arejamento no interior da copa e haverá tendência para se reduzirem as produções. Na amendoeira, a poda é vista como uma das técnicas culturais mais determinantes na rendibilidade da cultura, não apenas pelos encargos com a operação, mas também pelos efeitos que pode ter na produtividade, na longevidade das árvores e na qualidade dos frutos (Arquero *et al.*, 2007; 2013).

As intervenções ao nível da poda podem modificar os hábitos naturais de crescimento da espécie e/ou das variedades

cultivadas, procurando não só atingir e manter uma estrutura que permita maximizar a produção no menor período de tempo, mas também que a produção ocorra por um período de tempo mais longo, além de facilitar a gestão do pomar relativamente a outras técnicas culturais, com o mínimo de esforço e custo (Arquero *et al.*, 2007; 2013; Valdés *et al.*, sd).

Para adequar a forma e o desenvolvimento das árvores às exigências agronómicas que lhes são impostas realizam-se intervenções de poda diversas, desde a preparação da planta no viveiro, plantação, primeiros anos de instalação do pomar (poda de formação), passando pela fase de plena produção (poda de frutificação) até a uma fase mais avançada da idade da planta, mais próxima do final da vida produtiva da planta, em que por vezes se fazem podas de rejuvenescimento.

Do ponto de vista estritamente técnico, a perfeita execução da poda depende da predisposição de cada operador e do saber e da experiência acumulada. Considera-se como fundamental que o podador possua conhecimentos básicos acerca da morfologia e hábitos vegetativos da amendoeira, bem como conhecimentos sobre a resposta das árvores à poda, de forma a utilizar critérios de poda e aplicá-los de forma racional.

De seguida referem-se alguns aspetos básicos da morfologia da árvore relacionados com a poda, os sistemas de condução mais representativos e diferentes tipos de poda em função da época do ano, idade da planta e severidade da intervenção.

8.2. Aspectos morfológicos

A amendoeira é uma árvore de porte médio, apresentando uma altura aproximada de 4 a 6 metros, podendo ser um pouco maior dependendo do porte-enxerto e das variedades e se cultivada em condições muito favoráveis. O esqueleto da árvore é constituído pelo tronco e pelos ramos principais (pernadas) onde se inserem os ramos secundários e sobre estes os ramos terciários. As estruturas de frutificação da amendoeira encontram-se, maioritariamente, em ramos secundários e terciários. As estruturas de frutificação são os ramalhetes ou ramalhetes de maio e com menor expressão os raminhos e ramos mistos. De seguida apresenta-se a terminologia das estruturas vegetativas e produtivas de acordo com a principal bibliografia da especialidade (Arquero *et al.*, 2007; 2013; Valdés *et al.*, sd; Miarnau, 2014).

Os *gomos* axilares podem ser vegetativos ou frutíferos. Os *gomos vegetativos* dão origem aos novos lançamentos que, depois de completarem o desenvolvimento anual, passam a designar-se ramos.

Os *ramos* podem incluir gomos vegetativos e/ou frutíferos. Designam-se por *ramalhetes de maio* os raminhos muito curtos (1 a 3 cm), terminados por um gomo vegetativo o qual é envolvido por um número variável de gomos florais, em geral, 8 a 10 (Fig. 8.1a). Os *ramos mistos* apresentam comprimento entre 25 e 50 cm e uma parte dos seus gomos axilares ou laterais evoluem para

gomos florais (Fig. 8.1b). Este tipo de ramos frutíferos aparece na maioria das variedades de amendoeira, incluindo nos primeiros anos de vida da planta.

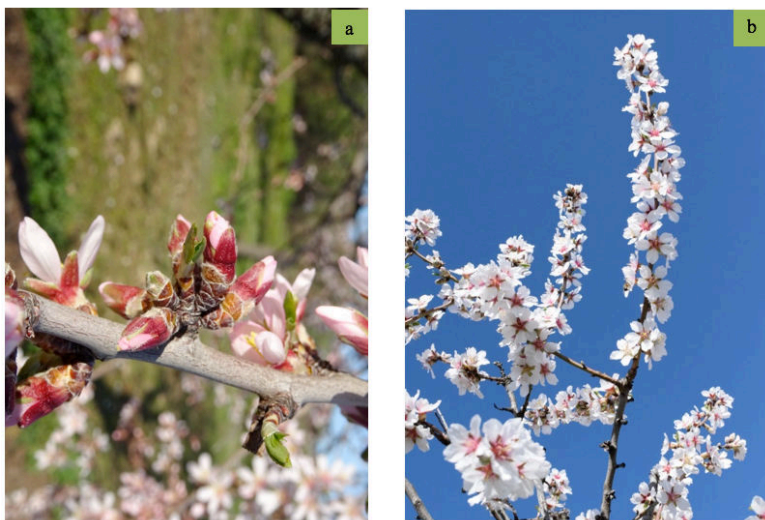


Figura 13 - Estruturas de frutificação: a) ramalhetes de maio; e b) ramos mistos

A designação de *raminhos* é atribuída aos ramos que apresentam reduzido diâmetro e comprimento entre 5 e 25 cm, originando, geralmente 1 a 2 gomos florais (Fig. 8.2a). Os *ladrões* são ramos de forte desenvolvimento vegetativo, que alcançam grande diâmetro e comprimento (Fig. 8.2b). Produzem-se quando os ramos se encontram em posição e condições muito favoráveis para o seu desenvolvimento, designadamente em condições de dominância apical. De uma maneira geral, nos primeiros anos de vida da planta, surgem no tronco e na base dos ramos principais.

À medida que a árvore atinge maior idade, estes ramos são habituais no interior dos ramos inclinadas, assim como abaixo dos cortes resultantes de podas severas, realizada no inverno, causando desequilíbrios na árvore e originando frequentemente copas muito fechadas. Não têm qualquer função produtiva e favorecem o aparecimento de problemas sanitários. Este tipo de ramos não apresenta qualquer funcionalidade, nem estrutural nem produtiva, motivo pelo qual deverão ser eliminados na poda em verde, a não ser que se pretenda utilizá-los na substituição de algum ramo estrutural.



Figura 8.2 - Diferentes ramificações da amendoeira: a) raminho; e b) ladrões

8.3. Sistemas de condução

O conhecimento do porte e forma natural das espécies, bem como dos seus hábitos vegetativos são aspetos importantes para se decidir sobre o sistema de condução a adotar. Do ponto de vista agronómico, o desenvolvimento e a condução das árvores na sua forma natural, isto é, sem poda, levantam inconvenientes diversos. Surge elevado número e densidade de ramos, muitos deles cruzados, que restringem a entrada de luz no interior da copa, originam ineficiências no processo fotossintético, favorecem a proliferação de algumas doenças e dificultam algumas operações culturais como a aplicação de caldas foliares e a colheita. Em conjunto, estes aspetos contribuem para uma redução da produtividade do pomar (Arquero *et al.*, 2007; 2013).

Assim, a poda serve, em primeira análise, para obter e manter uma forma e estrutura da árvore (sistema de condução) adequadas às condições e objetivos da plantação e à produção. Contudo, os sistemas de condução muito artificiais devem ser evitados, porque são mais exigentes em termos de mão-de-obra e tendem a ser mais caros e difíceis de implementar e, em geral, de manter durante o período produtivo do pomar.

O uso de sistemas de condução mais próximos do desenvolvimento natural das espécies, procurando formas livres, com um sistema estrutural simplificado, são preferíveis dadas as facilidades de obtenção e manutenção, além do seu custo ser mais

baixo. A amendoeira é uma espécie com uma tendência natural a adotar uma forma de “taça”, pelo que é frequente utilizar-se um sistema de condução em vaso (Monteiro *et al.*, 2003; Arquero *et al.*, 2007; 2013; Agustí, 2010; Assunção, 2014; Valdés *et al.*, sd), que genericamente consiste em manter aberta a parte interior da copa (Fig. 8.3a,b).



Figura 8.3 - Sistema de condução em vaso, com três prenadas principais

Uma vez escolhida a forma de condução deve estruturar-se o esqueleto da árvore para obter uma forma tão próxima quanto possível do sistema selecionado. Esta estrutura é alcançada principalmente através de intervenções de poda. Nas fases iniciais do desenvolvimento das árvores, a tutoragem e a forçagem de ramos podem também auxiliar na obtenção mais rápida e eficaz do sistema de condução pretendido.

A estrutura básica do sistema de condução em vaso é formada por um conjunto equilibrado de ramos primários, em geral 2 a 4, já

anteriormente designados de ramos principais ou pernadas, que saem diretamente do tronco na zona habitualmente denominada de *cruz* (Fig. 8.4a). Ao longo dos ramos principais inserem-se ramos secundários e sobre estes ramos terciários (Arquero et al., 2013; Assunção, 2014; Miarnau, 2014).

O conjunto das ramificações primárias, secundárias e terciárias constituem a estrutura permanente da copa, que persistirá durante toda a vida produtiva da árvore.

A altura da cruz deve situar-se entre os 70 e os 110 cm do solo (Fig. 8.4b), sobretudo se está prevista apanha mecanizada através da utilização de vibrador de tronco com apanha de frutos (Arquero *et al.*, 2007; 2013; Valdés *et al.*, sd).



Figura 8.4 - *Tronco da amendoeira*: a) cruz demasiado baixa; e b) cruz com altura adequada

Na seleção dos ramos principais ou pernadas devem ter-se em conta algumas considerações básicas. Sempre que possível, os

ramos principais não devem estar todos inseridos no tronco ao mesmo nível (Fig. 8.5a), de forma reduzir o risco de rutura e estabelecer uma certa hierarquia entre pernadas. A separação ou distância entre ramos principais deve ser tão uniforme quanto possível, para que cada um tenha uma representatividade equivalente no volume da copa. Assim, no sistema de condução em vaso e no caso de existirem três ramos principais eles devem estar afastados entre si de 120 graus. Para melhor resistência mecânica e favorecer a exposição à luz, o ângulo de inserção dos ramos principais com o tronco deve ser de aproximadamente 45 graus (Fig. 8.5b). Ângulos maiores ou menores dão lugar a portes excessivamente abertos ou fechados. Mais detalhes sobre a constituição das árvores no sistema de condução em vasos podem ser vistos em Arquero *et al.* (2007; 2013), Valdés *et al.* (sd) e Miarnau (2014).

De acordo com Arquero *et al.* (2007; 2013), Valdés *et al.* (sd), diversos aspetos devem também ser tidos em conta na seleção dos ramos secundários e terciários. Assim, o primeiro ramo secundário deve surgir a pelo menos 30 a 50 cm do tronco, dado que se surgirem mais próximos da cruz adquirem vigor excessivo e podem desorganizar a estrutura do vaso (Fig. 8.6a).

O ângulo de inserção dos ramos secundários com os primários deve ser de cerca de 45 graus (Fig. 8.6b), para promover a ramificação e a resistência da estrutura permanente.



Figura 8.5 - Ramos principais: a) nível de inserção dos ramos no tronco; e b) ângulo adequado de inserção das pernadaso

No primeiro nível, deve deixar-se uma ramificação secundária por braço, orientada na mesma direção, de modo a que o espaço entre os dois ramos principais seja ocupado por um único ramo secundário e este possa ter um desenvolvimento adequado. Deve também garantir-se que ao longo de cada ramo principal a inserção dos ramos secundários alterne a direção, de modo a que dois ramos adjacentes não compitam pelo mesmo espaço da copa. No estabelecimento dos ramos terciários devem seguir-se orientações semelhantes.

Na amendoeira, os ramos frutíferos inserem-se principalmente em ramos secundários e terciários.



Figura 8.6 - Ramos secundários: a) inserção do ramo secundário relativamente próximo da cruz; e b) ângulo de inserção do ramo secundário

Enquanto em amendoais tradicionais domina a forma em vaso (Fig. 8.7a), em plantações de elevada densidade de árvores por hectare (pomares superintensivos ou de alta densidade), as plantas são normalmente conduzidas em eixo (Fig. 8.7b), sendo que a unidade estrutural é a linha de árvores, normalmente designada de *sebe* (Arquero *et al.*, 2013).



Figura 8.7 - Sistemas de condução: a) condução em vaso; e b) condução em eixo

No sistema de condução em eixo revestido, a planta apresenta um tronco central, o eixo, do qual a partir da base vão saindo ramos principais, destes os ramos secundários, terciários, sobre os quais se desenvolvem as estruturas de frutificação. Na altura da plantação do pomar, as plantas sofrem um atarraque a cerca de 40-50 cm do solo. Em geral, o rebentamento mais extremo da parte superior é eleito para formar o eixo central não ocorrendo qualquer desponta no eixo a partir de então. No eixo central vão sendo seleccionados ramos desde a base até à parte superior do eixo, dividindo-se desta forma o vigor da árvore e a frutificação. A partir do terceiro ou quarto ano a planta encontra-se formada e em plena produção.

8.4. A poda

Através da poda são ajustados os hábitos naturais de desenvolvimento da árvore, na expectativa de conseguir mais produção, maior longevidade das árvores, melhor qualidade do fruto, melhor situação fitossanitária do pomar e facilidade de movimento das máquinas e de execução da restante técnica cultural (Fig. 8.8), com o menor esforço e custo possível. Assim, a poda é considerada uma das técnicas culturais mais importantes no amendoal.

O hábito vegetativo da variedade é dos fatores que mais condiciona a poda. As variedades de amendoeira apresentam porte, vigor e grau de ramificação diferenciados, características

que determinam os critérios e a facilidade da poda (Assunção, 2014; Miarnau, 2014, Valdés *et al.*, sd). Em geral, são desejáveis variedades de porte semi-ereto e boa intensidade de ramificação, que permitam uma fácil formação da estrutura permanente do vaso, caso seja esse o sistema de condução eleito, com um mínimo de intervenções.



Figura 8.8 - *Pomar deficientemente conduzido*: cruz demasiado baixa; vaso mal executado e ramos principais com ângulo muito aberto dificultando a gestão do pomar

A poda da amendoeira é a operação cultural que maior necessidade de mão-de-obra exige. Acresce o facto de ser cada vez mais difícil encontrar profissionais, tendo o trabalho de ser frequentemente entregue a podadores com pouca experiência. De acordo com Arquero *et al.* (2013), optar por variedades de fácil

formação e manutenção deve ser tida em conta, especialmente nas grandes explorações agrícolas.

O vigor da variedade é provavelmente o principal parâmetro a observar na altura da poda. Nas variedades com maior vigor, as intervenções de poda devem ser mais cuidadas, para proporcionar uma boa ramificação, endurecimento dos ramos estruturais e para manter um volume de copa adequado. Outros fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das árvores são o sistema cultural (irrigação/sequeiro) e as condições edafoclimáticas em que as plantas se desenvolvem.

A poda pode ser caracterizada quanto à época em que é efetuada (poda em verde e poda de inverno) e em função da idade da árvore e/ou fase de desenvolvimento do pomar (preparação das plantas, de formação, de frutificação e de rejuvenescimento). A intensidade de poda é também dos aspetos que mais interessa considerar.

8.4.1. Época de poda

Em fruticultura é habitual considerarem-se dois períodos distintos de poda. A que ocorre durante o período vegetativo, a chamada *poda em verde*, e a que ocorre durante o repouso vegetativo sendo habitualmente designada de *poda de inverno*.

Na amendoeira a poda em verde é habitualmente efetuada nos meses de maio e junho. Neste tipo de poda, apenas se fazem intervenções sobre ramos do ano (lançamentos), que se

encontram mal inseridos ou rebentaram em número considerado exagerado, eliminando-os ou efetuando desbaste com esta operação.

A poda principal, a poda de inverno, é efetuada no repouso vegetativo. Este tipo de poda efetua-se normalmente entre os meses de novembro e fevereiro, de acordo com a disponibilidade de mão-de-obra ou condições climáticas da região. As intervenções ocorrem sobre qualquer ramo, com cortes de desbaste ou rebaixamento, dependendo das necessidades e objetivos. Enquanto a poda em verde, apesar de importante, nem sempre é efetuada, por falta de tempo ou de reconhecimento do seu papel, a maior parte dos produtores de amêndoa que encaram o sector como uma actividade económica efetuam anualmente poda de inverno.

8.4.2. Preparação das plantas

No momento da plantação é habitual preparar as árvores fazendo ajustes da parte aérea e radicular. Este tipo de poda incide sobre o sistema radicular, em plantas de raiz nua, removendo raízes danificadas e suprimindo parte das raízes excessivamente compridas a um tamanho que não supere os 30 cm (Salazar e Melgarejo, 2002). Independentemente de ser de raiz nua ou raiz protegida, a parte aérea é normalmente ajustada para a plantação. Se a planta tiver a altura necessária, deve ser despontado ao nível

a que se pretende formar a cruz, sendo usual proceder a atarraques da vareta principal até aos 70-110cm. Os lançamentos laterais são eliminados tendo o cuidado de não danificar os gomos localizados na área da cruz.

8.4.3. Poda de formação

Desde o primeiro ano de plantação até a estrutura perene da árvore estar formada efetua-se um tipo de poda que se designa de *poda de formação*. Nesta fase o podador deve estar focado em conseguir uma árvore com uma estrutura adequada ao sistema de condução eleito e menos em maximizar a produtividade. Contudo, sempre que possível os dois aspetos devem ser conciliados. No caso da amendoeira a poda de formação ocorre normalmente até ao 4º ou 6º ano após a plantação, dependendo sobretudo das condições culturais em que a planta se desenvolve. Durante este período a poda em verde tem um papel determinante (Valdés *et al.*, sd).

A intensidade de poda no período de formação depende, acima de tudo, dos hábitos vegetativos da variedade. Para variedades com baixo a médio grau de ramificação, como Marinada, Terraco, Guara, Lauranne, Masbovera e Vayro e de porte aberto, como Guara, Lauranne, Marcona e Tuono, ou variedades com tendência para o arqueamento dos ramos, é necessária uma poda mais severa, com cortes de despona durante os primeiros 2 a 3 anos. Desta forma modifica-se a tendência natural e consegue-se

alcançar uma estrutura com rigidez e grau de ramificação adequado. Quando essa estrutura e ramificação for alcançada, as intervenções de poda a realizar reduzem-se (Arquero *et al.*, 2013).

Em variedades de porte médio/ereto, como Masbovera, Soleta, Vayro e Tuono e bom grau de ramificação, como Constanti, Ferragnès, Marcona, Ferraduel e Soleta, pode adotar-se uma poda ligeira desde o primeiro ano, que se limita a um desbaste de ramos mal inseridos (Arquero *et al.*, 2013).

A poda em verde faz-se quando os lançamentos têm um comprimento superior a 30-50 cm. Geralmente realiza-se apenas uma intervenção anual, embora nalgumas situações de forte crescimento ou deformações da copa possa ser necessário fazer mais do que uma intervenção. A intervenção em verde no primeiro ano na área da cruz consiste em deixar 4 a 6 lançamentos, eliminando os que se situarem abaixo. Na poda em verde não é aconselhável fazer cortes de desponta sobre os ramos estruturais, pois isso diminui o seu crescimento. Por outro lado, os lançamentos antecipados que surgem abaixo do corte não servem para ramos estruturais, devido a terem normalmente fraco vigor e mau ângulo de inserção. Nos anos seguintes, nas intervenções em verde, eliminam-se os rebentos abaixo da cruz e os ladrões, bem como os lançamentos que impedem o bom desenvolvimento dos ramos estruturais e faz-se um desbaste dos lançamentos em excesso (Valdés *et al.*, sd). Em condições de forte crescimento

vegetativo e risco de quebra ou arqueamento dos lançamentos fazem-se despontas sobre eles.

A poda de inverno serve para selecionar os ramos estruturais (ramos principais, secundários e terciários) (Fig. 8.9a,b).

Na intervenção do primeiro ano é aconselhável deixar apenas os três ramos principais, se esta seleção não tiver já sido feita na poda em verde. Sobre os ramos principais, pratica-se um corte de desponta, tanto mais intenso quanto maior a debilidade ou falta de ramificação lateral. Os restantes ramos que saem do tronco devem ser eliminados.



Figura 8.9 - Formação do vaso: a) eleição dos ramos principais; e b) eleição dos ramos secundários

É sempre recomendável na formação não deixar mais de três ramos principais, pois um número mais elevado origina madeira em excesso e ausência de ramificação na parte baixa da copa. Se por qualquer motivo não surgirem três ramos que atendam aos

requisitos necessários, a árvore deve ser formada com apenas dois ramos principais, o que também permite uma boa estrutura e facilidade de poda (Arquero *et al.*, 2007; 2013; Valdés *et al.*, sd).

Nos anos subsequentes, a poda em verde deve continuar a ser usada para remover ladrões do tronco e da base dos ramos principais e secundários. Na poda de inverno deve dar-se continuidade à construção da estrutura da árvore. Durante os primeiros 3-4 anos, é aconselhável fazer cortes de desbaste nos ramos principais, para os fortalecer e forçar a ramificação (Fig. 8.10a,b).



Figura 8.10 - Formação do vaso: a) obtenção de ramos principais e secundários; e b) ligeira intervenção de poda

É também importante ter bom critério na seleção dos ramos secundários que compõem os patamares sucessivos. Os ramos estruturais devem ser rebaixados se mostrarem fraco vigor e pouca ramificação, especialmente para construir o primeiro patamar. Devem ainda ser eliminados os ramos muito vigorosos e

mal inseridos (ramos interiores ou exteriores em paralelo ou que se cruzam) que impedem o bom desenvolvimento da estrutura da árvore. Eliminar também ramos excessivamente baixos ou despontar para que não dificultem as práticas culturais. Se existir uma excessiva ramificação deve proceder-se ao desbaste dos ramos, para permitir a iluminação e arejamento da copa.

8.4.4. Poda de frutificação

Por *poda de frutificação* entende-se ser a que se realiza durante a vida produtiva do pomar. Se mediante a poda de formação for conseguida uma boa estrutura de copa, a poda de frutificação será muito ligeira e de rápida execução (Monteiro *et al.*, 2003; Agustí, 2010; Arquero *et al.*, 2013; Valdés *et al.*, sd). Durante o período produtivo da amendoeira a poda tem como objetivo prioritário favorecer a produção e a sua regularidade, sem descuidar a manutenção da estrutura das árvores. Para estimular e prolongar o período útil dos ramos produtivos, efetua-se uma poda com algum desbaste, ajustando o volume da copa às condições de cultivo (Fig. 8.11).

Na poda de frutificação as intervenções de poda em verde ainda podem ser úteis mas mínimas, a menos que existam fortes desequilíbrios vegetativos na árvore. A poda em verde deve ser realizada se existir forte crescimento vegetativo na primavera, eliminando ramos ladrões localizados na parte inferior da copa. A importância da poda em verde aumenta sempre que se realizam

podas severas de inverno que estimulam um elevado vigor vegetativo sendo mais importante em pomares regados (Salazar e Melgarejo, 2002).

Este tipo de poda deve realizar-se no período de inverno. Em áreas onde ocorram geadas tardias, as intervenções devem ocorrer o mais tardiamente possível antes do abrolhamento, provocando um ligeiro atraso na floração, o que pode ser favorável para um melhor vingamento. A poda de inverno deve limitar-se à eliminação de ladrões e ramos que interfiram com a iluminação da copa e eventual renovação de ramos estruturais. Sempre que surjam ramos débeis e com sintomas de doença devem ser removidos. Podem também surgir ramos terminais com desenvolvimento excessivo. Neste caso deverão eliminar-se ou despontar-se para quebrar a dominância apical (Fig. 8.11). É aconselhável realizar a poda de inverno todos os anos. Assim mantém-se uma boa estrutura da copa e evita-se ter que fazer podas severas que desequilibram as árvores e originam aumento dos custos com a poda. Em algumas regiões é usual proceder à poda no final do verão, sempre após a queda das folhas. Contudo é de realçar que esta prática pode acarretar problemas fitossanitários uma vez que durante o período de inverno a cicatrização ocorre com maior dificuldade.



Figura 8.11 - *Poda de frutificação*: desbaste e despona de ramos

8.4.5. Poda de rejuvenescimento

A amendoeira pode manter um bom nível produtivo durante mais de 20 anos, embora em condições de uma má gestão do pomar esse período possa ser reduzido. Contudo, à medida que os anos passam, a copa das árvores tende a ficar envelhecida e com tendência para se tornar menos produtiva. Nessas condições é usual proceder-se a uma *poda de rejuvenescimento*. Neste tipo de poda são feitas intervenções vigorosas com o objetivo de renovar a estrutura da árvore e repor o potencial de produção (Monteiro *et al.*, 2003).

Para rejuvenescer e revigorar a árvore é necessário realizar uma poda mais severa, mediante cortes de rebaixamento nos ramos principais a cerca de 30 a 50 cm da cruz. Arquero *et al.* (2013)

recomendam que se faça uma renovação sequencial dos ramos principais, um por ano, iniciando-se pelo ramo melhor iluminado (ramo virado a sul) (Fig. 8.12a). Desta forma mantém-se um certo nível de produção e não se provocam grandes desequilíbrios na relação copa/raiz. Com a rebentação vigorosa dos anos seguintes forma-se a nova estrutura da árvore (Fig. 8.12b).

Quando se pretende fazer uma mudança varietal, esta deve ser precedida de uma poda de rejuvenescimento. Neste caso, cortam-se os ramos principais a uma distância de cerca de 20 cm da cruz sobre os quais se realiza a enxertia.



Figura 8.12 - *Poda de rejuvenescimento*: a) corte de prenada principal virada a sul; e b) árvore com poda de rejuvenescimento concluída

8.5. Intensidade da poda

Intensidade da poda diz respeito à quantidade de material vegetal removido. O conceito aplica-se apenas à poda de inverno. Em

amendoeira normalmente distingue-se apenas dois tipos de poda relativamente à intensidade (Arquero et al., 2007; 2013): *poda ligeira*; e *poda severa*.

Na poda ligeira a intensidade é muito baixa, isto é, remove-se pouco material vegetal. Os ramos estruturais (principais e secundários) não se atarracam ou o atarraque é longo, daí por vezes este tipo de poda também ser chamado de poda longa, e mantêm-se a maioria dos ramos não estruturais, removendo apenas os ramos mal inseridos com crescimentos para o interior e/ou sobrepostos. Pode também fazer-se um ligeiro desbaste caso ocorra uma densidade excessiva de rama.

Na poda severa a remoção de material vegetal é considerável. Todos os ramos estruturais (principais e secundários) são despontados nos primeiros 2 a 3 anos, daí também ser chamada de poda curta, e quase todos os ramos não estruturais são eliminados. Com esta prática procura-se melhorar a estrutura de árvore, alcançar uma maior resistência mecânica e aumentar a ramificação, garantindo uma vida mais longa do pomar. Por outro lado, com poda severa efetuada no período de formação atrasa-se a entrada em produção e é completamente desadequada a não ser que seja para corrigir algum procedimento mal efectuado em épocas anteriores. Poda severa origina sempre custos de poda mais elevados, não só no ano em que é executada, mas sobretudo nos anos seguintes.

A poda é a técnica cultural que requer mais trabalho, sendo das operações culturais com custo mais elevado. Esta é a principal razão para na maioria das espécies fruteiras se procurarem estruturas mais simples e naturais conduzidas com poda ligeira. Há também evidências experimentais com outras fruteiras como a oliveira em como quanto mais ligeira for a poda maior é o nível de produtividade (García-Ortiz *et al.*, 2008; Tombesi *et al.*, 2014).

8.6. Poda mecânica

Em Portugal, e de uma maneira geral na bacia mediterrânica, a poda manual ainda se encontra generalizada. Contudo, atendendo às áreas crescentes de amendoal e sobretudo ao aparecimento de produtores individuais com áreas consideráveis, é expectável que a poda mecânica venha a ganhar significado num futuro próximo. Na poda mecânica usam-se podadoras de disco montadas no trator e ligadas à tomada de força, conseguindo-se grande rendimento e custos reduzidos (Arquero *et al.*, 2007).

A poda mecânica só é recomendável após o período de formação da árvore, isto é, em árvores já em plena produção. Podem dar-se cortes em altura ou laterais, com grau de inclinação variável, de acordo com as necessidades. De acordo com Arquero *et al.* (2013) o fracasso é frequente quando não há o devido cuidado e alguma prática na execução.

Mesmo em poda mecânica a intensidade de intervenção deve ser ligeira a moderada, e sempre que possível ser complementada com poda manual. A principal limitação da poda mecânica é não permitir solucionar problemas estruturais na copa.

8.7. Referências Bibliográficas

Agustí, M. (2010). *Fruticultura*. 2ª ed., Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.

Arquero, O.; Casado, B.; Lavera, M.; Navarro, A.; Salguero, A. e Viñas, M. (2007). Formación y poda, in: Arquero, O., Oukabli, A. (Eds.), *Manual Practico para el Cultivo del Almendro*. Espanha, Graficolor, Jerez de la Frontera.

Arquero, O.; Casado, B.; Salguero, A. e Vinas, M. (2013). Sistemas de formación y poda, in: Arquero, O. (Ed.), *Manual del Cultivo del Almendro*. Sevilla, Espanha, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Assunção, A. (2014). *Sistemas de condução e poda*. DRAPN - Divisão de apoio ao setor Agroalimentar. Alfândega da Fé, 23 de mayo de 2014.

Costa, J. e Rosa A. (2016). *Amendoeira: caracterização e preservação de variedades tradicionais*. I Simpósio Nacional de Frutos Secos, Ferreira do Alentejo, 30 junho 2016.

García-Ortiz, A.; Humanes, J.; Pastor, M.; Morales, J. e Fernández, A. (2008). Poda, in: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (Eds.). *El Cultivo del Olivo*. Madrid, Coedición Junta de Andalucía (Consejería de Agricultura Y Pesca) & Mundi-Prensa.

Miarnau, X. (2014). *Aspectos importantes en las nuevas plantaciones de almendro en regadío*. IRTA - Olivicultura Elaiotecnia y Fruta Seca. Alfândega da Fé, 23 de mayo de 2014.

Monteiro, A.; Cordeiro, V. e Laranjo, J. (2003). *A amendoeira*. Mirandela, João Azevedo Editores.

Salazar, D.M. e Melgarejo, P. (2002). *El cultivo del almendro*. Barcelona, Mundi Prensa.

Tombesi, S.; Farinelli, D.; Molfese, M.; Cipolletti, M. e Visco, T. (2014). Pruning technique in young high density hedgerow olive orchards. *Acta Hort.* 1057, 385-390.

Valdés, G.; Rico, E. e Más, M. sd. *Poda de formación de la variedad de almendro "Guara"*. Estación Experimental Agraria de Elche. Fruiters

Capítulo 9 - Rega

António Castro Ribeiro

9.1 Introdução

Nas regiões de clima mediterrânico, onde a amendoeira tem uma grande expressão em termos de área cultivada e importância económica, as secas sazonais, que ocorrem durante parte do seu ciclo vegetativo, são frequentes e responsáveis por quebras elevadas do rendimento do amendoal.

Apesar de a amendoeira ser uma espécie tolerante à seca (Fereres e Goldhamer 1990), não há dúvidas de que a rega é um fator crítico para o aumento da produção e qualidade da amêndoa (Egea *et al.*, 2010), em particular em regiões de clima mediterrânico, com baixa precipitação e elevada procura evaporativa durante parte do seu ciclo vegetativo.

As limitações relativas à disponibilidade de água para rega, que tenderão a agravar-se no contexto das alterações climáticas (IPCC, 2014), obrigará os produtores a lidar com a sua escassez e com a necessidade de implementar tecnologias de rega mais eficientes e práticas de gestão da rega que conduzam a um aumento da produtividade da água.

Neste capítulo descrevem-se as metodologias para a determinação das necessidades de rega do amendoal, abordam-se as questões relacionadas com o efeito do stresse hídrico no crescimento e produtividade da amendoeira e com a resposta da cultura a diferentes estratégias de rega. Por último, referem-se os principais aspetos a considerar sobre a instalação e manutenção dos sistemas de rega localizada.

9.2 Necessidades hídricas do amendoal

As necessidades de água do amendoal correspondem à quantidade de água consumida durante o seu período vegetativo, através da transpiração por parte da amendoeira e da evaporação diretamente a partir do solo, e referem-se à evapotranspiração cultural (ET_c , mm) nesse período. Pode estimar-se recorrendo aos coeficientes culturais relativos a cada fase de desenvolvimento da cultura e à evapotranspiração de referência (ET_o , mm), através da seguinte equação (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_c = (K_s K_{cb} + K_e) ET_o \quad (1)$$

onde o coeficiente cultural K_c é definido pelos seus componentes: o coeficiente cultural basal K_{cb} relativo à transpiração, o coeficiente de evaporação da água do solo K_e e o coeficiente de stresse K_s (todos adimensionais).

9.2.1. Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência representa a procura climática da atmosfera, é a evapotranspiração simulada que resulta dum modelo matemático de uma superfície relvada com 12 cm de altura, que cresce em condições de pleno abastecimento em água, e que depende do balanço da radiação, da temperatura e humidade do ar e da velocidade do vento. O método de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 2007) é o que conduz à melhor padronização do cálculo da ET_o . A equação de Penman-Monteith, para o cálculo da ET_o para períodos diários toma a forma (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (2)$$

onde ET_o é a evapotranspiração de referência (mm d^{-1}), R_n é radiação líquida à superfície ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), G a densidade de fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), T média da temperatura do ar a 2 metros de altura ($^{\circ}\text{C}$), U_2 a velocidade do vento a 2 metros de altura (m s^{-1}), e a pressão de vapor (kPa), e_s a pressão saturante de vapor (kPa), Δ o declive da curva de pressão saturante de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$) e γ a constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Esta metodologia é hoje universalmente aceite como referência para a estimativa da ET_o . No entanto, a equação exige quatro parâmetros (temperatura, humidade relativa, radiação e velocidade do vento) para produzir resultados rigorosos. Os instrumentos utilizados para a medição destas variáveis

necessitam de manutenção e calibração regular o que nem sempre acontece devido aos custos associados. A utilização de equações mais simples, com menos parâmetros, é uma alternativa à utilização da equação Penman-Monteith. Entre as várias equações disponíveis, a equação de Hargreaves - Samani tem produzido resultados satisfatórios em diversas partes de mundo, apesar da sua aparente simplicidade (Shahidian *et al.*, 2013). Necessita apenas da temperatura do ar, e coeficientes dependentes da latitude do local e época do ano:

$$ET_o = 0,0023 (T_{média} + 17,8) (T_{max} - T_{min})^{0,5} R_a \quad (3)$$

onde $T_{média}$ é a temperatura média (°C), T_{max} a temperatura máxima (°C), T_{min} a temperatura mínima (°C) e R_a a radiação no topo da atmosfera (mm/dia) (função da latitude e do dia do ano).

A calibração da equação de Hargreaves - Samani para diferentes regiões é indispensável para a obtenção de resultados fiáveis. Por exemplo, em ambientes caracterizados por uma humidade relativa do ar elevada, ventos fortes e proximidade do mar. Vanderlinden *et al.* (2004) recomendam a utilização de um coeficiente de 0.0027 a 0,0029, em substituição do valor de 0,0023, na Equação 3. Por outro lado, Shahidian *et al.* (2013) referem que independentemente da localização, a calibração deve ser feita para atender aos efeitos da humidade do ar e da velocidade do vento.

Os dados climáticos para o cálculo da ET_o devem ser obtidos através de estações meteorológicas instaladas na exploração ou

na sua proximidade, em locais que sejam representativos das condições climáticas da parcela. O recurso a bases de dados de redes de estações meteorológicas é outra alternativa para a obtenção de informação. Para o cálculo ET_o , segundo o método de Penman-Monteith, podem utilizar-se programas informáticos livres como o EToCalculator e CropWat (http://www.fao.org/nr/water/infores_databases.html) ou WinISAREG (<https://www.isa.ulisboa.pt/en/leaf/downloads>). O Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I. P. (IPMA, I. P.) disponibiliza os valores diários da ET_o , por concelho, calculados com base nos resultados do modelo de previsão numérica do tempo – ALADIN e dos produtos da radiação da LANDSAF (<http://www.ipma.pt/pt/agrometeorologia/evapotranspiracao/>).

9.2.2. Coeficientes culturais

Os coeficientes culturais traduzem as características da cultura que determinam o consumo de água. Na Equação 1, o coeficiente de stresse ou de défice de humidade do solo (K_s) é utilizado para reduzir o valor de K_{cb} quando o teor de humidade no solo na zona radicular é insuficiente para manter a plena transpiração das plantas. Quando K_s é igual a 1, a cultura não está em stresse e a transpiração ocorre à taxa máxima. K_{cb} depende da cultura, da variedade e da fase de desenvolvimento. K_e depende da fração de solo húmido e exposto à radiação, da frequência e quantidade dos humedecimentos, e das características hidráulicas do solo. A

utilização dos coeficientes K_{cb} e K_e implicam a realização do balanço hídrico diário e constitui a melhor forma para o cálculo das necessidades hídricas diárias do amendoal com rega de alta frequência (rega localizada). Todavia, para a planificação e gestão da rega do amendoal podem-se adotar os coeficientes culturais médios (K_c) (Quadro 1), simplificando-se desta forma a Equação 1.

Para calcular a evapotranspiração da cultura de amendoais com baixas densidades de plantação ou ainda jovens (cobertura do solo inferior a 70%) deve-se integrar um coeficiente de redução da evapotranspiração (K_r). A evapotranspiração da cultura (ET_c , mm d^{-1}) virá assim:

$$ET_c = K_c ET_o K_r \quad (4)$$

onde $K_c = K_{cb} + K_e$ representa a média temporal dos efeitos conjugados da transpiração (K_{cb}) e da evaporação (K_e), assumindo $K_s = 1$. K_r é um coeficiente empírico que relaciona a evapotranspiração de um pomar (jovem ou de menor densidade de plantação) com uma menor cobertura do solo, relativamente a um pomar adulto (cobertura entre 70 – 80%), para o qual foram obtidos os coeficientes culturais referenciados na bibliografia (Quadro 9.1). O K_r relaciona-se, portanto, com a projeção vertical da sombra da árvore (área sombreada). A figura 9.1 mostra a relação entre a percentagem de área sombreada (C), em percentagem, e o coeficiente K_r , utilizando a equação obtida por Fereres *et al.* (1982) para o amendoal:

$$K_r = -0,00012 C^2 + 0,0226 C \quad (5)$$

A percentagem de área coberta é calculada através da seguinte expressão:

$$C = \frac{\pi D^2 N}{400} (\%) \quad (6)$$

onde D é o diâmetro médio da copa (m) e N o número de plantas por hectare.

Quadro 9.1 - Coeficientes culturais para o amendoal obtidos por vários autores

| Meses | Doorenbos e Pruitt (1977) | | Fereres e Puech (1981) | Sanden (2007) | Doll e Shackel (2015) | Girona (2006) |
|----------|------------------------------|------------------------|------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
| | Solo nu | Solo com coberto | | | | |
| Março | 0,50 | 0,85 | 0,60 | 0,5€ | 0,62 | 0,40 |
| Abril | 0,70 | 0,95 | 0,71 | 0,7€ | 0,80 | 0,65 |
| Mai | 0,85 | 1,05 | 0,84 | 0,9€ | 0,94 | 0,80 |
| Junho | 0,90 | 1,15 | 0,92 | 1,01 | 1,05 | 0,92 |
| Julho | 0,90 | 1,15 | 0,96 | 1,0€ | 1,11 | 0,96 |
| Agosto | 0,90 | 1,15 | 0,96 | 1,0€ | 1,11 | 1,05 |
| Setembro | 0,80 | 1,10 | 0,91 | 1,0€ | 1,06 | 0,85 |
| Outubro | 0,75 | 0,90 | 0,79 | 0,8€ | 0,92 | 0,60 |
| Novembro | 0,65 | 0,85 | - | 0,6€ | 0,69 | 0,40 |

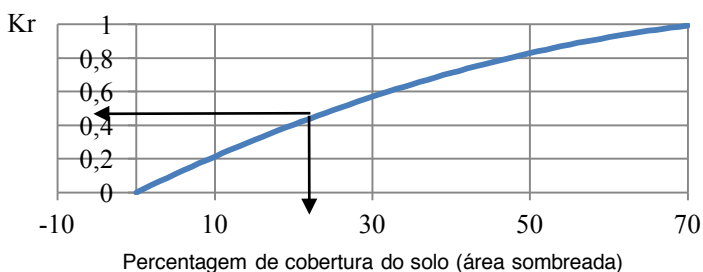


Figura 9.1 - Coeficiente de redução da evapotranspiração em função da área sombreada (%). Adaptado de Steduto *et al.* (2012)

Exemplo 9.1 – Determinação da ET_c (mm d^{-1}) para dois amendoais, com diâmetros de copa diferentes, considerando uma ET_o de 6 mm d^{-1} e um coeficiente cultural médio (K_c) de 0,8

| | Amendoal jovem | Amendoal adulto |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| Diâmetro da copa (m) | 1,2 | 3,0 |
| Densidade de plantação (árvores/ha) | 416 | 416 |
| Evapotranspiração de referência ET_o (mm d^{-1}) | 6,0 | 6,0 |
| Coeficiente cultural, K_c | 0,8 | 0,8 |
| Cobertura do solo (Eq. 6), C (%) | 4,7 | 29,4 |
| Coeficiente de redução da evapotranspiração (Eq. 5), K_r | 0,1 | 0,56 |
| Evapotranspiração da cultura (Eq. 4) ET_c (mm d^{-1}) | 0,5 | 2,7 |

A utilização dos coeficientes culturais tabelados requer uma apreciação cuidada e crítica das características do pomar que se pretende regar de forma a detetar possíveis fatores que

influenciem a sua variação e proceder, quando possível, ao seu ajustamento.

9.3. Balanço hídrico do solo e necessidades de rega

O balanço da água do solo depende da capacidade de água utilizável do solo e das entradas e das saídas de água. Em sequeiro, a água que entra no solo depende da precipitação e, fundamentalmente, da infiltração. A água disponível depende da capacidade de armazenamento no solo e da possibilidade de controlar as perdas por evaporação. Para a determinação do balanço hídrico e das necessidades de rega é fundamental conhecer alguns conceitos relacionados com a disponibilidade de água no solo.

Os conceitos de capacidade de campo e coeficiente de emurchecimento estão relacionados com a disponibilidade da água no solo para ser absorvida pelas raízes das plantas ou evaporada diretamente para a atmosfera. Quando todos os espaços porosos do solo estão ocupados pela água o solo encontra-se numa situação de saturação, condição que se observa após a ocorrência de precipitação ou rega. Dependendo da textura e das condições para movimento de água no solo, ao fim de algum tempo após a saturação do solo (pode ser algumas horas em solos mais arenosos até 1 ou 2 dias em solos de texturas mais argilosas), devido à redistribuição interna da água e drenagem, o teor de água no solo atinge um valor correspondente

à capacidade de campo. Contudo, nem todos os solos drenam até um valor de teor de água definido. O processo de drenagem pode-se manter por um período muito longo. Assim, o conceito de capacidade de campo é um valor idealizado que é útil para quantificar a disponibilidade de água num determinado solo. A generalidade dos autores relaciona a capacidade de campo de um solo com o teor de água retido por um solo quando submetido a uma pressão de sucção que pode variar entre 10 e 33,3 kPa. O coeficiente de emurchecimento corresponde ao teor de água no solo abaixo do qual as plantas não conseguem extrair água. Representa, portanto, o limite mínimo de água útil para as plantas e corresponde à água retida contra uma pressão de sucção de 1500 kPa. Os teores de água, quer à capacidade de campo quer no coeficiente de emurchecimento, variam em função da textura do solo.

9.3.1. Água disponível total no solo

A água disponível total no solo (*ADT*) representa a diferença entre o volume de água armazenado pelo solo, quando o seu teor de humidade está à capacidade de campo e o volume armazenado no coeficiente de emurchecimento permanente (θ_{ce}). Desta definição resulta que *ADT* (mm/m) pode ser calculada pela expressão:

$$ADT = (\theta_{cc} - \theta_{ce}) 1000 \quad (7)$$

em que θ_{cc} e θ_{ce} representam os teores de água volumétricos ($m^3 m^{-3}$) à capacidade de campo e no coeficiente de emurchecimento permanente, respetivamente. Os valores do teor de água no solo à capacidade de campo e no coeficiente de emurchecimento podem ser determinados laboratorialmente. O Quadro 3 mostra os valores teóricos de referência para vários solos, em função da sua textura.

9.3.2 Água facilmente disponível na zona radicular

A fração da água disponível total no solo na zona radicular (ADT_{Zr}), na qual as plantas não manifestam quebra na produção devido a carências hídricas, é definida como água facilmente disponível (AFD_{Zr} , mm). Assim, tem-se:

$$AFD_{Zr} = p ADT_{Zr} = p (\theta_{cc} - \theta_{ce}) 1000 Z_r \quad (8)$$

onde p que representa a fração da água do solo extraível sem afetar a produção, ou seja, sem que ocorra stress hídrico. Sendo p adimensional e a profundidade radicular (Z_r) expressa em metros, a AFD_{Zr} vem expressa em mm.

O armazenamento crítico de água no solo (A_c , mm) pode ser calculado através da expressão:

$$A_c = ADT_{Zr} (1 - p) \quad (9)$$

onde ADT_{Zr} a água disponível total no solo na zona radicular (mm).

Quadro 9.2 - Valores indicativos dos teores de humidade à saturação, capacidade de campo, coeficiente de emurchecimento e água disponível total no solo (Pereira, 2004)

| Classes texturais | Teores de humidade característicos dos solos | | | ADT (mm/m) |
|--------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------|
| | θ_{sat} ($m^3 m^{-3}$) | θ_c ($m^3 m^{-3}$) | θ_{ce} ($m^3 m^{-3}$) | |
| Arenoso | 0,32 – 0,42 | 0,10 – 0,15 | 0,03 – 0,06 | 60 – 70 |
| Areno-Franco | 0,32 – 0,47 | 0,12 – 0,18 | 0,04 – 0,10 | 70 – 90 |
| Franco-arenoso | 0,34 – 0,51 | 0,17 – 0,26 | 0,06 – 0,13 | 110 – 130 |
| Franco | 0,42 – 0,51 | 0,22 – 0,31 | 0,09 – 0,16 | 130 – 150 |
| Franco-Limoso | 0,42 – 0,55 | 0,23 – 0,34 | 0,08 – 0,15 | 150 – 190 |
| Limoso | 0,42 – 0,55 | 0,30 – 0,32 | 0,09 – 0,11 | 200 – 220 |
| Franco-argilo- limoso | 0,40 – 0,49 | 0,20 – 0,30 | 0,13 – 0,19 | 80 – 120 |
| Franco- argiloso | 0,47 – 0,51 | 0,28 – 0,38 | 0,16 – 0,22 | 120 – 160 |
| Franco-limo- argiloso | 0,49 – 0,53 | 0,32 – 0,40 | 0,16 – 0,23 | 160 – 180 |
| Argilo-arenoso | 0,47 – 0,53 | 0,28 – 0,40 | 0,20 – 0,30 | 90 – 100 |
| Argilo-limoso | 0,49 – 0,55 | 0,38 – 0,50 | 0,22 – 0,36 | 150 – 160 |
| Argiloso | 0,51 – 0,58 | 0,39 – 0,55 | 0,30 – 0,45 | 100 – 130 |

Exemplo 9.2 - Cálculo da água disponível total no solo (ADT), da água disponível total no solo na zona radicular (ADT_{Zr}), e do armazenamento crítico (A_c) para um solo de textura média com uma profundidade na zona radicular (Z_r) de 1 m.

Dados do solo:

Teor de água à capacidade de campo (w_{cc}): $0,31 m^3 m^{-3}$

Teor de água coeficiente de emurchecimento (w_{ce}): $0,16 m^3 m^{-3}$

Profundidade na zona radicular (Z_r): 1,0 m

Cálculo:

Água disponível total no solo (ADT) = $(0,31 - 0,16) \times 1000 = 150 \text{ mm/m}$

Água disponível total no solo na zona radicular (ADT_{Zr}) = $150 \text{ mm/m} \times 1 \text{ m} = 150 \text{ mm}$

Água facilmente disponível na zona radicular (AFD_{Zr}) = $0,4^{(1)} \times 150 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$

Armazenamento crítico (A_c) = $150 \text{ mm} \times (1 - 0,4) = 90 \text{ mm}$

(1) Fração da água do solo extraível sem afetar a produção (p) para a amendoeira (Allen *et al.*, 1998)

9.3.3. Necessidades de rega

Para a determinação das necessidades de rega através do balanço hídrico do solo, um dos métodos mais utilizados para a gestão da rega nas culturas de regadio, é necessário considerar o consumo de água da cultura (ET_c), a precipitação efetiva, ou seja, a precipitação que se infiltra e fica armazenada no solo, e a variação do teor de água no solo. Se desprezarmos o fluxo de água das camadas mais profundas do solo, a equação do balanço hídrico do solo para a determinação das necessidades líquidas de rega (NR , em mm) toma a seguinte forma:

$$NR = ET_c - P_e - \Delta S \quad (10)$$

onde P_e é a precipitação efetiva (mm) e ΔS a variação acumulada do armazenamento na zona radicular durante o período considerado (mm). Para a gestão da rega em condições de conforto hídrico (ausência de stresse hídrico das plantas) o armazenamento de água no solo não deve ser inferior ao armazenamento crítico.

Nas situações em que seja necessário considerar a salinidade do solo em níveis compatíveis com as condições de produção e ambientais é necessário considerar uma fração de água de rega (fração de lavagem) para ser acrescentada às necessidades líquidas. A fração de lavagem pode estimar-se através da expressão:

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5EC_e - EC_{iw}} \quad (11)$$

onde EC_{iw} é a condutividade elétrica da água de rega e EC_e é a condutividade elétrica do extrato saturado do solo (dS m^{-1}). O limite mínimo da condutividade elétrica do extrato saturado do solo tolerado pela amendoeira é de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Allen *et al.*, 1998).

Quando considerada a fração de lavagem, as necessidades de água líquidas são calculadas através da equação:

$$NR = \frac{ETc - P_e - \Delta S}{1 - LR} \quad (12)$$

As necessidades brutas ou reais de água de rega (NRR) dependem da eficiência de aplicação relativa ao método de rega a utilizar:

$$NRR = \frac{NR}{e_r} \quad (13)$$

onde e_r é a eficiência de rega. Para os sistemas de rega localizada (microrrega) podem encontrar-se valores indicativos destas eficiências na Quadro 9.5.

Quadro 9.3 - Valores indicativos das eficiências de aplicação para a rega localizada bem projetada e bem mantida (Pereira, 2004)

| Rega localizada (microrrega) | Eficiência (%) |
|-----------------------------------------------|----------------|
| Gotejadores, \approx 3 emissores por planta | 85 - 95 |
| Gotejadores, < 3 emissores por planta | 80 - 90 |
| Micro-aspersores e bubblers | 85 - 95 |
| Linha contínua de emissores gota-a-gota | 70 - 90 |

No quadro 9.6 apresentam-se exemplos de cálculo das necessidades de rega, para um ano médio, considerando três cenários. Foi considerada a evapotranspiração de referência (ET_0) para um ano médio, para a região de Mirandela.

No primeiro cenário (NR_1), as necessidades de rega calculadas não consideram a reserva de água do solo, e resultam da aplicação de dotações correspondentes à diferença entre a evapotranspiração da cultura e a precipitação efetiva, no período considerado. As necessidades líquidas de rega anuais são, neste cenário, de 354,6 mm ($3546 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

Para o segundo cenário (NR_2), simulou-se uma aplicação de 70% das necessidades de rega. Nos primeiros meses, com aplicação desta rega deficitária, as necessidades de rega são parcialmente satisfeitas pela água armazenada do solo (assume-se, nestes cenários, que não se verifica défice de água no solo no final do mês de abril). Se considerarmos o exemplo do solo apresentado no quadro 9.4, no que diz respeito à água facilmente disponível no solo (60 mm), verifica-se que a água facilmente disponível no solo é consumida até ao mês de julho (défice acumulado de 61,7 mm). Nos meses seguintes, apesar da rega, a cultura entrará em stresse hídrico, que se vai acentuando até setembro, com consequências na quebra da produção no ano presente e nos seguintes. As necessidades líquidas de rega anuais são, neste cenário, de 248,2 mm ($2482 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

Por último, apresenta-se um cenário com aplicações mensais constantes (30 mm em ago e 40 mm nos restantes meses). Este cenário, também de rega deficitária, simula uma situação em que os tempos de rega são constantes e, por isso, uma rega mais fácil de gerir por parte dos agricultores. Neste cenário, a reserva facilmente disponível esgota-se em meados de julho ficando a cultura em stresse hídrico até ao final do ciclo. As necessidades líquidas de rega anuais são, neste cenário, de 190 mm ($1900 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). As consequências destes cenários de rega deficitária serão discutidas mais adiante.

Os cenários apresentados no quadro 9.6 correspondem a um exemplo de uma situação específica de um amendoal com uma densidade de plantação de cerca de 400 árvores por hectare, com um diâmetro da copa de 3 metros, considerando um ano médio em termos climáticos e com uma localização na região de Mirandela. Por isso, os valores apresentados podem afastar-se significativamente dos de outras situações, quer relativas ao local quer às características do amendoal.

A estratégia mais adequada para o amendoal dependerá sempre da disponibilidade de água para rega e deve, preferencialmente, ser ajustada, em cada ano, às condições climáticas prevalecentes durante o ciclo vegetativo.

Quadro 9.4 - Exemplo das necessidades de rega mensais para um amendoal localizado em Mirandela num ano médio, em três cenários distintos: NR_1 – aplicação das necessidades de rega sem considerar a reserva de água no solo; NR_2 aplicação de 70% nas necessidades de rega; NR_3 aplicação de regas com dotações mensais constantes

| Meses | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Total |
|----------------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| ET_o (mm) | 61,1 | 85,2 | 119,4 | 153,9 | 190,7 | 172,7 | 114,9 | 60,5 | 27,6 | 985,8 |
| Kc | 0,40 | 0,65 | 0,80 | 0,92 | 0,96 | 1,05 | 0,85 | 0,60 | 0,40 | |
| Kr | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | |
| ET_c (mm) | 13,7 | 31,0 | 53,5 | 79,3 | 102,5 | 101,5 | 54,7 | 20,3 | 6,2 | 462,7 |
| P (mm) | 30,2 | 44,4 | 49,9 | 31,7 | 17,8 | 13,4 | 28,8 | 60,3 | 53,9 | 330,4 |
| P_e (mm) | 8,1 | 16,6 | 19,9 | 9,0 | 0,7 | 0 | 7,3 | 26,2 | 22,3 | 110,1 |
| NR_1 (mm) | 0 | 0 | 33,6 | 70,3 | 101,8 | 101,5 | 47,4 | 0 | 0 | 354,6 |
| NR_2 (mm) | 0,0 | 0,0 | 23,5 | 49,2 | 71,3 | 71,1 | 33,2 | 0,0 | 0,0 | 248,2 |
| D_{NR2} | 0 | 0 | -10,1 | -21,1 | -30,5 | -30,5 | -14,2 | 5,9 | 16,1 | |
| D_{ac-NR2} | 0,0 | 0,0 | -10,1 | -31,2 | -61,7 | -92,2 | -106,4 | 100,5 | -84,4 | |
| NR_3 (mm) | 0,0 | 0,0 | 30,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 0,0 | 0,0 | 190,0 |
| D_{NR3} | 0 | 0 | -3,6 | -30,3 | -61,8 | -61,5 | -7,4 | 5,9 | 16,1 | |
| D_{ac-NR3} | 0,0 | 0,0 | -3,6 | -33,9 | -95,7 | -157,2 | -164,6 | -158,7 | -142,6 | |

Precipitação efetiva (P_e) calculada pela equação (FAO/AGLW): $P_e = 0,6 P-10$ ($P \leq 70$ mm) e $P_e = 0,8 P-24$ ($P > 70$ mm) NR representa as necessidades líquidas de rega ($ET_c - P_e$); D representa o défice de água no solo ($ET_c - P_e - NR$); D_{ac} é o défice acumulado.

Deverão considerar-se as condições de humidade do solo no final do inverno, em particular nos invernos mais secos, e assegurar

uma boa disponibilidade de água nas fases mais críticas para a cultura (ver ponto 9.5). A este respeito, salienta-se a grande diversidade que se pode verificar entre amendoais relativamente à água disponível total do solo, e a importância que este armazenamento de água tem para satisfazer as necessidades hídricas da cultura nas primeiras fases do seu desenvolvimento.

9.4. Programação da rega

A programação da rega é uma metodologia que permite decidir quando regar e que dotação de rega aplicar para cumprir um ou vários objetivos que podem ser, por exemplo, o de maximizar o rendimento, aumentar a produtividade da água, otimizar a qualidade do fruto ou contribuir para o controlo de pragas e doenças (Steduto *et al.*, 2012). A maioria dos produtores toma as decisões relativas ao calendário de rega com base na sua experiência e nas limitações ou características dos sistemas de rega. Todavia, nas últimas décadas foram desenvolvidas várias metodologias para programação da rega para otimizar a gestão da água e melhorar assim a eficiência do seu uso. Estas práticas conduzem a uma maior precisão na gestão da rega com benefícios económicos e ambientais. Dos vários métodos atualmente disponíveis, apenas alguns provaram ter aplicação prática e, por isso, tem vindo a ser utilizados na programação da rega de culturas arbóreas e arbustivas. Os métodos mais usualmente

utilizados baseiam-se na monitorização da água no solo e na planta e no balanço hídrico na zona radicular.

9.4.1. Monitorização do teor de água no solo

A generalidade dos métodos para medição da água no solo são métodos indiretos que consistem na medição de algumas propriedades físicas ou físico-químicas que são altamente dependentes do teor de água no solo. Em geral, estes métodos não envolvem procedimentos destrutivos e usam equipamento que pode ser colocado permanentemente no solo, permitindo assim medições em contínuo. Descrevem-se seguidamente os métodos mais utilizados na programação da rega que podem ser implementados no amendoal de forma isolada ou complementar.

Medição direta através de colheita de amostras de solo: A medição direta do teor de água no solo consiste na pesagem de uma amostra perturbada de solo do local e profundidade desejadas. Salvaguardando as possíveis perdas entre o local de recolha e o laboratório, a amostra é colocada num recipiente de tara conhecida, pesada enquanto húmida e posteriormente submetida a secagem, até peso constante, numa estufa com uma temperatura de cerca de 105°C e pesada novamente. O teor ou humidade gravimétrica do solo é obtido através da expressão:

$$w = \frac{m_t - m_s}{m_s} \quad (16)$$

onde w é teor de água no solo (kg kg^{-1}), m_t a massa do solo (água + sólidos) (kg) e m_s a massa da fração sólida (kg). Para a obtenção da humidade volumétrica é necessário determinar a massa volúmica aparente da amostra, ou seja, além das determinações anteriores é necessário determinar o volume da amostra não perturbada. A maior fonte de erro associada à determinação da humidade volumétrica, através deste processo, está relacionada com a técnica de amostragem. A precisão na determinação da humidade volumétrica pode ser afetada pela presença na amostra de pedras, raízes, espaços vazios assim como por distúrbios difíceis de evitar durante o processo de recolha.

A heterogeneidade (variabilidade espacial) dos solos faz com que seja necessária a recolha de um elevado número de amostras para que os valores obtidos sejam representativos da parcela. Trata-se, por isso, de um processo moroso, destrutivo e que não se presta a repetições no tempo. No entanto, se forem tomadas todas as precauções no que respeita à colheita da amostra, ao seu transporte e ao processo de secagem este método é bastante preciso e apresenta ainda a vantagem de ser barato em termos de equipamento necessário à sua determinação. É um método frequentemente utilizado para a calibração de métodos indiretos que serão referidos adiante.

Medição da constante dielétrica do solo: As sondas de medição da constante dielétrica do solo, atualmente disponíveis no mercado, embora tenham princípios de funcionamento diferentes baseiam-

se todas na medição da alteração da constante dielétrica do solo resultante da variação do seu teor de água. Entre as mais utilizadas estão as sondas TDR (*Time Domain Reflectometry*) e as sondas FDR (*Frequency Domain Reflectometry*).

A determinação do teor de água no solo a partir da permitividade ou constante dielétrica baseia-se no facto de a água possuir uma constante dielétrica igual a 80 o que é muito superior ao solo que têm um valor aproximado de 3-4 e ao ar que tem uma constante igual a 1. Assim, este valor elevado da permitividade da água faz com que pequenas alterações no seu teor no solo resultem em alterações consideráveis na permitividade do solo. A generalidade dos sensores pode ser ligada a um sistema de aquisição de dados permitindo desta forma uma medição contínua do teor de água no solo e o conseqüente armazenamento dos dados. Deve haver o cuidado, aquando da instalação dos tubos de acesso da sonda, de evitar espaços vazios entre o tubo e o solo. Para que o local onde se instala o tubo possa ser representativo da parcela deve evitar-se intervir na estrutura do solo, na vizinhança do tubo.

As questões críticas relacionadas com a utilização destas sondas estão relacionadas por um lado com pequeno volume de solo monitorizado e por outro lado com a número de sensores necessários para caracterizar adequadamente a parcela.



Figura 9.2 - Exemplos de sondas TDR (a e b) e esquema de uma sonda FDR

Assim, é indispensável fazer uma caracterização da parcela em termos de textura e profundidade do solo e tomar a decisão sobre a localização das sondas. As áreas da parcela com solo de textura mais grosseira (arenosos) e menos profundos serão aquelas onde os efeitos do défice de água no solo ocorrerão em primeiro lugar. Assim, a localização deverá obedecer a critérios relacionados com a heterogeneidade do solo sendo aconselhável a colocação das sondas por manchas homogêneas. Para além da distribuição espacial, é aconselhável a monitorização no perfil do solo permitindo detetar a direção do movimento da água. O sensor mais superficial deverá ficar a uma profundidade de 20-30 cm e o mais profundo próximo do limite da profundidade radicular. As sondas que fazem as medições contínuas a várias profundidades são a solução mais adequada para a monitorização da água no perfil do solo.

9.4.2. Monitorização do potencial de água no solo

Medição do potencial hídrico do solo através de tensiómetros: Os tensiómetros são os aparelhos mais conhecidos e mais divulgados

para medir o potencial hídrico do solo. Foi um dos primeiros instrumentos utilizados para a programação da rega e continua a ser muito utilizado principalmente em rega localizada. O tensiómetro consiste num bolbo de porcelana poroso ligado por um tubo de plástico transparente a um manómetro. Todo o conjunto está cheio de água. Na instalação do tensiómetro no solo é necessário assegurar um bom contacto do bolbo com o solo envolvente para que se possa estabelecer um equilíbrio com envolvente. Se o solo começar a secar, haverá passagem de água do interior do tensiómetro para o solo, criando-se vácuo ou tensão no interior do tensiómetro. Quando a tensão no interior do tensiómetro atingir a tensão no solo, alcança-se um equilíbrio e cessa a passagem de água para o solo. O manómetro indicará assim a tensão de água no solo que corresponde ao potencial hídrico do solo. Se se aplicar uma rega ou ocorrer precipitação, dá-se o processo inverso, havendo passagem de água para o interior do tensiómetro e uma redução proporcional no valor indicado pelo manómetro. Os tensiómetros funcionam bem entre 0 (corresponde a uma situação de saturação de água no solo) e os 50-60 kPa, podendo desferrar acima deste valor (os poros da cápsula cerâmica perdem água ocorrendo a entrada de ar), pelo que são pouco indicados para solos arenosos ou quando as regas são muito espaçadas com secagem acentuada do solo. Nos sistemas de rega de alta frequência (gota-a-gota e microaspersão) os tensiómetros fornecem informação relevante sobre o momento de rega (valores de 10 a 20 kPa em solos arenosos e 15 a 20 kPa

em solos de textura mais fina) permitindo igualmente observar as alterações do potencial hídrico no solo ao longo do tempo e desta forma avaliar se a programação da rega é adequada ao consumo de água por parte da cultura. Os electrotensiómetros têm a vantagem de poderem ser ligados a um programador de rega, a um simples temporizador ou diretamente a uma electroválvula, permitindo assim uma automatização da programação da rega.

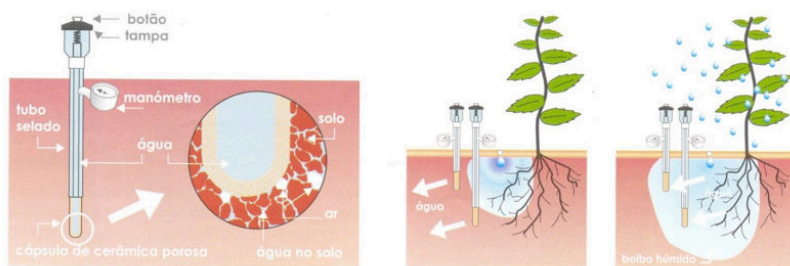


Figura 9.3 - Princípio de funcionamento do tensiómetro (a) e colocação no solo para monitorização da do potencial hídrico na rega gota-a-gota

Medição indireta do potencial hídrico do solo: outros métodos utilizados para medir o potencial hídrico do solo com utilização muito difundida são aqueles que se baseiam na medição da resistência elétrica através de eléctrodos envolvidos em blocos de gesso ou numa matriz granular de gesso e quartzo, que absorvem ou libertam água para o solo circundante até ao equilíbrio com a água do solo. Estes métodos permitem uma medição indireta do potencial hídrico do solo sendo por isso necessário fazer a sua calibração.



Figura 9.4 - Dispositivos de leitura e armazenamento de dados (a e b) de sensor de matriz granular (WaterMark) com elétrodos envolvidos em quartzo e gesso. Fonte: <http://www.irrometer.com>

9.4.3. Monitorização do estado hídrico da planta

Os condicionamentos respeitantes à medição do teor de água no solo conduziram ao desenvolvimento de várias técnicas de medição do estado hídrico da planta com o objetivo de programação da rega. Algumas das metodologias disponíveis são já amplamente utilizadas para programação da rega em tempo real e, em algumas situações, para complementarem as medições do teor de água no solo. Dos métodos disponíveis para avaliação do estado hídrico da planta, o potencial hídrico foliar é o mais utilizado

Potencial hídrico foliar: O potencial hídrico foliar, como medida do estado energético da água, constitui um indicador extremamente

representativo do estado hídrico da planta. A câmara de pressão (Scholander *et al.*,1965), pela sua facilidade de transporte, simplicidade de montagem e de operacionalidade, é o método mais utilizado para medir o potencial hídrico foliar em condições de campo.

O equipamento para a medição é constituído por uma câmara cilíndrica em aço na qual é inserida a folha, cujo potencial hídrico se pretende conhecer, uma tampa, também em aço, que garante a estanquicidade da câmara, possuindo apenas um orifício central para permitir a passagem do pecíolo para o exterior; uma botija de gás comprimido, normalmente azoto, para ser usado na pressurização da câmara e um manómetro que permite a leitura da pressão no interior da câmara (Fig. 9.5).

A medição é normalmente efetuada numa folha, que é retirada da planta (técnica destrutiva) e colocada na câmara, ficando a extremidade seccionada do pecíolo, que atravessa a tampa através do orifício, visível a partir do exterior. Depois de verificada a estanquicidade através do orifício, que deve estar devidamente ajustado ao pecíolo, inicia-se a pressurização da câmara. No momento em que começa a aparecer uma bolha de seiva xilémica na extremidade do pecíolo, interrompe-se a pressurização e regista-se a pressão no interior da câmara. A pressão observada corresponde ao potencial hídrico foliar (negativo), expresso em MPa. A técnica da câmara de pressão pode ser utilizada para medir o potencial hídrico foliar ao final da noite, antes do nascer-

do-sol, denominando-se potencial de base; medido durante o dia, normalmente próximo do meio-dia solar designando-se neste caso potencial do meio-dia ou potencial mínimo; ou medido igualmente durante o dia, mas numa folha previamente envolvida (1 hora antes da medição) por uma película opaca (saco ou papel de alumínio) para ficar em condições ausência de luz (Fig. 9.5), representando esta medição o potencial hídrico do ramo.

O potencial hídrico do ramo, assim designado pelo facto de durante o período de escuridão a folha entrar em equilíbrio hídrico com o ramo onde está inserida, é referido por vários autores como sendo o potencial que melhor representa o estado hídrico da planta e as diferenças entre regimes hídricos a que possam estar submetidas (Sackel, 2011). Contudo, o seu valor depende igualmente das condições meteorológicas (temperatura, radiação solar de défice de pressão de vapor) aquando da sua medição.

O potencial hídrico foliar é frequentemente utilizado para avaliar o estado hídrico da planta e a sua resposta fisiológica e agronómica, quando submetidas a diferentes regimes hídrico. Este tópico será abordado no subcapítulo seguinte.



Figura 9.5 - Câmara de pressão (esquerda) e folha coberta para posterior medição do potencial hídrico do ramo (direita)

Temperatura da folha: À medida que a radiação solar é absorvida pelas folhas, a sua temperatura aumenta. Para manterem a sua temperatura no ponto ótimo, as folhas procuram dissipar a energia térmica através da transpiração. Com o desenvolvimento de termómetros de infravermelhos precisos e económicos, tornou-se possível medir a temperatura das folhas para avaliar o seu estado hídrico. A utilização da temperatura da canópia para a deteção do stresse hídrico baseia-se no princípio de que, à medida que a disponibilidade da água no solo fica limitada, há uma redução correspondente da transpiração e a temperatura das folhas aumenta. Para uma cultura abastecida de água, a taxa normal de transpiração conduz a que a temperatura das folhas seja inferior à temperatura do ar. Assim, o princípio base do método consiste na medição da diferença entre a temperatura do coberto (TC) e a temperatura do ar (TA). A utilização prática deste método traduz-se no cálculo de um índice

de stresse hídrico que implica a medição da temperatura em plantas em conforto hídrico e em stresse hídrico. É um método que permite avaliar a intensidade do stresse, mas não dá indicação das necessidades de rega da cultura.

Outros métodos: Nos últimos anos têm sido desenvolvidos outros de avaliação do estado hídrico da planta que se encontram em fases diferentes de aplicação prática generalizada. A medição da variação diária do diâmetro do tronco das amendoeiras (Goldhamer e Fereres, 2004; Egea *et al.*, 2009; Puerto *et al.*, 2013), da transpiração através da medição indireta do fluxo da seiva no xilema (Nortes *et al.*, 2008) ou a medição de parâmetros fisiológicos como a condutância estomática (Romero e Botía, 2006), têm sido utilizados em numerosos trabalhos de investigação e desenvolvimento, mas a sua aplicação prática na programação da rega ainda é muito reduzida.

9.5. Resposta da amendoeira ao stresse hídrico

A água armazenada no solo, por via da precipitação que ocorre durante o inverno, é, na maioria dos anos, suficiente para que a primeira fase do desenvolvimento e crescimento da amendoeira (floração, polinização, vingamento e surgimento e crescimento das primeiras folhas) decorra em condições não limitativas de disponibilidade de água. As condições meteorológicas durante este período (temperaturas relativamente baixas, elevada humidade relativa) e os dias mais curtos conduzem também a uma

menor necessidade de água da cultura. Até à máxima expansão foliar, cerca de 4 a 5 semanas após a floração, as necessidades hídricas são geralmente asseguradas pela reserva de água no solo ou, em casos excepcionais, pela aplicação de regas moderadas. Todavia, à medida que a estação avança, o crescimento da amendoeira pode ser severamente afetado pelo déficit de água no solo, resultante do aumento do consumo de água devido à maior procura climática da atmosfera e menor, ou mesmo ausência, de precipitação. Os sintomas do stresse hídrico começam por se manifestar através da diminuição do crescimento dos ramos e ramalhetes, com consequências negativas no próprio ano e principalmente nos anos seguintes (Espaza *et al.*, 2001). Estudos efetuados por Girona *et al.* (2005), em Espanha, sobre o comportamento da amendoeira em diferentes regimes hídricos, mostraram o efeito cumulativo do stresse hídrico no crescimento, com o impacto mais significativo na quebra da produtividade, nos tratamentos em que as amendoeiras estiveram submetidas a um maior stresse hídrico, a verificar-se ao fim o 3º e 4º ano.

O crescimento da amêndoa pode ser dividido em 3 fases (Kester *et al.*, 1996). Durante a primeira fase de desenvolvimento do fruto verifica-se um rápido crescimento do pericarpo, da casca e tegumento (Fig. 9.6). No final desta fase o grão começa a formar-se apresentando uma estrutura mole, esbranquiçada e translúcida. A fase I termina quando as dimensões externas do mesocarpo, endocarpo e semente atingem o seu tamanho definitivo, o que acontece cerca de 2 meses após a floração. Nesta

primeira fase, raramente as amendoeiras estão sujeitas ao stress hídrico. Contudo, quando isso se verifica, os frutos ficam com menores dimensões devido à menor divisão e expansão celular (Goldhamer e Girona, 2012) e ocorre um aumento da queda dos frutos (Doll e Shackel, 2015).

A fase II caracteriza-se pelo endurecimento do endocarpo (casca) e uma expansão do grão com um correspondente aumento do seu peso. Esta fase, que ocorre sensivelmente entre meados de maio início de junho, é a fase mais sensível ao stress hídrico (Girona, 2006).

O período final de crescimento do fruto corresponde a um período (fase III) de acumulação de matéria seca do grão. Neste período, a produtividade é relativamente insensível a um stress hídrico moderado (Romero *et al.*, 2004, Girona *et al.* 2005).

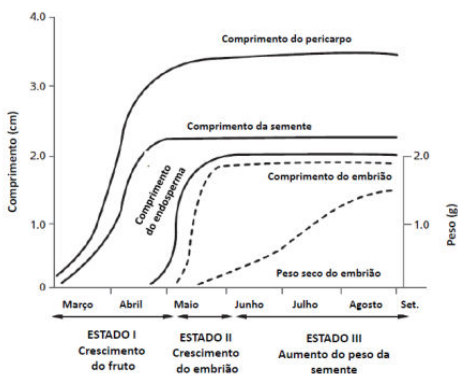


Figura 9.6 - Fases do desenvolvimento da amêndoa e dimensões típicas do comprimento de peso do fruto em casa fase. Adaptado de Goldhamer e Girona, (2012)

Este fato justifica-se pela forte capacidade de mobilização de carboidratos por parte dos frutos relativamente aos restantes órgãos da planta (Romero *et al.*, 2004). Por este motivo, esta fase tem sido considerada como aquela em que é mais adequada a aplicação de regas deficitárias. A aproximação da fase final da maturação caracteriza-se pela deiscência do mesocarpo e a formação de uma zona de abscisão na base do pedúnculo do fruto. A disponibilidade de água no solo influencia ambos os fenómenos (Goldhamer e Girona, 2012). Um excesso de água prolonga a deiscência do mesocarpo atrasando a colheita. Por outro lado, um défice excessivo de água causa um decréscimo no peso do grão e na sua qualidade, ficando mais rugoso e engelhado, e uma maior adesão do mesocarpo à casca dificultando o posterior processamento de descasque. É, por isso, fundamental que a gestão da rega neste período tenha em consideração este equilíbrio. A senescência foliar precoce é um indicador do estado de stresse hídrico da amendoeira (Fig. 9.7). A queda prematura das folhas diminui a área foliar reduzindo a capacidade fotossintética e a consequente produção de carboidratos. As consequências na quebra da produção podem verificar-se nos anos seguintes, pelo efeito cumulativo na redução do crescimento dos ramos e ramalhetes. Estes efeitos verificam-se quando o potencial hídrico do ramo no período julho-setembro é inferior a -2,5 MPa (Goldhamer e Girona, 2012). Os valores do potencial hídrico do ramo, durante esse período, que permitiram uma menor

quebra na produção nos vários estudos efetuados, situaram-se entre os -1,4 e -1,8 MPa (Stewart, 2011).



Figura 9.7 - Senescência foliar precoce como resposta ao stresse hídrico em amendoeirais de sequeiro, durante o mês de junho, em Trás-os-Montes

O stresse hídrico pós-colheita, em anos de outonos secos, influencia a diferenciação dos gomos florais que se verifica no final do outono, com repercussões no vingamento do ano seguinte e consequente quebra de rendimento (Goldhamer e Viveros, 2000, Esparza *et al.*, 2001, Goldhamer *et al.*, 2006). Estes efeitos dependem da variedade cuja diferenciação dos gomos florais pode ocorrer antes ou após da colheita dependendo se é uma variedade de colheita precoce ou tardia, respetivamente (Goldhamer e Girona, 2012).

9.6. Rega deficitária

As metodologias descritas anteriormente para a determinação das necessidades de rega referem-se às necessidades para a

obtenção da produção máxima. Todavia, a escassez de água na maioria das regiões produtoras limita a disponibilidade de água de rega para implementar uma estratégia de programação que satisfaça as necessidades da cultura. Por isso, tem vindo a ser estudadas, desde há vários anos, estratégias de rega que consistem na aplicação de água que satisfaça apenas parte das necessidades hídricas da cultura, ou seja, uma rega deficitária (Feres e Soriano, 2007). A rega deficitária envolve a prática de várias estratégias que diferem no padrão (temporal, espacial, ou uma combinação de ambos) do stresse imposto à cultura (Egea *et al.*, 2011). Definem-se assim as práticas mais comuns de rega deficitária: rega deficitária controlada ou regulada (RDI) que é aplicada em períodos do ciclo vegetativo da cultura em que o défice hídrico não causa quebras significativas na produtividade. Quando é imposta durante todo o ciclo vegetativo, a RDI é designada de rega deficitária sustentada (SDI) (Feres e Soriano, 2007). A rega parcial do sistema radicular (PRD) é uma estratégia alternativa em que deliberadamente se impõe uma heterogeneidade do humedecimento do solo, regando alternadamente apenas parte da zona radicular (Egea *et al.*, 2011). A resposta da amendoeira ao stresse hídrico depende do padrão e da severidade do stresse imposto. Estudos efetuados nos últimos anos, em distintos contextos climáticos, têm mostrado que a amendoeira se adapta bem a estratégias de rega deficitária (Goldhamer e Viveros, 2000; Girona *et al.*, 2005; Goldhamer *et al.*, 2006; Egea *et al.*, 2013). Esta informação tem sido utilizada para

implementar diferentes estratégias de rega deficitária na cultura com o objetivo de reduzir a quantidade de água de rega aplicada, nas situações em que a água disponível é escassa para satisfazer as necessidades ótimas de rega.

Os resultados de ensaios experimentais efetuados na amendoeira mostram que a rega deficitária tem um efeito significativo na diminuição do crescimento do tronco e do volume da copa (Egea *et al.*, 2010). A rega deficitária controlada ou regulada (RDI) quando aplicada após terminar o crescimento do fruto, no período de acumulação de matéria seca do grão ou enchimento do grão (Fase IV, Fig. 9.8), o efeito na quebra de produção é nulo (Romero *et al.*, 2004; Stewart *et al.*, 2011) ou pouco significativo (2 -3% no peso do grão), quando comparados com a rega plena (Goldhamer e Girona, 2012). Como neste período as necessidades hídricas do amendoal são maiores, a redução da água aplicada na rega traduz-se num aumento significativo da produtividade da água (razão entre a produção e a água mobilizada para a cultura).

A implementação de estratégias de rega deficitária deverá ser preferencialmente acompanhada da monitorização do estado hídrico do solo ou da planta.

A monitorização do estado hídrico da planta apresenta-se como uma metodologia expedita que pode ser utilizada para a gestão da rega.

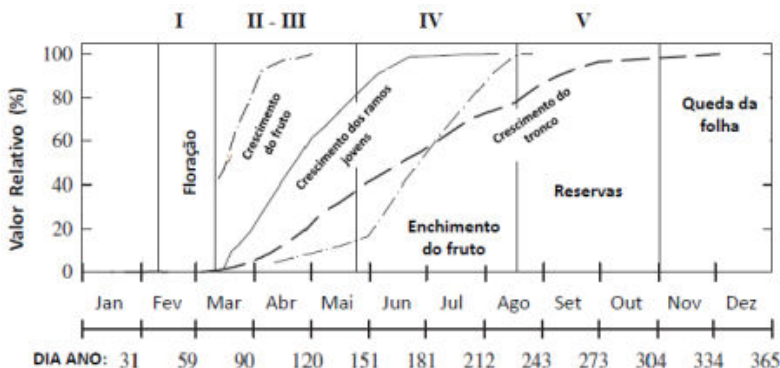


Figura 9.8 - Representação esquemática do crescimento e desenvolvimento da amendoeira. As curvas representam crescimento acumulado em valores relativos dos vários órgãos da amendoeira (cv. Marta) no sul de Espanha. Adaptado de Nortes *et al.* (2009)

Os valores do potencial hídrico do ramo para amendoeiras bem regadas, durante os meses de verão (julho-setembro) podem variar entre -0,5 e -1,0 MPa. Valores entre -1,4 e -1,8 são indicativos de um stresse hídrico moderado e valores inferiores a -2,5 MPa indicam condições de stresse hídrico severo. Em condições de extrema secura os valores de potencial hídrico do ramo podem atingir valores de -4,0 MPa (Castel e Fereres, 1982).

9.7. Método de rega

De entre os métodos de rega que poderão ser instalados no amendoal, a rega localizada ou microrrega, em particular a rega gota-a-gota, é o método que melhor se adapta à cultura e à implementação de diferentes estratégias de rega. As vantagens relacionam-se com o seu potencial para reduzir tanto a procura de

água como os custos que estão associados à rega, nomeadamente os de mão-de obra (Pereira, 2004). Adapta-se a todo o tipo de topografia de terreno e tipos de solo, permite a aplicação de fertilizantes na água de rega (fertirrigação) e a sua aplicação localizada na zona radicular contribui para uma elevada eficiência do uso da água (Dasberg e Or, 1999). Apesar das vantagens, apresenta algumas limitações que importa considerar para que a rega possa ser realizada aproveitando as potencialidades do sistema. Assim, devido à reduzida dimensão dos orifícios (gotejadores), a obstrução por partículas minerais ou orgânicas, por falta de uma adequada filtração da água, ou pela formação de precipitados (óxido de ferro e carbonato de cálcio) por falta de tratamento químico para prevenir ou corrigir estas causas, conduz à redução ou interrupção do caudal com diminuição da uniformidade da rega e prejuízos para a cultura.

Não cabe, neste capítulo, a descrição detalhada dos vários componentes do sistema de rega nem os procedimentos para o seu dimensionamento. É numerosa a bibliografia especializada com informação detalhada sobre este assunto. Todavia, sendo importante para a gestão da rega a determinação dos tempos de rega, em função das características do sistema, para a aplicação de dotações recomendadas por serviços de avisos de rega ou determinadas pelos técnicos ou agricultores, apresenta-se um exemplo de cálculo.

Exemplo 9.3 – Cálculo do tempo de rega diário para aplicação de uma dotação de rega de 5 mm

Dados:
 Compasso de plantação ($L_{\text{linha}} \times L_{\text{entrelinha}}$): 4 x 6 m
 Distância entre os gotejadores na rampa: 1 m
 Número de rampas por linha de plantas: 1
 Caudal médio do gotejadores ($q_{\text{médico}}$): 3,6 L h⁻¹
 Tempo de rega diário para aplicação de uma dotação de rega (D_{rega}) de 5 mm

Área afeta por gotejador: $A_e =$

$$\frac{\text{Distância gotejadores} \times \text{Distância linhas de plantas}}{\text{Nº de rampas de } \frac{\text{gotejadores}}{\text{Linha}} \text{ de plantas}} = \frac{1 \times 6}{1} = 6 \text{ m}^2$$

Número de gotejadores por planta: $n = \frac{L_{\text{linha}} \times L_{\text{entrelinha}}}{A_e} = \frac{4 \times 6}{6} =$
 4 gotejadores/planta

Volume de água por planta: $V = D_{\text{rega}} \times L_{\text{linha}} \times L_{\text{entrelinha}} = 5 \times 4 \times 6 = 120 \text{ L /planta}$

Duração da rega: $T = \frac{V}{n \times q_{\text{médico}}} = \frac{120 \text{ L/planta}}{4 \times 3,6 \text{ L h}^{-1}} = 8,33 \text{ horas} =$
 8 h 20 min

O caudal médio dos gotejadores deve ser calculado a partir da recolha de um volume de água de um conjunto de gotejadores do sector de rega. Devem ser seleccionados para a amostra várias rampas do setor de rega e vários gotejadores por rampa. O coeficiente de uniformidade dos caudais é um indicador da uniformidade de rega na parcela importante para avaliar o desempenho do sistema de rega. A metodologia para a sua determinação, assim como a de outros indicadores relativos ao desempenho do sistema de rega, pode ser consultada em Pereira (2004) e Oliveira (2011).

O sistema de rega deve ser dimensionado considerando as necessidades máximas de rega da cultura e contemplar todos os elementos e automatismos indispensáveis à otimização do seu funcionamento. O tipo de equipamentos a instalar, nomeadamente

os de filtração da água, devem ser adequados às características da água de rega e ao caudal. O sistema de bombagem deve ter em consideração o tipo de energia que será utilizado e a sua potência, assim como os restantes elementos do sistema (caudal dos emissores, número de emissores por planta, número de sectores de rega, etc.) deverão ser dimensionados para período de ponta, ou crítico, no que respeita às necessidades de rega. Quando isso não se verifica, situação que é bastante frequente, o sistema de rega não permite aplicar as dotações correspondentes às necessidades de rega da cultura no período de ponta, ou seja, no período de maiores necessidades de rega.

9.8. Referências Bibliográficas

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. e y Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration*. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and drainage paper 56. Rome, FAO.

Allen R.G.; Wright J.L.; Pruitt W.O. e Pereira L.S. (2007). Water requirements. In: *Design and operation of farm irrigation systems*, St. Joseph, MI, chap 8, 2nd ed. ASAE Monograph.

Castel, J.R. e Fereres, E. (1982). Responses of young almond trees to two drought periods in the field. *Journal of Horticultural Science* 57,175-187.

Dasberg, S. e Or, D. (1999). *Drip irrigation*. Berlin, Springer.

Egea G.; González-Real M.M.; Baille A.; Nortes P.A.; Sánchez-Bel P. e Domingo R. (2009). The effects of contrasted deficit irrigation strategies on the fruit growth and kernel quality of mature almond trees. *Agricultural Water Management* 96, 1605–1614

Egea G.; Nortes P.A.; González-Real M.M.; Baille A. e Domingo R. (2010). Agronomic response and water productivity of almond trees under contrasted deficit irrigation regimes. *Agricultural Water Management* 97, 171–181.

Egea G.; Dodd I.C.; González-Real M.M.; Domingo R. e Baille A. (2011). Partial rootzone drying improves almond tree leaf-level water use efficiency and afternoon water status compared with regulated deficit irrigation. *Funct. Plant Biol.* 38, 372–385.

Egea, G.; Nortes, P.A.; Domingo, R.; Baille, A.; Peres-Pastor, A. e González-Real, M.M. (2013). Almond agronomic response to long-term deficit irrigation applied since orchard establishment. *Irrig. Sci.* 31, 445–454.

Esparza, G.; DeJong, T.M.; Weinbaum, S.A. e Klein, I. (2001). Effects of irrigation deprivation during the harvest period on yield determinants in mature almond trees. *Tree Physiology* 21, 1073–1079.

Fereres, E. e Puech, I. (1981). *Irrigation Scheduling Guide*. Sacramento, CA, California Department of Water Resources.

Fereres, E.; Martinich, D.A.; Aldrich, T.M.; Castel, J.R.; Holzapfel, E. e Schulbach, H.(1982). Drip irrigation saves money in young almond orchards. *California Agriculture* 36,12–13.

Fereres, E e Goldhamer, D.A. (1990). Deciduous fruit and nut trees. In: Stewart, BA. Neilson, DR. (eds). *Irrigation of agricultural crops (Monograph 30)*. Wisconsin, American Soc. Agronomy.

Fereres E. e Soriano A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot.* 58,147–159.

Fereres, E.; Pruitt, W.O.; Beutel, J.A.; Henderson, D.W.; Holzapfel, E.; Shulbach, H. e Uriu, K. (1981). ET and drip irrigation scheduling. p.8-13. In: E. Fereres (ed.), *Drip Irrigation Management*. California, University of California, Div. of Agric. Sci. No 21259.

Girona, J. (2006). La respuesta del cultivo del almendro al riego. *Vida Rural* 234, 12-16.

Girona, J.; Mata, M. e Marsal, J. (2005). Regulated deficit irrigation during the kernel-filling period and optimal irrigation rates in almond. *Agric. Water Management* 75,152-167.

Goldhamer D.A. e Viveros M. (2000) Effects of preharvest irrigation cutoff durations and postharvest water deprivation on almond tree performance. *Irrigation Science* 19, 125–131.

Goldhamer, D.A. e Fereres, E. (2004). Irrigation scheduling of almond trees with trunk diameter sensors. *Irrigation Science* 23, 11-19.

Goldhamer, D.A.; Viveros, M. e Salinas, M. (2006). Regulated deficit irrigation in almonds: effects of variations in applied water and stress timing on yield and yield components. *Irrig. Sci.* 24,101-114.

Goldhamer, D.A. e Girona, J. (2012). Almond In: Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., Raes, D. 2012. *Crop yield response to water. Irrigation and Drainage Paper Nr. 66*, Rome, Italy, FAO.

Kester, D.E.; Martin G.C. e Labavitch J.M. (1996). Growth and development. In *Almond Production Manual*. California, Ed. W.C. Micke. Univ. California, Div. Agric. Nat. Res., Publ. No. 3364.

IPCC (2014). Summary for policymakers. In: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.

Nortes P.A.; Baille A.; Egea G.; González-Real M.M. e Domingo R. (2008). Comparison of almond tree transpiration determined by sap flow measurements and lysimetry, in VII International Workshop on Sap Flow, ed. by Fernández E and Diaz-Espejo A. *Acta Horticulturae (ISHS)* 846, Seville, Spain, pp. 359–366.

Nortes P.A.; González-Real M.M.; Egea G. e Baille A. (2009). Seasonal effects of deficit irrigation on leaf photosynthetic traits of fruiting and non-fruiting shoots in almond trees. *Tree Physiology* 29, 375–388.

Oliveira, I. (2011). *Técnicas de Regadio. Teoria e Prática*. 2ª Edição. Vol. 1 e 2, Beja, Edição de Autor.

Pereira, L.S. (2004). *Necessidades de água e métodos de rega*. Lisboa, Europa-América.

Puerto, P.; Domingo, R.; Torres, R.; Pérez-Pastor, A. e García-Riquelme, M. (2013). Remote management of deficit irrigation in almond trees based on maximum daily trunk shrinkage. Water relations and yield. *Agricultural Water Management* 126, 33-45.

Romero, P. e Botía, P. (2006). Daily and seasonal patterns of leaf water relations and gas exchange of regulated deficit-irrigated almond trees under semiarid conditions. *Environmental and Experimental Botany* 56, 158-173.

Romero, P.; Botía, P. e García, F. (2004). Effects of regulated deficit irrigation under subsurface drip irrigation conditions on vegetative

development and yield of mature almond trees. *Plant and Soil* 260, 169-181.

Sanden, B. (2007). Fall irrigation management in drought year for almonds, pistachios, and citrus. *September Kern Soil and Water Newsletter*, Univ. CA Coop. Ext, Kern County. 8 pp.

Scholander, P.F.; Hammel, H.T.; Bradstreet, E.D. e Hemmingsen, E.A. (1965). Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science*, 148, 339-346.

Shahidian, S.; Serralheiro, R.; Serrano, J. e Teixeira, J.L. (2013). Parametric calibration of the Hargreaves–Samani equation for use at new locations. *Hydrol. Processes*, 27, 605–616.

Steduto, P.; Hsiao, T.C.; Fereres, E. e Raes, D. (2012). *Crop yield response to water. Irrigation and Drainage Paper Nr. 66*. Rome, Italy, FAO.

Stewart, W.; Fulton, A; Krueger, W.H.; Lampinen, B.D. e Shackel, K.A. (2011). Regulated deficit irrigation reduces water use of almonds without affecting yield. *California Agriculture* 65, 90–95.

Doll, D. e Shackel, K. (2015). *Drought Management for California Almonds. Impacts of Stress on Almond Growth and Yield*. Califórnia, ANR Publication 8515, University of California Davis.

Vanderlinden K.; Giráldez J.V. e Meirvenne M. (2004). Assessing Reference Evapotranspiration by the Hargreaves Method in Southern Spain. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 130, 184–191.

Capítulo 10 - Pragas

Sónia A. P. Santos, Albino Bento, José Alberto Pereira

10.1. Introdução

A amendoeira é atacada por vários organismos prejudiciais que, pela sua atividade fitófaga em diferentes partes da planta, podem contribuir para a redução quantitativa e qualitativa da produção de amêndoa. A comunidade de fitófagos inclui artrópodes pertencentes ao grupo dos aracnídeos (por exemplo: ácaros tetraníquídeos) e dos insetos (por exemplo: monosteira e pulgões).

Os artrópodes são caracterizados por possuírem um exosqueleto articulado e de origem quitinosa e apêndices externos tais como as patas (quatro pares nos aracnídeos adultos e três pares nos insetos e ácaros imaturos), as asas e as antenas (Gullan e Cranston, 2010).

Podem ser distinguidos três padrões de desenvolvimentos entre os insetos:

- (i) Insetos que durante toda a sua vida não apresentam mudanças morfológicas significativas e a forma que eclode dos ovos possui forma semelhante à dos adultos - insetos

ametábolos. Este tipo de desenvolvimentos acontece também nos aracnídeos.

- (ii) Insetos que sofrem alterações morfológicas graduais ao longo do seu ciclo de desenvolvimento - insetos hemimetábolos. O ciclo de desenvolvimento passa pelo estado de ovo, ninfa (vários estados de ninfa com mudas entre si e todas elas imaturas) e adulto.
- (iii) Insetos que sofrem alterações morfológicas abruptas de um inseto imaturo sem asas para um inseto adulto com asas durante o estado de pupa - insetos holometábolos. O ciclo de desenvolvimento passa pelo estado de ovo, larva (vários estados larvares e com mudas entre si), pupa e adulto. Só o estado adulto é fértil e dá origem a uma nova geração.

No quadro 10.1 apresenta-se de uma forma sumária, as principais pragas de artrópodes que atacam a amendoeira na região Mediterrânica.

A atividade fitófaga na amendoeira é exercida em geral por artrópodes picadores-sugadores ou por artrópodes mastigadores. Quanto aos primeiros, têm uma armadura bucal modificada em longos estiletos quitinizados e são capazes de perfurar os tecidos vegetais e sugar grandes quantidades de seiva floémica açucarada ou os conteúdos celulares. Em consequência deste tipo de alimentação, estes artrópodes excretam também substâncias ricas em açúcares (meladas) que cobrem as folhas, conferem

aspeto pegajoso e favorecem o crescimento de fungos negros oportunistas que podem levar a uma redução da taxa fotossintética da planta (Santos *et al.*, 2013). São exemplos de artrópodes picadores-sugadores os afídeos e a monosteira.

Quadro 10.1 - Principais espécies de pragas de artrópodes da amendoeira na região Mediterrânica

| Taxa | Família | Espécie | |
|------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sub-classe Acari | Tetranychidae | <i>Bryobia rubrioculus</i> (Scheuten) <i>Panonychus ulmi</i> (Koch) | |
| Ordem Hemiptera | Aphididae | <i>Brachycaudus amygdalinus</i> (Schouteden) <i>Hyalopterus amygdali</i> (E. Blanchard) <i>Pterochloroides persicae</i> (Cholodkovsky) | |
| | | Cicadellidae | <i>Asymmetrasca decedens</i> (Paoli) <i>Fruticidia bisignata</i> (Mulsant & Rey) <i>Zygina flammigera</i> (Fourcroy) |
| | | | Tingidae |
| | Scutelleridae | <i>Solenosthedium bilunatum</i> (Lefèbvre) | |
| | Ordem Lepidoptera | Zygaenidae | <i>Aglaope infausta</i> (L.) |
| Gelechiidae | | <i>Anarsia lineatella</i> Zeller | |
| Lasiocampidae | | <i>Malacosoma neustria</i> (L.) | |
| Ordem Coleoptera | Buprestidae | <i>Capnodis tenebrionis</i> (L.) | |
| | Curculionidae | <i>Anthonomus amygdali</i> Hustache <i>Scolytus amygdali</i> Guerin | |

Por outro lado, os artrópodes mastigadores são capazes de triturar os tecidos vegetais pela ação das mandíbulas originando estragos mais visíveis tais como desfoliações (p.e., carocho-negro - *Capnodis tenebrionis*) ou menos visíveis tais como galerias nas folhas, nos frutos (onde pode ser visível a formação de substâncias gomosas na zona do orifício de entrada) ou nos ramos e troncos (Figura 10.1) (onde se vê a formação de serrim na zona do orifício de entrada, como é o caso da ação de *Zeuzera pyrina*).

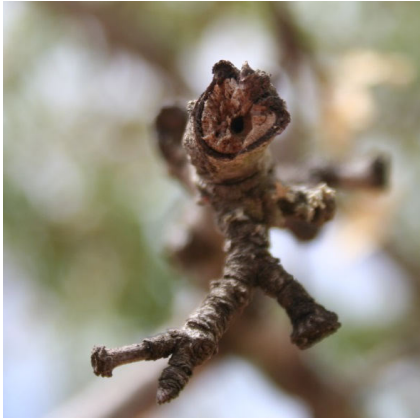


Figura 10.1 - Orifício num tronco de amendoeira originado por larva de inseto

A evolução do número de indivíduos de uma espécie de artrópode que coloniza a planta resulta da interação entre o potencial biótico dessa espécie e a amendoeira, dos fatores bióticos (existência de organismos auxiliares – predadores ou parasitoides – que atuam contra os organismos prejudiciais) e dos fatores abióticos (clima, solo ou aplicação de pesticidas) (Amaro, 2003). Como forma de reduzir os prejuízos causados pelas pragas da amendoeira, o agricultor tem ao seu dispor um conjunto variado de meios de luta que visam proteger a planta. Entre estes insere-se a gestão de pragas em sistemas agrícolas sustentáveis (produção integrada e agricultura biológica), que segue uma hierarquia de prioridades (Amaro, 2003; Torres, 2007):

- (i) Utilização de medidas indiretas de luta – são aplicadas de forma preventiva e apoiam-se na escolha de variedades mais resistentes a pragas, no fomento da biodiversidade, em

especial dos antagonistas naturais das pragas e na adoção de práticas culturais (fertilizações, gestão do coberto vegetal e podas) sem impacto negativo no ecossistema.

- (ii) Avaliação da indispensabilidade da intervenção – nesta fase é necessário efetuar a estimativa do risco, que corresponde a uma avaliação da intensidade do ataque dos inimigos das culturas e da avaliação dos fatores (bióticos e abióticos) que podem influenciar o desenvolvimento das suas populações e dos auxiliares associados. Na avaliação da intensidade do ataque é feita a recolha de amostras que permitem conhecer o tamanho da população do inimigo da cultura. Esta metodologia deve ser rigorosa, mas de execução simples para poder ser posta em prática por técnicos e agricultores. Nesta avaliação, o nível económico de ataque (NEA) é um conceito fundamental, mas nem sempre disponível ou obtido a partir de estudos científicos rigorosos. O NEA é a intensidade de ataque do inimigo da cultura a que se devem aplicar medidas limitativas ou de combate para impedir que a cultura sofra prejuízos superiores ao custo das medidas de luta a adotar tendo em conta os efeitos indesejáveis que estas possam provocar. A mais baixa intensidade de ataque do inimigo da cultura que causa prejuízos de importância económica é denominado de nível prejudicial de ataque e, neste ponto, os prejuízos igualam o custo do tratamento a aplicar no seu combate.

- (iii) Utilização de meios diretos de luta – são aplicados quando se pretende combater a praga e, desta forma, impedir os prejuízos iminentes. Incluem-se, neste caso, a luta biológica que implica a utilização de organismos auxiliares no combate a pragas; a luta biotécnica, que implica a utilização de difusores de feromona sexual em ampla distribuição (método da confusão sexual) e impede os machos de encontrarem as fêmeas, a captura em massa e a aplicação de reguladores de crescimento; ou a luta química onde são utilizados inseticidas naturais ou de síntese, pulverizados sobre a planta e que visam reduzir ou eliminar as populações de inimigos da cultura.

Neste capítulo são descritas as principais espécies de artrópodes que podem atacar a amendoeira causando, em alguns casos, prejuízos significativos. Serão abordados aspetos da biologia da espécie, que estragos ocasiona, como pode ser monitorizada e combatida em campo.

10.2. *Monosteira unicastata* (Mulsant & Rey, 1852) – Monosteira

Monosteira unicastata (Mulsant & Ray, 1852), Hemiptera: Tingidae (Figura 10.2), é uma das pragas mais importantes da amendoeira na região Mediterrânica (Liotta e Maniglia, 1994), tendo recentemente sido confirmada a sua presença na América do Norte (Scudder, 2012). Este inseto pode também atacar outras

espécies de fruteiras, como a pereira, ameixeira, pessegueiro e cerejeira, e espécies florestais, como o choupo, o plátano e a cerejeira brava (Russo *et al.*, 1994; García Marí e Ferragut, 2002).



Figura 10.2 - Adultos de *Monosteira uncostata* (Mulsant & Ray, 1852) em folhas de amendoeira

Biologia

O adulto de monosteira é um pequeno hemíptero de 2,2 a 2,5 mm de comprimento por 0,8 mm de largura, de cor amarelo pardo com raias transversais de coloração mais escura e negra na parte ventral. Os ovos são de cor branca brilhante, de forma elipsoidal, e apresentam tamanho aproximado de 0,7-0,8 mm. Em geral, os adultos hibernam em grupo debaixo da casca da árvore, em ranhuras que esta apresenta, ou em abrigos tais como plantas espontâneas, muros de pedra e pilhas de madeira. Entre finais de abril a meados de maio, saem dos seus abrigos e dirigem-se às folhas jovens das quais se alimentam da seiva dando início às primeiras posturas (Liotta e Maniglia, 1994). As fêmeas depositam os ovos isoladamente ou em grupo, no interior do mesófilo foliar e

junto à nervura principal na sua maioria na página inferior da folha. Após um período variável de incubação (11-14 dias), as ninfas emergem e começam a alimentar-se na página inferior da folha e passam por cinco estados ninfais antes de se tornarem adultos (Liotta e Maniglia, 1994; Russo et al., 1994). As ninfas têm um comportamento sedentário e gregário (Figura 10.3). O número de gerações nas diferentes regiões onde o inseto ocorre varia entre 2 a 4 dependendo sobretudo das condições climáticas que se fazem sentir. Em condições laboratoriais um ciclo completo demora entre 12,1 a 49,3 dias, dependendo da temperatura, enquanto alguns autores referem que no campo esse período de tempo varia entre os 20 e os 57 dias (Sánchez-Ramos et al., 2015). Sánchez-Ramos *et al.* (2015) determinaram que os níveis térmicos inferiores e superiores para o desenvolvimento pré-imaginal são de 14,8 e 39,1°C respetivamente. Em situações de campo, as condições ecológicas são distintas. Nestas condições, as gerações sobrepõem-se de tal forma que todos os estados de desenvolvimento estão presentes em simultâneo durante o verão e por vezes numa mesma folha.



Figura 10.3 - Ninfas de diferentes instares de *Monosteira unicostata* (Mulsant & Ray, 1852)

Em Trás-os-Montes, num estudo conduzido em dois anos seguidos, Pereira *et al.* (2008) verificaram, em amostragens efetuadas em meados de abril, que os adultos já se encontravam ativos na folhagem da amendoeira. Nesta região o máximo de ocorrência de adultos deu-se em finais de julho/inícios de agosto. Também estes autores não conseguiram afirmar um número exato de gerações que este inseto apresentou uma vez que registaram em simultâneo e numa mesma folha indivíduos em diferentes fases de desenvolvimento, desde a fase de ovo até ao adulto. Contudo, registaram três picos de ocorrência de adultos o que poderá indicar que correspondem a três gerações distintas. Também as posturas estiveram presentes durante todo o ciclo vegetativo da amendoeira, com maior incidência nos meses de junho e julho. As ninfas apareceram em número reduzido em maio,

aumentando gradualmente para atingirem o seu máximo no início do mês de agosto.

Sintomatologia e importância dos estragos

Os estragos que *M. unicostata* ocasiona são essencialmente de três tipos (Liotta e Maniglia, 1994; Russo *et al.*, 1994). Os primeiros devem-se à picada do inseto nas folhas, levando ao aparecimento de manchas amarelas, de forma arredondada, ficando as folhas com o aspeto de um mosaico; posteriormente vão ficando esbranquiçadas (Figura 10.4), secam e caem da árvore; quando os ataques são intensos originam desfoliações completas, o fruto aborta ou fica raquítico levando à ocorrência de grandes perdas de produção. O segundo tipo de estragos resulta das excreções do inseto, quer na forma sólida quer na forma de substância açucarada (meladas), que enegrecem a página inferior das folhas e dificultam as trocas gasosas e a fotossíntese. Muitas vezes, as meladas potenciam o desenvolvimento de fumagina (complexo de fungos negros) que agrava ainda mais a situação. O terceiro tipo de estragos resulta da deposição dos ovos no parênquima das folhas, junto à nervura principal, originando feridas que podem ser portas de entrada para bactérias e fungos patogénicos. Os estragos mais importantes causados por *M. unicostata* são provocados pela segunda ou terceira geração uma vez que a abundância de insetos é maior.

Na região de Trás-os-Montes os estragos provocados por este inseto começam a ser visíveis a partir de meados de junho, o que estará relacionado com o aumento dos níveis populacionais da praga, podendo atingir mais de 60% de folhas com sintomas de terem sido atacadas por monosteira (folhas esbranquiçadas e/ou partes necrosadas) entre finais de agosto e meados de setembro (Pereira *et al.*, 2008).

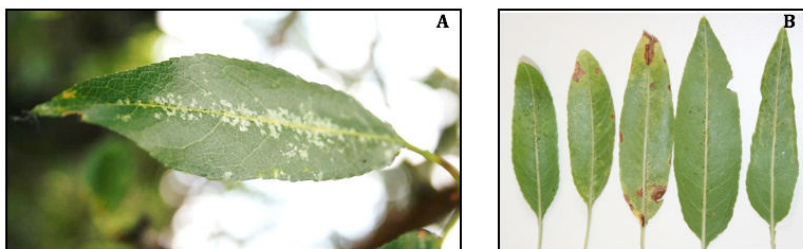


Figura 10.4 - Folhas de amendoeira com sintomatologia de ataque de *Monosteira unicostata* A) página superior, B) página inferior

Fatores de limitação natural

De entre os fatores de limitação natural que afetam o desenvolvimento da praga a temperatura é sem dúvida o fator que tem mais expressão. Assim, em condições laboratoriais, a temperatura afeta significativamente o desenvolvimento pré-imaginal da monosteira, sobretudo nas fases de ovo e primeiro e segundo estados ninfais. Temperaturas extremas de 16 e 39°C causam mortalidades elevadas dos ovos, com valores próximo dos 70%. As ninfas de primeiro e segundo instar não se desenvolvem

a 16°C e apresentam taxas de mortalidade a variar entre os 77 e os 100% (Sánchez-Ramos *et al.*, 2015). De acordo com estes autores a temperatura ideal de desenvolvimento é entre os 34 e 35°C. No que respeita aos fatores de limitação natural, predadores, parasitoides e entomopatogénicos, a informação existente é muito vaga e não específica para esta praga. Contudo, todas as ações que contribuam para a manutenção e aumento dos antagonistas naturais, e que favoreçam a biodiversidade devem ser implementadas. Pelos seus hábitos alimentares, os coccinelídeos, antocorídeos e cecidomídeos podem alimentar-se de estados imaturos da praga, pelo que as populações destes auxiliares deverão ser protegidas.

Monitorização em campo, estimativa do risco e nível económico de ataque

A monitorização dos adultos pode ser feita pela técnica de pancadas através do batimento, de dois ramos por árvore em cada uma de 50 árvores representativas da parcela, sendo o material transportado para laboratório e contado o número de exemplares adultos de monosteira. No entanto, não existe uma relação estabelecida entre o número de adultos recolhidos por esta técnica e um nível de estragos/prejuízos ocasionados pela praga, baseando-se a escassa informação existente na percentagem de folhas ocupadas. Para a sua determinação pode ser seguida a metodologia adaptada de Pereira *et al.* (2008), em que de abril a

setembro, com periodicidade quinzenal, deverão ser recolhidas amostras de folhas, por exemplo 20 folhas desenvolvidas em 50 árvores e observadas individualmente à lupa binocular para contagem do número de posturas, ninfas e adultos e do número de folhas com estragos. Se a percentagem de folhas ocupadas por posturas e ninfas dos primeiros estados de desenvolvimentos for superior a 8-10% o nível económico de ataque é atingido pelo que se deverá intervir no sentido de limitar as populações da praga (Almacellas e Marín, 2011).

Meios de luta

Existem muito poucas possibilidades em termos de meios de luta contra a monosteira uma vez que não são conhecidos meios de luta biológicos ou alternativos capazes de controlar a praga sem recurso à luta química. Em luta química, a deltametrina encontra-se disponível no mercado e pode ser usada contra a monosteira, tendo de haver o cuidado por parte dos aplicadores de não exceder o número máximo de aplicações permitidas deste inseticida por ano para a cultura. Em ensaios conduzidos por Marcotegui *et al.* (2015) a utilização de caulino mostrou reduzir os ataques de *M. unicastata*, contudo, para garantir uma eficácia do caulino ao longo da campanha pode ser necessário efetuar mais do que uma aplicação, dependendo das condições climatéricas, em especial a chuva. Estes autores referem também que uma vez que a monosteira atua sobretudo na página inferior das folhas,

este facto pode ser uma dificuldade acrescida no momento da aplicação de caulino.

10.3. *Anarsia lineatella* Zeller

Anarsia lineatella Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) ataca quer os ramos quer as folhas da amendoeira, atacando prunóideas no geral como o damasqueiro, a ameixeira, a cerejeira e o pessegueiro e encontra-se distribuída por diferentes zonas mediterrânicas (Chaves, 1992; García Marí e Ferragut, 2002).

Biologia

No estado adulto, *A. lineatella* é uma pequena borboleta com aproximadamente 10 a 13 mm de comprimento e asas estreitas, sendo as anteriores cinzentas escuras ou castanhas, com listas longitudinais pretas e uma mancha castanha na região média do lado anterior. As asas posteriores são maiores e cinzentas. Os ovos são alongados, alaranjados e as posturas isoladas na base das folhas (Chaves, 1992). As larvas são castanho-escuras, alternando anéis escuros e claros em torno do abdómen e com cabeça preta. No final do desenvolvimento atingem entre 10 a 14 mm de comprimento. A pupa apresenta cor acastanhada e mede entre 4 e 6 mm de comprimento. A espécie hiberna sob a forma de larva de primeiro e segundo instar, entrando em diapausa debaixo da casca dos ramos de um ou dois anos da própria árvore. Na

Primavera, logo que aparecem as primeiras folhas, a larva retoma a sua atividade alimentando-se dos rebentos, onde penetram formando galerias, normalmente pupam em maio ou junho em lugares protegidos na árvore (Chaves, 1992; García Marí e Ferragut, 2002). Em maio - junho surgem os adultos da primeira geração, que vão fazer as posturas, dando assim início a uma segunda geração. Os adultos desta segunda geração fazem novas posturas das quais vão surgir as larvas da geração hibernante caso sejam só duas gerações (Bárcia, 1981). Em Trás-os-Montes, o pico da curva de voo dos adultos ocorre em meados de junho para a primeira geração e em meados de agostos até princípio de setembro para a segunda geração.

Sintomatologia e importância dos estragos

Os estragos associados a *A. lineatella* são provocados pelas larvas, visto que estas se alimentam de folhas novas, dos ramos tenros e dos frutos (Reil *et al.*, 1981). A primeira geração causa estragos diretos nos rebentos novos, provocando a murchidão dos lançamentos que acabam por secar. As larvas (Figura 10.5) da segunda geração causam estragos no fruto uma vez que se alimentam do endocarpo (Bárcia, 1981; Cañizo *et al.*, 1990). De acordo com os últimos autores, dada a preferência da praga por rebentos novos, o ataque de *A. lineatella* pode ser muito prejudicial em viveiros e plantações novas, pois pode levar a uma má formação da planta e retardar o início da entrada em produção.



Figura 10.5 - Larva de *Anarsia lineatella*

Fatores de limitação natural

A comunidade de inimigos naturais inclui espécies de parasitoides tais como *Apanteles emarginatus* (Nees) (Hymenoptera: Braconidae) e *Elasmus flabellatus* (Fonscolombe) (Hymenoptera: Braconidae) (Sarto *et al.*, 1995). Os predadores generalistas como os coccinélídeos, sirfídeos, crisopídeos, antocorídeos, aranhas e as formigas podem também ter um papel importante na limitação natural da praga pelo que devem ser protegidos.

Monitorização em campo, estimativa do risco e nível económico de ataque

A estimativa de risco deste inseto compreende a observação visual de órgãos atacados, observando 4 rebentos e 4 frutos por árvore em 50 árvores representativas da parcela, sendo que se

considera que se atingiu o nível económico de ataque quando 1 a 5% dos órgãos se encontra atacados (Anónimo, 2012). A deteção dos adultos em campo é feita através da instalação de armadilhas do tipo delta com feromona específica (Figura 10.6) para atrair os machos. A instalação de três armadilhas numa área aproximada de 2 ha permitirá acompanhar a curva de voo e determinar o momento ótimo para o tratamento fitossanitário. García Marí e Ferragut (2002), para o pessegueiro, indicam que o nível económico de ataque se atinge com um nível de capturas semanais de 7 a 10 indivíduos em armadilhas tipo delta.

Os valores apresentados são os indicados na bibliografia para o caso do pessegueiro, podendo servir de referência para a amendoeira. Contudo, é de realçar que os valores do nível económico de ataque deverão ser sempre ponderados tendo em consideração diferentes fatores dos quais a produção estimada é o mais importante.



Figura 10.6 - Armadilhas do tipo delta com feromona específica para captura de *Anarsia lineatella* e *Grapholita molesta*

Meios de luta

Em luta química, o tratamento que usualmente se faz durante o inverno com óleo de verão apresenta alguma ação contra as larvas contribuindo desta forma para a redução das suas populações. Alguns autores recomendam efetuar um tratamento fitossanitário ainda no inverno, no período de pré-floração de forma a atuar contra esta fase larvar, ainda que a sua eficácia seja limitada (García Marí e Ferragut, 2002). Ao longo do ano, pode ser feito tratamento logo após da eclosão dos ovos de cada geração, encontrando-se disponível as substâncias ativas deltametrina e tiaclopride. Em meios de produção sustentáveis pode também recorrer-se ao tratamento com *Bacillus thuringiensis* ou à aplicação do método da confusão sexual contra adultos. A aplicação de caulino pode também ter efeito fagoinibidor e reduzir as populações da praga (Marcotegui *et al.*, 2015). Como complemento pode recorrer-se ao corte e à queima dos rebentos e frutos atacados.

10.4. *Grapholita molesta* (Busck, 1916)

Grapholita molesta (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) é também conhecida como borboleta-oriental. É originária da China, posteriormente passou para a América e mais tarde chegou à Europa, onde tem uma grande importância económica especialmente na região Mediterrânica. Este lepidóptero ataca e vive na amendoeira entre outras espécies de árvores frutíferas,

como a ameixeira, pereira, macieira, nespereira tendo maior incidência no pessegueiro (García Marí e Ferragut, 2002; Nunes *et al.*, 2003).

Biologia

G. molesta passa por quatro estados de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adulto) para completar o ciclo biológico. A forma adulta é uma borboleta com asas anteriores de cor cinza-escura com uma linha curva branca, podendo medir entre 10 a 15 mm de envergadura (García Marí e Ferragut, 2002). Os ovos são muito pequenos, medindo entre 0,7 e 1,0 mm de diâmetro, de forma redonda, ligeiramente convexos e esbranquiçados. As posturas são isoladas e difíceis de observar a olho nu, encontram-se na página inferior de folhas novas, nos rebentos novos perto das axilas e nos frutos (García Marí e Ferragut, 2002). As larvas são pequenas, de cor branca-acinzentada e com cabeça preta, porém, quando completamente desenvolvidas, apresentam uma cor branca-rosada e a cabeça escura, podendo medir entre 7 e 14 mm de comprimento. *G. molesta* entra em diapausa sob a forma larvar num casulo sedoso que a protege. Este pode encontrar-se nas fendas das cascas dos troncos ou ramos, nas axilas dos ramos, em folhas que ficaram na árvore, na base do pedúnculo do fruto, ou em detritos no solo sob a projeção da copa (García Marí e Ferragut, 2002). Na primavera passa a pupa e depois aparecem os adultos, estes só são ativos com temperaturas acima de 16°C

(Grasselly *et al.*, 1997; Hernández *et al.*, 2002), o que acontece mais regularmente a partir de abril. As fêmeas da primeira geração voam ao anoitecer e fazem as posturas nas folhas situadas no extremo dos rebentos novos (García Marí e Ferragut, 2002). Os ovos eclodem ao fim de 7-14 dias e as larvas recém-eclodidas penetram nos ramos tenros e na zona de entrada aparecem umas gotas de seiva cristalizada que nos indica o local de entrada da lagarta (Cañizo *et al.*, 1990). O desenvolvimento larvar demora 20-25 dias e as larvas abrem galerias descendentes de vários centímetros de comprimento nos ramos. A larva, quando completamente desenvolvida, abandona a galeria e refugia-se na terra, nos ramos ou no tronco para pupar. Em finais de maio emergem os adultos da segunda geração, que atacam ramos e frutos, e a partir desta geração sucedem-se outras de forma ininterrupta.

G. molesta apresenta até cinco gerações anuais e o pico populacional dos adultos ocorre normalmente em meados de maio, meados de julho e finais de agosto.

Sintomatologia e Importância dos estragos

Os estragos na amendoeira são causados pelos ataques das larvas da primeira e segunda geração aos rebentos novos, que os destroem e secam (García Marí e Ferragut, 2002). Em plantas de viveiros e plantações novas pode ser muito prejudicial, uma vez

que pode levar à má formação e crescimento deficiente. A primeira geração causa estragos nos rebentos novos, uma vez que se alimenta dos primórdios foliares e depois penetram na medula, abrem galerias longitudinais descendentes de vários centímetros, podendo uma só larva destruir vários rebentos. Mais tarde surge outra geração que além dos rebentos novos pode atacar também os pequenos frutos. Outras gerações se seguem e normalmente estas atacam mais os frutos, causando não só queda prematura mas também o fraco desenvolvimento e depreciação dos mesmos. O ponto de entrada das larvas favorece o crescimento do fungo *Monilia laxa* que contribui para o apodrecimento do fruto.

Fatores de Limitação natural

Entre os principais inimigos naturais de *G. molesta* destacam-se parasitoides do género *Ascogaster*, que atacam as larvas, e do género *Trichogramma*, que atacam os ovos. Também bactérias da espécie *Bacillus thuringiensis* e fungos da espécie *Beauveria bassiana* têm sido isolados a partir de larvas de *G. molesta*.

Monitorização em campo, estimativa do risco e nível económico de ataque

A forma mais eficaz de detetar este inseto em campo é através da instalação de armadilhas do tipo delta com feromona específica (Figura 10.6, Figura 10.7), que atrairá os machos. A instalação de

três armadilhas numa área aproximada de 2 ha permitirá acompanhar a curva de voo, fazer estudos de densidade populacional, mapear as zonas de ocorrência da espécie, determinar os padrões de dispersão, recomendar a aplicação atempada de tratamentos fitossanitários e quantificar a eficácia desses tratamentos (Sexton e Il'ichev, 2000).



Figura 10.7 - Pormenor de captura de adulto de *Grapholita molesta* em armadilhas tipo delta

Meios de luta

A aplicação de inseticidas, deltametrina e tiaclopride, deve ser feita contra as larvas recém-eclodidas e antes que estas entrem nos frutos. O limiar para efetuar o tratamento é a captura de 10 a 15 indivíduos adultos/armadilha/semana e 3% dos rebentos atacados e deve ser feito 2 a 4 dias após ter sido contabilizado este número em campo.

Em alternativa, a técnica de confusão sexual demonstrou-se muito eficaz na captura dos machos desta espécie. Implica colocar um

número elevado de difusores por área de amendoal; estes libertam feromona e alteram o comportamento dos machos, que não conseguem localizar as fêmeas e reduz-se, assim, o número de acasalamentos (Nuñez e Scatoni, 2009). A aplicação de *Bacillus thuringiensis* pode ser uma solução em amendoais em modo de produção biológico.

10.5. *Capnodis tenebrionis* (L.) – Carochão-negro (adultos) ou cabeça-de-prego (larvas)

Capnodis tenebrionis (L.) (Coleoptera: Buprestidae) é uma praga importante das prunóideas (damasqueiros, pessegueiros, ameixeiras, cerejeiras, amendoeiras).

Biologia

O ciclo de vida de *C. tenebrionis* demora em média dois anos (García Marí e Ferragut, 2002). No início da primavera, os adultos fazem as posturas junto ao colo da árvore ou na superfície do solo. Dos ovos, que são de cor esbranquiçada, emerge uma larva ápada, com mandíbulas negras e cabeça achatada, que se desloca no solo até penetrar nas raízes, onde se alimenta. A larva passa por quatro estados de desenvolvimento que se prolongam durante dois anos e atingem o desenvolvimento máximo de junho a agosto ao qual se segue o estado de pupa (Sequeira, 2009). Durante o verão, de agosto a setembro, emergem adultos, que se

alimentam e hibernam durante o inverno e, na primavera seguinte entram em atividade, acasalam e fazem novas posturas desde meados de março a meados de abril. Os adultos são de cor negra e cinzenta, a extremidade abdominal é pontiaguda, a cabeça é larga e medem entre 15 a 27 mm, sendo as fêmeas maiores do que os machos (Sequeira, 2009).

Sintomatologia e importância dos estragos

Quer os adultos quer as larvas deste inseto podem causar estragos de grande importância. Nos adultos, os estragos resultam da sua alimentação. Na primavera e verão, os adultos dirigem-se para a copa das árvores onde consomem pecíolos das folhas e gomos tenros e originam desfoliações (García Marí e Ferragut, 2002). Contudo, são as larvas que produzem estragos com maior importância. Os estragos que ocasionam resultam do facto de se alojarem em fissuras das raízes onde se alimentam durante todo o ano e perfuram a madeira em direção ao colo, formando galerias com serrim, que em ataques intensos podem originar a morte da árvore (García Marí e Ferragut, 2002; Sequeira, 2009). As árvores atacadas por este inseto ficam mais suscetíveis ao ataque de outras pragas como sejam os escolitídeos, contribuindo desta forma para o declínio do pomar (García Marí e Ferragut, 2002).

Fatores de limitação natural

Os inimigos naturais são raros embora se possam destacar as formigas, que podem contribuir para a redução de indivíduos pois recolhem ovos e larvas recém-eclodidas e as aves tais como os gaios ou os corvos, que consomem adultos, contribuindo desta forma para um decréscimo das populações (Mendel, 2015). As condições e as práticas culturais que ocorrem na plantação podem criar condições mais ou menos favoráveis para o desenvolvimento das populações desta praga (García Marí e Ferragut, 2002).

Monitorização em campo, estimativa do risco e nível económico de ataque

Os adultos podem ser monitorizados através da observação visual da sua presença na copa da árvore ou através da realização de uma técnica de pancadas. A presença de larvas ou ninfas pode ser observada através da colheita e crivagem de amostras de solo.

Meios de luta

As árvores muito atacadas devem ser arrancadas e queimadas no verão tendo o cuidado de recolher e queimar as raízes principais e parte inferior do tronco das plantas (García Marí e Ferragut, 2002). Estes autores recomendam também a colocação de um plástico à volta do colo da árvore que não permite a postura junto

ao tronco e evita que as posturas ao eclodirem alcancem as raízes. É recomendado também a rega, uma vez que revigora as plantas e evita as posturas.

A utilização de nematodes entomopatogénicos do género *Steinernema* pode ser uma forma de luta contra *C. tenebrionis*. Os juvenis deste nematode infetam as larvas de *C. tenebrionis*, multiplicam-se no seu interior e acabam por causar a sua morte.

Quanto à luta química, a aplicação de inseticidas (p.e., clorpirifos 75-100 g de substância ativa/ha) sobre o tronco deve ser efetuada em meados da primavera sobre os adultos hibernantes ou no outono, antes dos adultos hibernarem. A aplicação de inseticidas deve ser feita após a monitorização dos adultos. A luta sobre as larvas deve ser feita através da aplicação de inseticida dirigida ao solo, à volta do tronco da árvore (num raio de 1,0-1,5 m).

10.6. Ácaros tetraniquídeos

Na amendoeira são conhecidas sobretudo duas espécies de ácaros tetraniquídeos (Arachnida: Tetranychidae), *Tetranychus urticae* Koch, o aranhaço-amarelo, e *Panonychus ulmi* (Koch), o aranhaço-vermelho, que causam estragos devido ao seu elevado potencial biótico que gera elevadas populações em curtos períodos. Estas espécies têm uma distribuição mundial e em particular em zonas quentes e secas (Helle e Sabelis, 1985).

Biologia

Aranhinho-amarelo: As fêmeas hibernam em reentrâncias da casca do tronco, na folhada do solo ou em plantas espontâneas que permaneçam no amendoal durante o inverno. Nesta fase, deixam de se alimentar e de fazer posturas de ovos. A hibernação é estimulada pelo fotoperíodo mais curto, temperaturas baixas e menor quantidade de alimento. Os machos não hibernam e são mais pequenos do que as fêmeas. Na primavera, as fêmeas reiniciam a postura dos ovos, que é feita nas folhas. Os juvenis fazem três mudas e concentram-se nas zonas mais centrais da árvore. O ciclo reprodutivo é rápido durante o tempo quente (entre junho e setembro em que as temperaturas rondam os 30-32°C), ou seja, pode ocorrer em 8-12 dias e numa estação ocorrem 8 a 10 gerações. Cada fêmea põe em média 90-100 ovos (com cerca de 0,13 mm de diâmetro, globulares e translúcidos) durante um período de 30 dias e portanto o número de ácaros pode aumentar muito rapidamente durante o verão. Dos ovos eclode uma larva, verde-pálida e com seis patas, e daí desenvolve-se uma ninfa, verde-pálida e com manchas negras e oito patas. A fêmea adulta mede 0,6 mm de comprimento, é de cor verde-pálida e amarela-esverdeada com duas manchas negras e pelos longos na parte dorsal do corpo. As fêmeas hibernantes são vermelhas-alaranjadas (UC IPM Pest Management Guidelines, 2016).

Aranhinho-vermelho: esta espécie hiberna no estado de ovo na base dos gomos, fendas ou feridas na casca do tronco. Os ovos

são vermelhos com um pedúnculo fino no centro e os ácaros recém-eclodidos são verdes, mas à medida que se alimentam, tornam-se vermelhos. Têm manchas brancas na base dos longos pelos situados na parte dorsal do abdômen. Esta espécie tem 5 a 10 gerações por ano.

Sintomatologia e importância dos estragos

Em resultado da alimentação dos ácaros nas folhas de amendoeira, estes provocam um esvaziamento celular com conseqüente redução da atividade fotossintética e enfraquecimento geral das plantas. Nas folhas os sintomas surgem na forma de manchas amarelas-pálidas, esbranquiçadas e prateadas. À medida que a infestação se torna mais severa, as folhas ficam acastanhadas e mais frágeis e podem cair prematuramente. Em particular, uma das evidências da ocorrência de aranhão-amarelo na planta é também a cobertura de algumas estruturas vegetais, tais como por exemplo, folhas, com uma teia (Khan *et al.*, 2009). Um ataque severo em plantas jovens pode causar-lhes a morte, e em plantas adultas ocorre uma perda de vigor e quebras quantitativas e qualitativas de produção, afetando ainda a floração do ano seguinte.

Fatores de limitação natural

Os ácaros têm, em cada região, um complexo de predadores que pode contribuir para a redução das suas populações. Os mais eficazes são ácaros predadores da família Phytoseiidae, como como por exemplo da espécie *Phytoseiulus persimilis* Evans, embora seja necessário fazer largadas em campo para um combate mais eficaz uma vez que a espécie tem um intervalo de atuação muito limitado (Górski e Eajfer, 2003). Também joaninhas das espécies *Stethorus punctillum* (Weise) e *Coccinella septempunctata* L. são importantes predadores de ácaros (Górski e Eajfer, 2003; Silvi e Singh, 2014). Outros grupos tais como antocorídeos (*Orius* spp.), larvas de crisopídeos, trips, estafilínídeos e larvas de cecidomídeos compõem a comunidade de inimigos naturais que podem atuar contra os ácaros.

As condições em que as plantas se desenvolvem podem afetar as populações de tetraniquídeos, nomeadamente a temperatura e humidade que se faz sentir no pomar. É também conhecido o efeito estimulante para estas pragas de algumas práticas culturais como sejam por exemplo as adubações azotadas em excesso e a aplicação de pesticidas com elevada toxicidade para a fauna auxiliar. De uma maneira geral devem criar-se condições para que os inimigos naturais tenham condições para se desenvolver contribuindo assim para uma limitação natural de tetraniquídeos.

Monitorização em campo, estimativa do risco e nível económico de ataque

Aranhiço-amarelo: a monitorização das populações de aranhico-amarelo deve ser efetuada semanalmente entre junho a finais de agosto. Em finais de agosto, os ácaros começam a migrar para fora das zonas da copa e a dar início à hibernação. Se for um período de carência de água, as observações devem ser mais frequentes uma vez que a árvore fica mais suscetível aos ácaros.

Aranhiço-vermelho: Deve-se fazer a monitorização dos amendoais uma vez por semana ao longo do período de produção começando quando ocorre o intumescimento dos gomos.

Para fazer a estimativa de risco, em cada amendoal, selecionar 50 árvores e colher 2 folhas aleatoriamente em cada uma. Examinar ambas as páginas das folhas à lupa e procurar adultos e ovos. O nível económico de ataque atinge-se quando 50-60% das folhas estão ocupadas por aranhicos.

Meios de luta

Reduzir o stress hídrico, uma vez que esta condição torna as árvores mais suscetíveis aos ácaros, controlar as fertilizações, em especial as azotadas, e criar condições para o desenvolvimento dos inimigos naturais.

A luta química é feita através da aplicação de acaricidas, que deve ser feita após a monitorização dos adultos.

10.7. Afídeos

A amendoeira pode ser atacada sobretudo por três espécies de afídeos (Hemiptera: Aphididae): *Myzus persicae* Sulzer, *Brachycaudus amygdalinus* (Shouteden) e *Brachycaudus helichrysi* Kalt.

Biologia

Numa população de afídeos podem-se encontrar adultos ápteros (sem asas) e alados (com asas). Em *M. persicae*, a forma áptera é de cor geralmente verde e tem antenas mais pequenas do que o corpo, mede entre 1,7 a 2,0 mm de comprimento; a forma alada tem cabeça e tórax acastanhados a negro e o abdómen tem uma grande placa dorsal, mede entre 1,8 a 2,1 mm.

Em *B. amygdalinus*, a forma áptera é de cor verde pardo, o tórax tem bandas negras e os sifões são curtos; a forma alada tem cabeça e tórax negros, o abdómen é verde e, na parte central, amarelo

Em *B. helichrysi* a forma áptera é de cor verde e tem sifões curtos; a forma alada tem a cabeça e o tórax negro e o abdómen negro.

Todas as espécies hibernam na fase de ovo, nas rugosidades da casca. A eclosão dá-se no início da Primavera e as ninfas dão origem aos adultos. A partir de abril desenvolvem-se as várias gerações que os afídeos apresentam normalmente. No final do período de crescimento, em geral, dá-se a migração ou redução da atividade dos afídeos.

Sintomatologia e Importância dos estragos

Os afídeos atacam os lançamentos mais jovens e as folhas, de que resulta o enrolamento e deformações, com entrenós muito curtos (Figura 10.8). Um ataque forte pode dar lugar a redução da produção. O ataque pode ser ainda mais pernicioso pois os afídeos podem atuar como vetores de vírus que potenciam os estragos causados pelos afídeos.

Fatores de limitação natural

Há vários grupos de inimigos naturais dos afídeos, nomeadamente joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae), moscas-das-flores ou sirfídeos (Diptera: Syrphidae), crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae), parasitoides (Hymenoptera: Braconidae), e fungos entomopatogénicos (van Emden *et al.*, 1969). Muitos são predadores generalistas, consumindo afídeos e outros insetos, mas faltam dados quantitativos sobre a influência dos inimigos naturais nos afídeos. Também as práticas culturais podem

desempenhar um papel importante. Práticas que favoreçam crescimentos em excesso de uma forma geral, promovem os ataques de afídios.



Figura 10.8 - Sintomatologia caraterística de ataque de afídios

Monitorização em campo, estimativa do risco e nível económico de ataque

Deve fazer-se a observação visual de 100 raminhos, à razão de dois por árvore em 50 árvores consideradas representativas da parcela e avaliar a percentagem da taxa de ocupação. Realizar tratamento quando cerca de 20% dos raminhos estão infestados.

Meios de luta

A luta química é feita através da aplicação de inseticidas, que deve ser feita após a monitorização dos adultos.

10.8. *Zeuzera pyrina* L. – Zeuzera

Zeuzera pyrina (Lepidoptera: Cossidae) é também conhecida por broca da madeira e praga leopardo (García Marí e Ferragut, 2002). *Z. pyrina* é uma das pragas mais temidas, pois as larvas causam estragos em várias árvores de fruto (macieira, pereira, aveleira, amendoeira, oliveira e castanheiro). *Z. pyrina* aparece esporadicamente, estando espalhada por toda a Europa e foi introduzida na América do Norte.

Biologia

As larvas de *Z. pyrina* alimentam-se dos ramos primários ou secundários da árvore, e as galerias escavadas na madeira apresentam uma secção circular (García Marí e Ferragut, 2002; Grasselly e Duval, 1997).

Z. pyrina apresenta dimorfismo sexual acentuado, nomeadamente nas antenas, que são do tipo filiforme nas fêmeas e bipectinadas nos machos, estes são ligeiramente mais pequenos medindo cerca de 4 cm de comprimento e as fêmeas 6 cm. A cor do corpo dos adultos é comum nos dois sexos, tendo as asas brancas e tórax branco amarelado com pontuações azuis metálicas, tanto no

tórax como nas asas (Cañizo *et al.*, 1990; García Marí e Ferragut, 2002).

Trata-se de um inseto com hábitos noturnos, pode completar o ciclo biológico no período de um ou dois anos, passando pelos diferentes estádios de ovo, larva, pupa e adulto, com uma geração anual nas zonas mais quentes e, nas zonas mais frias, uma geração de dois em dois anos (Cañizo *et al.*, 1990; García Marí e Ferragut, 2002). A postura dos ovos ocorre no verão, é feita de forma agrupada, em número variável e em locais protegidos, tais como fissuras, galerias antigas e feridas das árvores. Os ovos apresentam uma cor amarela a rosa salmão. Passado o período de incubação, que demora uma a três semanas, dependendo das temperaturas, ocorre a eclosão dos ovos. As larvas neonatas dirigem-se para as partes altas da planta, entrando nos lançamentos perto das axilas das folhas e outros órgãos jovens como os ramos novos, sendo as galerias formadas no sentido ascendente. A larva, depois de uma certa dimensão (6 cm), migra para ramos mais grossos de forma a completar o ciclo. Nesta fase, apresentam uma cor amarela com pontuações negras. Esta espécie passa o inverno sob a forma de larva e na primavera reinicia a sua atividade, escavando de forma ascendente uma galeria. Ao alcançar o completo desenvolvimento, a larva inverte o sentido de perfuração e antes de pupar, limpa a galeria, expulsando a serradura e os excrementos. Normalmente este inseto pupa perto do orifício de saída, onde a exúvia pode ficar

retida quando o adulto eclode. Dependendo das condições climáticas nem todas as larvas finalizam o seu desenvolvimento na primavera seguinte, havendo uma outra percentagem que só passa a adulto no ano seguinte (García Marí e Ferragut, 2002).

Sintomatologia e Importância dos estragos

Os estragos causados por *Z. pyrina* podem ser observados na parte terminal das plantas atacadas, nos lançamentos novos, uma vez que estes secam a partir do ponto de penetração, sendo ainda visível no local a acumulação de serrim e excrementos. Desta forma, *Z. pyrina* pode conduzir à debilidade da árvore, o que no caso de pomares novos pode obrigar a uma reformulação do sistema de condução. Em casos extremos provoca a morte da árvore (García Marí e Ferragut, 2002; Cañizo *et al.*, 1990).

Fatores de limitação natural

As larvas podem ser infetadas pela bactéria *B. thuringiensis* ou pelo fungo *B. bassiana*.

Monitorização em campo, estimativa do risco e nível económico de ataque

Instalação de 3 armadilhas tipo funil com feromona específica (Figura 10.10) em cerca de 2 ha de amendoal.

Meios de luta

Podem eliminar-se algumas larvas através da introdução de um arame através das galerias existentes nos troncos e até se atingirem as larvas. A luta química é feita através da aplicação de inseticidas e deve incidir nas árvores afetadas.



Figura 10.9 - Armadilha tipo funil com feromona específica utilizada na captura de *Zeuzera pyrina* e *Cossus cossus*

10.9. *Cossus cossus* L

Cossus cossus (Lepidoptera: Cossidae), broca-do-tronco ou broca-vermelha, é uma praga que pode ter alguma importância em prunoideas, choupo e algumas variedades de pereira (Mari *et al.*, 1994; Planes *et al.*, 1995; Cañizo *et al.*, 1990).

Biologia

As larvas de *C. cossus* atacam sobretudo os troncos (García Marí e Ferragut, 2002; Grasselly e Duval, 1997). As galerias escavadas

na madeira pelas larvas apresentam uma secção elíptica. Os adultos têm cor cinzenta, com muitos pelos, podem medir 8 cm de comprimento, sendo o tamanho semelhante ao das larvas do último instar. O ciclo de vida de *C. cossus* é muito parecido ao de *Z. pyrina* (García Marí e Ferragut, 2002). *C. cossus* aparece na primavera/verão e necessita de um ou dois anos para completar o seu ciclo, estando dependente das condições climáticas (García Marí e Ferragut, 2002; Cañizo *et al.*, 1990). Os adultos realizam voos noturnos durante todo o Verão. A fêmea deposita os ovos (amarelos escuros com riscas pretas) agrupados nas fendas dos troncos, de preferência nas partes baixas das árvores (García Marí e Ferragut, 2002). Após 10 - 15 dias eclodem as larvas que, enquanto jovens, têm tendência a viver em grupo nas galerias construídas no tronco da árvore afetada (Planes *et al.*, 1995). As larvas jovens são de cor rosada tornando-se mais escuras à medida que vão envelhecendo. O ventre é ligeiramente amarelado e a cabeça é preta apresentando fortes mandíbulas (Cañizo *et al.*, 1990). Depois de passar o Inverno as larvas dispersam-se aprofundando as galerias iniciais, estas segregam uma substância aromática com a qual amolecem o lenho tornando mais fácil a escavação, que juntamente com o pó da madeira se transforma numa massa avermelhada. A sua presença pode ser detetada pelos orifícios grossos junto à base dos ramos ou do colo do tronco. No fim do seu desenvolvimento, as larvas podem medir até 10 cm de comprimento, constroem um casulo e pupam (aproximadamente um mês) na primavera do ano seguinte ou daí

a mais um ano, aparecendo os adultos novamente no verão (García Marí e Ferragut, 2002; Cañizo *et al.*, 1990).

Sintomatologia e importância dos estragos

Ao fazerem galerias no interior dos ramos, vão fazer com que as árvores atacadas por *C. cossus* mostrem uma depreciação vegetativa progressiva (Cañizo *et al.*, 1990), podendo levar ao ataque de outras pragas como escolítideos. Uma vez que as galerias que originam são de sentido retilíneo e ascendente, na base das galerias podem observar-se excrementos e serrim originados pela ação deste inseto (García Marí e Ferragut, 2002). Os estragos são muito mais importantes em plantações jovens podendo levar à morte da planta.

Monitorização em campo, estimativa do risco e nível económico de ataque

Instalação de 3 armadilhas tipo funil com feromona específica (Figura 10.10) em cerca de 2 ha de amendoal.

Meios de luta

As plantas que se encontram em boas condições vegetativas de uma maneira geral são menos atacadas ou resistem melhor ao ataque da praga. A luta química é feita através da aplicação de inseticidas.

10.10. Referências Bibliográficas

Almacellas, J. e Marín, J.P. (2011). Control de plagas y enfermedades en el cultivo del almendro. *Vida Rural*, 1/Septiembre/2011, 68-74.

Amaro, P. (2003). *A Protecção Integrada*. Lisboa, ISA/Press.

Anónimo (2012). *Anársia – Anarsia lineatella*, Zeller. Ficha Técnica N°2/EACB/2012. Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro, Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território.

Bárcia, M. (1981). *Principais Pragas do Pessegueiro*. Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Sector de Patologia e Sanidade Vegetal.

Cañizo, J. A.; Moreno e R., Garijo, C. (1990). *Guia Pratica de Plagas*. Madrid, Ediciones del Mundi-Prensa.

Chaves, J. A. S. (1992). *Inimigos das culturas*. Lisboa, 2ª Edição. Ministério da Agricultura.

García Marí, F., Ferragut, F., 2002. *Plagas Agrícolas*, 3ª Edición. Espanha, M.V. Phytoma-España S.L.

Górski, R. e Eajfer, B. (2003). Control of red spider mite on indoor crops using the ladybird *Stethorus punctillum*. *Ochrona Roslin*, 47:10-11.

Grasselly, C. e Duval, H. (1997). *L'amandier*. Paris, CTIFL.

Gullan, P.J. e Cranston, P.S. (2010). *The Insects – an Outline of Entomology*. 4ª Edição. Chichester, Willey-Blackwell.

Helle, W. e Sabelis, M.W. (1985). *Spider mites: their biology, natural enemies and control*, vol. 1B, pp. 211- 245. Amsterdam, Elsevier Science Publishers.

Hernández, D.M.S. e Moreno, M.P. (2002). *El Cultivo del Almendro*. Madrid, Ed. Mundi-Prensa.

Khan, I.; Khalil, S.K.; Fazal-i-Wahid; Khattak, S.U.K. e Saeed, A. (2009). Efficacy of miticides against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, infesting three almond varieties. *Pakistan Journal of Zoology*. 41, 445 - 453.

Liotta, G. e Maniglia, G. (1994). Variations in infestations of the almond tree in Sicily in the last fifty years. *Acta Horticulturae* 373, 277 - 285.

Marcotegui, A.; Sánchez-Ramos, I.; Pascual, S.; Fernández, C.; Cobos, G.; Armendáriz, I.; Cobo, A. e González-Núñez, M. (2015). Kaolin and potassium soap with thyme essential oil to control *Monosteira unicostata* and other phytophagous arthropods of almond trees in organic orchards. *Journal of Pest Science*, 88, 753-765.

Mendel (2015) -
http://www.agri.huji.ac.il/mepests/pest/Capnodis_tenebrionis/
(consultado em 01/02/2017)

Nunes, J.L.S.; Farias, R.M.; Guerra D.S.; Grasselli, V. e Marodini, G.A.B. (2003). Flutuação populacional e controle da mariposa oriental (*Grapholita molesta* Busck, 1916) em produção convencional e integrada de pessegueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 25, 227 - 228.

Núñez, S. e Scatoni, I. (2009). *Manual de manejo de plagas y enfermedades en frutales de carozo (avances)*. Canelones, Uruguay, INIA Las Brujas.

Planes, S. e Carrero, J.M. (1995). *Plagas del Campo*. Barcelona, 12ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa.

Pereira, J.A.; Pereira, S.; Armendáriz, I. e Bento, A. (2008). *Ciclo biológico e estragos associados a monosteira, Monosteira unicostata (Mulsant & Rey, 1852), em amendoeira, no Planalto Mirandês*. Actas do I Encontro Nacional de Produção Integrada / VIII Encontro Nacional de Proteção Integrada. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, 20 e 21 Novembro de 2008, 225-231p.

Reil, W.O.; Johnson, T.W.; Profita, J.C.; Davis, C.S.; Hendricks, L.C. e Rough, D. (1981). Monitoring peach twig borer in almonds with sex pheromone traps. *California Agriculture*. 35, 19 - 21.

Russo, A.; Siacaro, G. e Spampinato, R.G. (1994). Almond pests in Sicily. *Acta Horticulturae*. 373, 309 - 315.

Sánchez-Ramos, I.; Pascual, S.; Fernández, C.; Marcotechi, A. e González-Núñez, M. (2015). Effect of temperatura on the survival and development of the immature stages of *Monosteira unicostata*

(Hemiptera: Tingidae). *European Journal of Entomology*, 112, 664-675.

Santos, S.A.P.; Santos, C.; Silva, S.; Pinto, G.; Torres, L.M. e Nogueira, A.J.A. (2013). The effect of sooty mold on fluorescence and gas exchange properties of olive tree. *Turkish Journal of Biology*. 37, 620-628.

Sarto, V.; Torá, R.; Sastre, C. e Baltilori, L. (1995) *L'Anarsia del presseguer Anarsia lineatella Zell. Departament d' Agricultura, Ramaderia i Pesca*. Manresa, Direcció General de Producció i Indústries Agroalimentàries.

Scudder, G.G.E. (2012). *Monosteira unicastata* (Mulsant & Rey) (Hemiptera: Tingidae) Established in North America, with a Key to the Genera of Tingidae in Canada. *Entomologica Americana*. 118, 295-297.

Sequeira, M. (2009). *Carocho negro (Capnodis tenebrionis L.) Contributo para o combate do carocho negro nos cerejais da Beira interior*. Castelo Branco, Direção Geral da Agricultura e Pescas do Centro. Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas.

Sexton, S.B. e Il'ichev, A.L. (2000). Pheromone mating disruption with reference to oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck). (Lepidoptera: Tortricidae) literature review. *General and Applied Entomology*. 29, 63-68.

Sirvi, S.L. e Singh, R.N. (2014). Biology and predation potential of *Coccinella septempunctata* L. against *Tetranychus urticae* (Koch). *Indian Journal of Entomology*. 76, 25-28.

Torres, L.M. (2007). Manual de Protecção Integrada do Olival. Viseu, João Azevedo Editor.

UC IPM Pest Management Guidelines: Almond, 2016 - <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r3400211.html> (consultado a 03/02/2017).

van Emden, H.F.; Eastop, V.F.; Hughes, R.D. e Way, M.J. (1969). The ecology of *Myzus persicae*. *Annual Review of Entomology*. 14: 197-270.

Capítulo 11 – Doenças

Maria Eugénia Gouveia, Valentim Coelho, Luísa Moura

11.1. Introdução

A cultura da amendoeira tem grande tradição em Portugal, em particular nas regiões com verões quentes e secos onde a espécie encontra as melhores condições ecológicas, integrando a paisagem natural e cultural (Figura 11.1). O renovado interesse pela cultura da amendoeira com a utilização de novas variedades e maior intensificação cultural exige um conhecimento mais aprofundado dos agentes patogénicos que reduzem a produção a longevidade das árvores e a rentabilidade da cultura.



Figura 11.1 - Amendoeiras em flor (Museu do Côa)

Em Portugal as doenças da amendoeira têm sido pouco estudadas e não existe experimentação que priorize as situações sanitárias pelo que são apresentadas as doenças consideradas mais importantes e as mais frequentes, mas também as doenças emergentes que podem ser potenciadas pelas novas plantações e maior intensificação na cultura da amendoeira.

11.2. Doenças dos ramos e troncos

Nos vegetais as doenças designadas por cancrios são alterações morfológicas nos troncos, pernadas e ramos associadas à morte e necrose dos tecidos corticais. São frequentes em plantas perenes e causam doenças que provocam prejuízos elevados em muitas fruteiras, vinha e árvores florestais. As causas mais frequentemente associadas ao aparecimento dos cancrios são os agentes patogénicos, ações mecânicas e condições ambientais adversas. Os cancrios de origem parasitária provocam a morte dos ramos jovens no ano em que ocorre a infeção e quando se desenvolvem em ramos de maiores dimensões provocam declínio da árvore que se agrava a cada ciclo vegetativo. A infeção dos tecidos corticais dos troncos e ramos provocam graves alterações funcionais nas plantas que se manifestam por gomoses, cloroses das folhas, desfoliações, murchidões e dessecação dos ramos. A produtividade e longevidade das árvores fica comprometida de forma permanente. Em prunóideas e também em amendoeira a exsudação de gomas (polissacarídeos complexos que dão origem

a soluções coloidais viscosas) é muito característica e frequente nos cancros de origem parasitária.

Os fungos que se desenvolvem no lenho causam infeções crónicas que provocam a degradação da madeira com o aparecimento de zonas deterioradas que reduzem a longevidade e a produtividade das árvores.

As doenças dos ramos e troncos dos vegetais originam situações sanitárias de muito difícil solução porque não existem fungicidas eficazes e não se conhecem os genes de resistência das plantas em relação a este tipo de doenças. Os meios de luta disponíveis baseiam-se na eliminação dos ramos mortos e dos tecidos afetados, proteção das árvores da entrada do parasita e pela realização de todas as atividades fitotécnicas que garantam o vigor das árvores.

A utilização dos métodos moleculares em particular das recentes técnicas de Microarray e RNA-Seq possibilitam novas abordagens no estudo destas doenças, tanto no domínio da biologia e epidemiologia como no domínio da biologia funcional pela identificação dos genes diferencialmente expressos em resposta á infeção que abrem novas abordagens para encontrar meios de combate mais eficazes para estas doenças das plantas.

11.2.1. Cancro-da-Amendoeira

A doença foi tradicionalmente associada ao fungo atualmente designado *Diaporthe amygdali* da ordem Diaporthales e família

Diaporthaceae. Recentemente muitas outras espécies foram associadas com a doença e o fungo foi identificado em muitos outros hospedeiros.

Nome atual do fungo (Index Fungorum)

Diaporthe amygdali (Delacr.) Udayanga, Crous & K.D. Hyde

Sinonímia

Fusicoccum amygdali Delacr. 1905

Phomopsis amygdali J.J.Tuset & M.T.Potilla

O género *Diaporthe/Phomopsis* inclui espécies fitopatogénicas e endofíticas em muitas espécies vegetais, espécies saprofíticas em ramos e folhas em decomposição e ainda espécies parasitas em mamíferos e no homem (Gomes *et al.*, 2013).

Identificado em 1898 por Delacroix a taxonomia das espécies foi baseada nas características morfológicas, micromorfológicas e de crescimento em meio de cultura a que acrescia a ligação ao hospedeiro onde tinha sido obtido o isolamento. No Index Fungorum (www.indexfungorum.org) estão indicadas 983 espécies no género *Diaporthe* e 979 no género *Phomopsis* (forma anamórfica) o que ilustra a proliferação de nomes. Muitos autores consideram inadequados os critérios taxonómicos clássicos usados na delimitação das espécies de *Diaporthe/Phomopsis* (Gomes *et al.*, 2013, Udayanga *et al.*, 2012, Diogo *et al.*, 2010). Os

métodos moleculares com a sequenciação parcial dos genes, rDNA (Internal Transcrib Spacer) ITS, Fator de Elongação (EF1- α), β -Tubulina (TUB) e Calmodulina (CAL) seguida de análise filogenética multi-locus são atualmente procedimentos de rotina na definição, delimitação e identificação das espécies (Udayanga *et al.*, 2012, Diogo *et al.*, 2010).

D. amygdali é a espécie associada ao Cancro-da-Amendoeira (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb e Cancro-do-Pessegueiro (*Prunus persica* L.) em todos os locais de produção destas espécies. Recentemente a espécie foi associada a cancros em outros hospedeiros como *Pieris japonica* nos EUA (Bienapfl e Balci, 2013) e integrando o complexo de espécies *Diaporthe/Phomopsis* (diferentes espécies presentes no mesmo hospedeiro ou no mesmo cancro) como o verificado em videira na Africa do Sul (Niekerk *et al.*, 2005) e EUA (Baumgartner *et al.*, 2013) e ainda em pereira em diferentes províncias da China (Bai, *et al.*, 2015). Em Portugal (Diogo *et al.*, 2010) identificaram *D. amygdali* como a espécie dominante no cancro da amendoeira em todos os locais de produção no país e com características moleculares muito semelhantes aos isolados de amendoeira em Itália e Espanha e aos isolados obtidos em pessegueiro nos EUA. No mesmo estudo identificaram uma nova espécie, *Diaporthe neotheicola* associada a cancro em *Prunus dulcis* e *Prunus armeniaca*.

A taxonomia dos fungos, com a utilização dos métodos moleculares, tem introduzido alterações na organização sistemática dos fungos e com alterações na definição e delimitação das espécies o que aliado a uma identificação mais expedita (BarCode) tem alterado a compreensão da epidemiologia destas doenças, nomeadamente no que se refere à disponibilidade e presença de inóculo assim como no contributo de cada uma das espécies no processo de infeção permitindo equacionar novas estratégias de intervenção mais adequadas para evitar as novas infeções.

11.2.1.1. Sintomas do Cancro-da-Amendoeira

O Cancro-da-Amendoeira conhecido em Espanha por “Seca del Almendro” ou “Fusicicum” e na literatura inglesa como “Constriction Canker” é também uma doença importante em pessegueiro, ameixeira e damasqueiro.

Os sintomas do Cancro-da-Amendoeira são muito evidentes nos ramos jovens no início do ciclo vegetativo. Nos ramos com um ano de crescimento são visíveis manchas castanho-avermelhadas com forma elíptica alongada e centrada num gomo vegetativo ou num gomo floral. Os gomos afetados não se desenvolvem e ficam necrosados. As folhas que iniciaram o crescimento ficam secas e aderentes ao ramo. Durante a primavera e com tempo húmido os cancros aumentam de tamanho e ocorre exsudação de goma de

cor clara na zona do cancro. No verão, e se existir humidade, os cancros continuam a crescer o que lhes confere um aspeto zonado. No final do ciclo vegetativo e também durante o período de repouso os tecidos corticais afetados apresentam uma coloração esbranquiçada /acinzentada (Figura 11.2 e 11.3) onde são visíveis os picnídios do fungo de cor preta (Figura 11.4 e 11.5). O parasita também infeta diretamente as folhas onde aparecem manchas castanhas, circulares ou irregulares, que evidenciam no centro (por vezes) os picnídios pretos. As árvores manifestam declínio perdem vigor e ficam enfraquecidas (Figura 11.6 e 11.7).

O fungo *D. amygdali* produz uma fitotoxina, fusicoccina, que atua na enzima

H⁺ ATPase localizada na membrana celular. A enzima regula muitas funções na célula relacionadas com o transporte, turgescência e manutenção do pH intercelular. A ação da toxina promove a absorção pelas células guarda dos estomas de K⁺ e outros catiões, Cl⁻ e água que provoca a abertura irreversível dos estomas (Knogge, 1996). A abertura permanente dos estomas dá origem à perda de turgescência e murchidão das folhas no sentido descendente do ramo. O recetor da fitotoxina é uma proteína localizada na membrana celular da superfamília de proteínas designadas por 14-3-3 que está presente em todas as plantas superiores o que confere a *D. amygdali* uma vantagem no processo de infeção. De referir que (Knogge, 1996) considerou que não se confirmava essa vantagem na prática uma vez que *D.*

amygdali tinha um número reduzido de hospedeiros. A definição dos novos critérios taxonômicos para as espécies do género *Diaporthe/Phomopsis* e a identificação atual de *D. amygdali* em muitos hospedeiros e incluída nas espécies de maior patogenicidade confirmará a intervenção da fitotoxina, fusicoccina como um fator de virulência desta espécie.



Figura 11.2 - Ramos infetados por *Diaporthe amygdali* - presença de cor cinzento claro muito característico (pessegueiro)



Figura 11.3 - Ramos mortos por *Diaporthe amygdali* (pessegueiro)

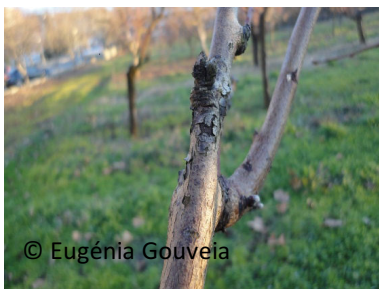


Figura 11.4 - Cancro *Diaporthe amygdali* com morte dos gomos (pessegueiro)



Figura 11.5 - Cancro *Diaporthe amygdali* - Cancro com picnidios pretos (pessegueiro)



Figura 11.6 - Folhas necróticas (início do ciclo vegetativo)



Figura 11.7 - Árvore em declínio com ramos mortos e folhas necrosadas (final do ciclo)

O estudo das fitotoxinas teve grande desenvolvimento científico a partir dos anos 90 tendo contribuído para o conhecimento dos processos de infecção e explicado o posterior desenvolvimento dos sintomas de murchidão e necrose nas folhas que se desenvolvem, por vezes, muito afastados dos locais de infecção do fungo parasita. Muitas outras fitotoxinas são produzidas por fungos que causam cancro nas plantas lenhosas.

11.2.1.2. Epidemiologia da doença

O fungo infeta os ramos essencialmente em dois períodos distintos, através das feridas naturais da queda das folhas no outono e na primavera pelas feridas do crescimento dos botões florais e foliares. Os picnídios maduros, com capacidade de produzir 10^6 , 10^7 conídios por picnídio, estão presentes em maior quantidade nestes períodos, mas estarão sempre presentes no pomar durante todo o ano (Lalancette *et al.*, 2003) o que com

temperaturas amenas e presença de chuva, libertam os conídios e assim provocam infecção em qualquer época do ano, uma vez que sempre existirão feridas naturais ou mecânicas nas árvores.

11.2.1.3. Tratamentos preventivos: químicos e culturais

O Cancro da Amendoeira é de difícil gestão e a diminuição da doença nos pomares só é em parte conseguida com a utilização de um conjunto de métodos que incluem aplicação de tratamentos químicos para evitar as novas infecções, redução de inóculo do parasita por eliminação dos ramos doentes, escolha de variedades com tolerância à doença e a gestão cultural cuidada do pomar.

Os fungicidas aplicados nas épocas de maior presença de inóculo do parasita e maior suscetibilidade da planta (queda da folha e abrolhamento dos gomos) têm como objetivo evitar as novas infecções. Os fungicidas com base em mercúrio e arsénio foram os inicialmente utilizados, e que a bibliografia (antiga) reporta com alguma eficácia, foram há muito tempo retirados do mercado pela toxicidade intrínseca destas substâncias. Lalancette e Robison, 2002 estudaram o efeito dos fungicidas “chlorotanil”, captana, azoxistrobina e miclobutanil, em pessegueiro, tendo obtido maior eficácia com “chlorotanil”, seguido da captana e azoxistrobina quando os tratamentos foram realizados no outono e na primavera. De referir que o ensaio foi realizado mantendo protegido todo o período da queda da folha e do intumescimento

dos gomos que correspondeu a oito tratamentos à queda da folha e cinco tratamentos na primavera. Por outro lado, Rhouma *et al.*, 2008, em estudos de eficácia de diferentes substâncias ativas para combater o Cancro-da-Amendoeira na Tunísia, concluíram que o benomil, tionfanato-metilo e carbendazima revelaram alguma eficácia e *Trichoderam viride* e *T. harzianum* quando aplicados diretamente nas cicatrizes da queda da folha reduziram o crescimento do micélio do fungo *D. amygdali* em 50%.

Em Portugal está homologado o oxicleto de cobre para tratamento do Cancro-da-Amendoeira (FUSCAM) à queda da folha, sendo aconselhado a realização de 3 tratamento (inicio, meio e fim).

As medidas culturais estão igualmente direcionadas para a redução do inóculo presente nos pomares e assim evitar as infeções. Gort e Sanchez (2011) referem a realização das seguintes ações: (1) durante a primavera e verão podar as árvores afetadas eliminando os ramos secos que devem ser queimados; (2) no final do ciclo eliminar as árvores doentes ou em declínio onde a doença é mais frequente. As árvores podem ser replantadas com variedades tolerantes à doença.

Em plantações novas a escolha das variedades deve ser muito criteriosa e ponderada considerando todas as condições e condicionantes do local pelo que é sempre necessário conhecer a lista de variedades disponíveis e suas características. Em relação ao Cancro da Amendoeira associado ao *D. amygdali* não existem

variedades resistentes (resistência vertical) e não estão identificados genes específicos que conferem resistência a esta doença. O comportamento das diferentes variedades em relação à suscetibilidade/tolerância à doença é também considerada uma componente genética intrínseca das variedades, estando associada a um conjunto variado de genes e designada em melhoramento vegetal como resistência horizontal ou resistência de campo. Vargas e Miarnau (2011) em programas de melhoramento da amendoeira em Espanha, Catalunha (IRTA-Estació Experimental de Lleida) quantificaram a reação da coleção das variedades de amendoeira e classificaram a severidade dos sintomas em 5 grupos de suscetibilidade à doença. Como “Muito Suscetíveis” identificaram, as variedades, Cambra (CITA), Ferragnès (INRA), Laurane (INRA), Marcona (INRA) e muitas variedades tradicionais de Espanha. Como variedades “Muito Tolerantes” incluíram, as variedades melhoradas (IRTA) Terraco, e Mosbovera e a variedade Primorsk da Ucrânia. Nesta categoria ficaram ainda incluídas algumas variedades tradicionais onde se destacam as variedades Portuguesas, Casanova, Duro Italiano e José Dias.

11.2.2. Cancro-Cytospora (Gomose)

A doença está presente na Europa, EUA e América do Sul sendo muito frequente em pessegueiro, nectarinas, ameixeira e cerejeira em regiões de primaveras frias (Ogawa *et al.*,1995). Na

amendoeira foi identificada nos EUA (Ogawa, *et al.*,1995) e também referenciada em amendoeira em Espanha. A doença foi identificada em muito outros hospedeiros da família Rosaceae como macieira e pereira e em espécies florestais como salgueiros, amieiros e robinia.

Ao Cancro *Cytospora* estão associadas duas espécies de fungos do Filo Ascomycota, ordem Diaporthales e família Valsaceae muito semelhantes tanto morfológicamente como nos sintomas que provocam nos diferentes hospedeiros. A taxonomia do género é complexa e com uma sinonímia muito extensa como pode ser verificado em diferentes bases de dados, Index Fungorum, Mycobank, GBIF, etc.

Nome atual

Leucostoma persoonii (Nitschke) Hohn

Sinonímia

Valsa persoonii Nitschke

Leucostoma leucostoma (Pers.) Togoshu

..., e muito outros nomes referidos no Index fungorum

Nome atual

Valsaria insitiva (Tode) Ces. & De Not

Sinonímia

Cytospora amygdalina (P. Karst.) Mussat

Cytospora cincta Sacc.

e mais 155 nomes indicados no Index Fungorum

As duas espécies são muito semelhantes. Biggs, 1995, refere que as diferenças morfológicas entre as espécies são avaliadas pelo tipo de crescimento em meios de cultura relacionado com a cor do

micélio e tamanho e forma dos picnídios. O micélio é inicialmente branco e depois fica verde azeitona em *V. insitiva* sendo branco e depois castanho-escuro em *L. persoonii*. Os picnídios de *V. insitiva* são maiores e os conídios não se libertam por cirros enquanto em *L. persoonii* os picnídios são pretos e de menor dimensão e produzem cirros, de cor laranja, para a libertação dos conídios, tendo ainda a capacidade de crescer em meio de cultura a 37 °C. *L. persoonii* forma peritecas com frequência em prunóideas enquanto em *V. insitiva* as peritecas são mais frequentes em pomóideas.

11.2.2.1. Sintomas

O Cancro-Cytospora conduz à morte dos ramos e pernadas resultando em perda parcial ou total das árvores. Mesmo que não sejam mortas as árvores infetadas florescem mais tarde do que as árvores saudáveis, o que resulta em atraso na maturação do fruto e produzem frutos de tamanho inferior ao normal (Pokharel, 2013). As infeções nos ramos de menor dimensão manifestam-se por áreas cloróticas em círculos concêntricos de tecido necrosado geralmente associados a gomos que morreram durante o inverno. Os tecidos afetados pela doença escurecem e exsudam goma de cor clara (Figura 11.8, 11.9). No início da primavera os cancros crescem rapidamente e atingem os ramos e pernadas de maiores dimensões aos quais estão ligados. Nos troncos e ramos de maiores dimensões os cancros são visualmente muito evidentes

(Figura 11.10, 11.11). Os cancrios são de forma elíptica e exsudam goma que inicialmente é de cor clara e que vai ficando mais escura com o passar do tempo.



Figura 11.8 - Cancro *Cytospora* com exsudação de goma (amendoeira)



Figura 11.9 - Cancro *Cytospora* com abundante exsudação de goma (cerejeira)

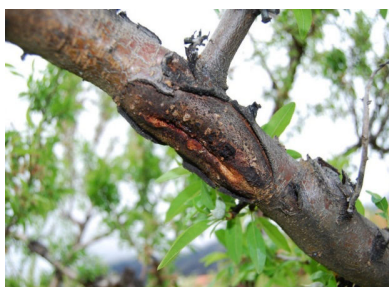


Figura 11.10 - Cancro *Cytospora* com produção de calo de cicatrização (amendoeira)



Figura 11.11 - Cancro *Cytospora* com calo de cicatrização (cerejeira)

A presença dos cancrios (necrose dos tecidos corticais) nos ramos dá origem a sintomas muito característicos e visíveis durante o ciclo vegetativo relacionados com a morte dos ramos na parte localizada acima da zona do cancro com as folhas secas e

aderentes ao ramo. A presença de goma é muito característica nos cancos dos ramos de maiores dimensões e no tronco razão pela qual a doença é muitas vezes designada por Cancro-Gomoso ou Cancro-perene mas também designado pelo nome do fungo, que foi mudando conforme os estudos taxonómicos, existindo assim diferentes nomes para a mesma doença como Cancro-Cytospora, Cancro-Leucostoma ou Cancro-Valsa (Pokharel, 2013).

No final da primavera e durante o verão a árvore resiste ativamente à invasão dos tecidos formando um calo de cicatrização à volta do cancro que impede o crescimento do fungo. No final do outono e no início da primavera, com temperaturas baixas e elevada humidade e quando a árvore está em repouso vegetativo, o fungo reinicia o crescimento, invade os tecidos do calo e continua a crescer (cancro-perene) nos tecidos ainda saudáveis do ramo ou tronco. O processo repete-se ao longo dos anos até que o ramo é completamente circundado.

11.2.2.2. Epidemiologia da doença

Nos ramos e tecidos mortos, depois de um a dois meses, são visíveis picnídios de cor escura que contêm os conídios, os esporos de origem assexuada do fungo. Os picnídios libertam os conídios envoltos numa substância gelatinosa (cirros) cor de laranja, pouco tempo depois de ficarem humedecidos. As peritecas com os ascósporos (estruturas sexuadas) formam-se

nestes cancos junto dos picnídios mas muito mais tarde, muitas vezes depois de dois ou mais anos (Biggs, 1995).

L. personii e *V. insitiva* não têm capacidade de invadir os tecidos intactos e necessitam de locais de entrada para causarem infecção. Os locais de entrada, mais comuns, são as feridas naturais relacionadas com o abrolhamento dos gomos, as feridas provocadas pelo frio durante o inverno, os cortes da poda quando realizada no repouso vegetativo e as lesões mecânicas nos ramos e troncos (Pokharel, 2013).

O inóculo primário para as novas infeções são os conídios. As condições de humidade favorecem a libertação dos conídios dos picnídios. Quando os pomares são regados existe a possibilidade dos conídios estarem presentes durante todo o ano (Grove and Biggs, 2006). Os conídios são dispersos pela água da chuva ou da rega. Os ascósporos são expulsos ativamente das peritecas a seguir a períodos de chuva em qualquer época do ano mas não se conhece o seu contributo na dispersão da doença (Biggs, 1995)

11.2.2.3. Medidas de luta culturais e preventivas

Quando a doença está estabelecida no pomar as novas infeções são extremamente difíceis de controlar pelo que as intervenções devem iniciar-se logo que a doença seja detetada.

Os ramos doentes devem ser retirados das árvores cortando a 10 cm abaixo dos cancos e devem ser queimados. Nas pernasas e

troncos os tecidos doentes devem ser removidos retirando ainda 2-3 cm de tecido sã e a ferida deve ser tratada com substâncias protetoras. Os tecidos doentes devem ser queimados uma vez que o parasita continua a desenvolver-se como saprófita nesses tecidos.

Os produtos químicos fungicidas, embora eficazes no laboratório não têm sido uma solução no combate à doença e apenas as medidas preventivas e culturais têm algum efeito para reduzir a sua dispersão e incidência.

As medidas culturais relacionadas com a promoção do vigor e sanidade das árvores, realização das podas nas épocas em que a cicatrização das feridas é mais rápida, retirar e queimar os ramos doentes, instalar plantas com resistência ao frio para evitar os estragos são as atividades que podem em certa medida controlar e reduzir a dispersão da doença.

11.2.3. Doença-do-Chumbo

A Doença-do-Chumbo (Silver Leaf na língua inglesa) é uma doença grave nos climas temperados em todo o mundo. Causa infecção em muitos hospedeiros lenhosos provocando prejuízos em amendoeira, pessegueiro, ameixeira, cerejeira e damasqueiro e outras fruteiras da família Rosaceae assim como em muitas espécies florestais como choupos, salgueiros e eucaliptos.

O fungo *Chondrostereum purpureum* (Pers.:Fr) Pouzar (= *Sterum purpureum* Pers.) (= *Thelophora purpurea* (Pers.) Pers., tem uma sinonímia extensa estando referidos no Index Fungorum mais outros 27 epítetos. O fungo é do Filo Basidiomycota, ordem Agaricales e família Cyphellaceae.

O fungo forma basidiocarpos de aspeto coriáceo e em forma de concha de cor variável que vai do castanho claro a cinzenta e que vão escurecendo com a idade.

11.2.3.1. Sintomas

O fungo infeta os vasos do xilema e produz uma fitotoxina que transportada para as folhas provoca a separação da camada da epiderme que ao refletir a luz lhes confere uma cor cinzenta clara que vai ficando mais escura e que contrasta com a cor verde das folhas saudáveis. Os sintomas das folhas são muito evidentes na primavera e podem estar presentes em toda a árvore ou apenas nos ramos que foram infetados. As folhas ficam de tamanho mais reduzido e com o tempo enrolam ligeiramente para cima, podendo ficar necrosadas em fases mais adiantadas da doença.

Na madeira do tronco e ramos afetados desenvolvem-se manchas castanhas escuras muito características da doença. Quando a árvore ou os ramos morrem formam-se na parte exterior os basidiocarpos que aparecem em primeiro do lado norte e dispostos em camadas ao longo desses órgãos (Figura 11.12 e

11.13). Podem aparecer em qualquer época do ano mas são mais frequentes no outono.



Figura 11.12 - *Chondrostereum purpureum* – basidiocarpos em tronco afetado pela Doença-do-Chumbo



Figura 11.13 - *Chondrostereum purpureum* - basidiocarpos de aspecto coriáceo

A doença é frequente em árvores a partir dos 3 a 5 anos e também ocorre nos viveiros nas variedades mais vigorosas. A doença é muito importante em pessegueiro e pode ser transmitida pelos gomos e garfos da enxertia (Sofia e Franca, s/ data).

11.2.3.2. Epidemiologia da doença

Nas árvores mortas pelo fungo formam-se os basidiocarpos que libertam os basidiósporos, o inoculo primária da doença, nos períodos chuvosos com temperaturas entre os 4 e 21° C. Os basidiósporos são libertados pela parte inferior do basidiocarpo, durante mais de dois anos, nos períodos chuvosos e são transportados pelo vento e instalam-se nos tecidos do xilema geralmente exposto pelos cortes da poda. Os cortes da poda são

muito suscetíveis à doença durante a primeira semana depois do corte, suscetibilidade que vai diminuindo com o passar do tempo. Os esporos depositados na madeira durante os períodos chuvosos penetram nos vasos do xilema onde germinam e produzem micélio que se desenvolve e espalha na madeira. O risco de infecção é maior se as árvores são podadas durante o inverno ou no início da primavera quando os nutrientes como o azoto e os hidratos de carbono estão presentes em maior quantidade.

11.2.3.3. Medidas de luta culturais e preventivas

O combate à doença é difícil porque o fungo tem muitos hospedeiros, tanto espécies de prunóideas como árvores florestais e de sombra e desde que as condições de humidade se verifiquem existirá sempre inóculo para as novas infeções. Algumas práticas culturais devem ser promovidas para reduzir a entrada do parasita, nomeadamente evitar fazer cortes drásticos na poda, realizar a poda em tempo seco e tratar os cortes da poda logo a seguir à realização dos cortes. A madeira doente deve ser retirada dos pomares e queimada ainda antes se formem os basidiocarpos e ocorra a libertação dos basidiósporos.

A enxertia de borbulha proveniente de árvores contaminadas constitui uma forma de disseminação da doença e deve ser evitada garantindo que as plantas de onde se retiram os gomos estejam saudáveis (Sofia e Franca, s/ data).

11.3. Doenças do lenho

11.3.1. Cancro em Banda - Complexo de espécies *Botryosphaeriaceae*

Os fungos da família Botryosphaeriaceae têm uma distribuição generalizada estando associadas a doenças da madeira que provocam prejuízos elevados em plantas lenhosas, como na vinha, amendoeira, abacateiro, nogueira, pistácio etc. A taxonomia de *Botryosphaeriaceae* é complexa e tem sofrido profundas alterações e rearranjos com a descrição de inúmeros taxa. Em amendoeira a espécie *Botryosphaeria dothidea* (Moug.) Ces. & De Not (= *Sphaeria dothidea*, Moug.), fungo da ordem Botryosphaeriales e família Botryosphaeriaceae foi inicialmente associada em amendoeira ao Cancro em Banda por English (1974). Posteriormente, Inderbitzin *et al.* (2010) identificaram *B. dothidea*, *Neofusicoccum mediterraneum*, *Neofusicoccum parvum*, *Neofusicoccum nonquaesitum*, *D. seriata* e *M. phaseolina* da família Botryosphaeriaceae e todas com capacidade de induzir infecção nos ramos, em ensaios de campo, exceto a espécie *M. phaseolina*. Esta situação, varias espécies associadas a uma doença (complexo de espécies), é frequente em muitos outros hospedeiros. Nas doenças do lenho da videira em Portugal estão identificadas 6 espécies de *Botryosphaeria* (Vaz, 2008) sendo a nível global conhecidas mais de 60 espécies da família Botryosphaeriaceae em videira (Andolfi *et al.*, 2011).

11.3.1.1. Sintomas do Cancro em Banda

Segundo a descrição de English *et al.*, 1974, a doença em amendoeira é caracterizada por uma banda estreita (Cancro em Banda) que circunda o tronco ou pernada, ao contrário dos outros cancros que tendem a crescer mais no sentido longitudinal. Está com frequência associado ao fendilhamento natural da casca dos ramos das variedades vigorosas. O cancro pode também manifestar-se nas lenticelas do caule onde se formam “bolhas” que durante o verão aumentam de tamanho e por vezes exsudam goma. Nas formas mais agressivas da doença os ramos podem morrer. Em cancros mais antigos a casca fica destruída e os cancros ficam profundos e mais evidentes. A casca fica castanha e a madeira também é afetada. Na madeira desenvolvem-se manchas alongadas que se prolongam longitudinalmente. Os cancros são ativos durante o ciclo vegetativo e não reativam o crescimento na estação seguinte (cancro anual). Em outros hospedeiros, abacateiro (Twizeyimana *et al.*, 2013) e pistácio (Michailides, 1991), por exemplo, o cancro cresce ano após ano (cancro perene) e na vinha os sintomas são muito variados com o aparecimento de cloroses nas folhas, morte dos ramos, necroses diversa no lenho, morte dos gomos, estrias e pontuações negras no lenho que no seu conjunto são designados por Esca (Vaz, 2008).

Os fungos da família Botryosphaeriaceae associados às doenças do lenho da videira produzem substâncias fitotóxicas que condicionam a manifestação dos sintomas da doença. Andolfi *et al.*, 2011 em *Neof. parvum* em videira, mas também um fungo presente no complexo de espécies associadas ao Cancro-em-Banda da Amendoeira, identificaram compostos hidrofílicos de alto peso molecular com propriedades fitotóxicas que identificaram como (3*R*,4*R*)-(-)-4-hydroxy-, (3*R*,4*S*)-(-)-4-hydroxy-melanina, “isosclerone” e “tyrosol” e em *Diplodia serratia*, também presente em amendoeira, identificaram, *cis*-(3*R*,4*R*)-4-hydroxymellin and 5-hydroxymelanina. Muitos outros fungos presentes no complexo das doenças do lenho da videira produzem igualmente algumas destas substâncias, mas apenas os fungos Botryosphaeriaceae produzem melanina na videira e que pode ser utilizado como identificador bioquímico destas espécies. Segundo os mesmos autores as toxinas produzidas pelo fungo originam sintomas localizados na madeira no local onde são produzidos e induzem a exsudação de goma e oclusão dos vasos xilêmicos e que alguns destes metabolitos também atingem e se acumulam nas folhas onde se manifestam os sintomas. O modo de ação e a interação entre as substâncias produzidas pelas diferentes espécies não é ainda conhecido.

11.3.1.2. Epidemiologia da doença e meios de luta culturais

Existe pouca informação disponível relacionada com o ciclo de vida e epidemiologia de Botryosphaeriaceae em amendoeira e mesmo em videira é também pouco conhecido apesar de ser muito estudada na Europa nas últimas duas décadas. O elevado número de espécies de ocorrência nem sempre coincidente nos diferentes locais e a associação com outras espécies (saprófitas ou fitopatogénicas) tem dificultado esse conhecimento. Na amendoeira o fungo sobrevive nos tecidos mortos onde esporula profusamente. A dispersão ocorre pelos conídios, produzidos em picnídios imersos nos tecidos e que aparecem na superfície da casca em tempo húmido. A infeção é favorecida por condições que reduzam o vigor da árvore. O fungo causa infeção durante a primavera, verão e outono. Desenvolve-se no interior das células do floema e do xilema e cresce célula a célula através dos poros. As recentemente abordagens genómicas com o estudo do perfil dos genes transcritos (transcriptoma) utilizando as técnicas de Microarray ou RNA-Seq (Illumina Hi seq) e análise bioinformática permitem identificar os genes diferencialmente transcritos em resposta à infeção. Camps *et al.*, 2010 utilizaram a técnica Microarray para o estudo dos genes diferencialmente expressos em *Vitis vinífera* cv Cabernet- Sauvignon em resposta à infeção por *Eutypa lata* concluíram que o número de genes expressos foi muito mais elevado do que os genes reprimidos. Concluíram ainda que a resposta à infeção fúngica está mais orientada para a

estimulação de vias metabólicas do que para a cessação de determinados processos. Czemet *et al.*, 2015 utilizando a técnica RNA-Seq estudaram os genes diferencialmente expressos (DGEs) em plantas inoculadas e não inoculadas com *Neof. parvum*, tendo obtido 20 genes transcricionalmente ativados dos quais 4 foram identificados como marcadores da infecção mesmo ainda no período de latência da doença.

As recentes técnicas de genômica e proteômica proporcionam um maior entendimento dos processos genéticos e bioquímicos envolvidos na infecção contribuindo assim para encontrar novas estratégias para o combate às doenças dos ramos e tronco das diferentes espécies vegetais.

Os meios de luta atualmente disponíveis para combater as doenças da madeira são muito reduzidos e baseiam-se nas medidas preventivas como a proteção dos cortes da poda e eliminação das plantas doentes, que devem ser queimadas para evitar a produção de inóculo, logo que se manifestem os primeiros sintomas da doença.

11.3.2. Doenças da madeira - Espécies do Filo Basidiomycota

Os problemas sanitários associados à madeira das prunóideas ocorrem em todos os locais onde estas espécies se desenvolvem. As doenças da madeira são mais frequentes em árvores adultas onde os sintomas se desenvolvem de forma muito rápida depois de um período de latência por vezes prolongado. São doenças que

limitam a longevidade e produtividade dos pomares e aumentam os custos de produção pela necessidade de retirar as árvores doentes ou mortas. Os sintomas são semelhantes nas diferentes espécies de *Prunus* mas muito variados podendo apresentar sintomas nas folhas, com fraco desenvolvimento (Figura 11.14) ou com cor de chumbo como acontece em *Chondrostereum purpureum* ou ficarem necróticas, podendo ainda ocorrer quebra de pernadas e ramos durante o ciclo vegetativo pelo peso dos frutos ou ventos fortes e ainda a queda das árvores devido ao fraco desenvolvimento em profundidade das raízes.



Figura 11.14 - Infeção do gomo e morte das folhas

São conhecidos dois tipos de degradação da madeira designados por degradação castanha e degradação branca que resultam da destruição dos constituintes estruturais da madeira (Adaskaveg e

Gilbertson 1995). A degradação branca (podridão branca ou podridão branda) são as mais frequentes e têm aspeto esponjoso ficando a madeira mais clara e mais branda que a madeira saudável. Todos os constituintes estruturais das células do lenho são degradados incluindo celulose, hemicelulose e lenhina. Adaskaveg e Gilbertson, 1999 e Adaskaveg *et al.* 2016a, referem um conjunto alargado de fungos Basidiomycota dos quais se assinala a espécie *Trametes hirsuta* (Wulfen. FR.) Quel., *T. versicolor* (L.:Fr.) Pilát. e *Phellinus gilvus* (Schwein.Fr.) Pat., como parasitas dos ramos e tronco e que entram na planta pelas feridas da poda e outras feridas resultantes de atividades culturais. Na figura 11.15 pode ser observado o aspeto da degradação branca da madeira e frutificações de algumas das espécies associadas a este tipo de podridão da madeira do Filo Basidiomycota.

Nas podridões castanhas a madeira doente fica mais escura que a madeira saudável com aspeto seco e com fissuras longitudinais e transversais e a lenhina não fica alterada ou apenas ligeiramente. (Adaskaveg et Gilbertson, 1995) referem os fungos *Antrodia albida* (Fr.Fr.) Donk e *Laetiporus sulphureus* (Bull. Fr.) Murrill que se desenvolvem nas pernadas e ramos. Os fungos instalam-se na árvore pelos cortes da poda, troncos e ramos e também pelas feridas mecânicas das atividades culturais.



Figura 11.15 - Fungos do filo basidiomicota associados à degradação branca do lenho. a) Degradação dos tecidos do lenho; b, c, d) Basidiocarpos de diferentes espécies.

O ciclo epidemiológico destas doenças é pouco conhecido. O seu estudo tem sido dificultado pelo elevado número de espécies envolvidas e também porque as doenças são detetadas numa fase muito adiantada do processo infeccioso. A doença entra na árvore pelo xilema secundário quando se realizam grandes cortes de poda e outras atividades culturais pelo que a proteção das feridas é sempre recomendado para evitar as infeções.

11.4. Doenças das folhas, flores, frutos e ramos jovens da amendoeira

Na amendoeira vários fungos causam infeções que se desenvolvem nas folhas, flores, frutos e nos ramos jovens. As

doenças foliares interferem com a fotossíntese, manifestando-se por manchas foliares sob diferentes colorações e formas. A maior parte dos fungos que causam doenças foliares são extremamente sensíveis às condições ambientais, sendo de esperar uma grande incidência da doença quando se verificam períodos frescos e húmidos na primavera e no verão. As doenças foliares comprometem a produção e o vigor das árvores.

As doenças mais importantes que se desenvolvem nas folhas, flores e ramos jovens da amendoeira são, na região mediterrânea e em Portugal, a Moniliose, o Crivado, a Mancha Ocre e a Lepra da Amendoeira. A Mancha Ocre causada pelo fungo *Polystigma amygdalinum* P.F. Cannon e o Crivado causada pelo fungo *Wilsonomyces carpophilus* (Lév) Adaskaveg, Ogawa, e Butler são doenças que resultam da ação direta do parasita, em que ocorre a destruição da superfície da folha, do qual resulta uma interferência com os processos de síntese da planta. Embora as manchas sejam mais comuns nas folhas, podem estar presentes em flores, frutos ou ramos jovens. A Moniliose (*Monilinia laxa* (Aderhold e Ruhland) Honey ex Whetzel) tem ação sobre os botões florais ramos jovens e frutos e a Lepra da amendoeira (*Taphrina deformans* (Berk.) Tullasne) tem ação sobre as folhas, flores e frutos.

11.4.1. Crivado

O parasita que causa esta doença é um fungo da família Botryosphaeriaceae, *Wilsonomyces carpophilus* (Lév) Adaskaveg, Ogawa, e Butler (= *Stigmina carpophyla* (Lév) M.B. Ellis) e (= *Coryneum beijerinckii* Oud.) sendo a sua presença detetada em espécies do género *Prunus* em regiões temperadas da Europa, América do Norte e do Sul, África, Austrália e Nova Zelândia (Ogawa *et al.*, 1995).

11.4.1.1. Sintomatologia

Os sintomas desta doença podem aparecer em ramos jovens, folhas, flores e frutos, no entanto, as lesões das flores e ramos jovens são relativamente escassas ou difíceis de encontrar (Gubler *et al.*, 2009). As lesões das folhas começam como minúsculas manchas que se expandem progressivamente para manchas de cor castanha e margens purpúreas com 3-10 mm de diâmetro (OEPP/EPPO, 2004). Quando o fungo esporula, as estruturas de frutificação aparecem como pequenas manchas escuras (o esporodóquio e os esporos) no centro da mancha. Em folhas jovens estas manchas geralmente separam-se da folha e caem (UCIPMP, 1985; Gubler *et al.*, 2009), deixando as folhas com um aspeto de crivo, sintomatologia que dá o nome à doença (crivado). Normalmente, a doença não desfolha as árvores.



Figura 11.16 - Sintomas do crivado em folhas

As manchas em frutos são pequenas, com margens purpúreas, de aspeto cortíceo, ligeiramente levantadas, produzindo às vezes uma goma (Teviotdale, 1997) sendo encontradas na parte superior do fruto. Uma intensa infecção de frutos jovens pode causar queda dos frutos e sucessivos ataques nas folhas afetam a árvore e reduzem a produção (Highberg e Ogawa, 1986; UCIPMP, 1985). Nos rebentos, as lesões podem desenvolver-se para formar cancrios abertos produzindo gomas (UCIPMP, 1985; OEPP/EPPO, 2004).

11.4.1.2. Epidemiologia

A disseminação da doença faz-se por conídios transportados pelo vento e água. O parasita passa o inverno sob a forma de micélio ou conídios latentes em gomos infetados (mais comum em climas temperados), lesões nos ramos, no exsudado de cancrios, frutos mumificados e folhas caídas infetadas (OEPP/EPPO, 2004). Os conídios são libertados e transportados pela água ou vento, podendo permanecer infeciosos durante largos meses, enquanto decorre o desenvolvimento vegetativo. O tempo de germinação dos conídios, em condições favoráveis de tempo húmido (100 % de humidade e/ou chuva) e temperatura superior a 2°C, pode, no entanto, ocorrer após três horas (Ramos e Soares, 2013a). As portas de entrada do fungo, depois de germinado, são as aberturas naturais; estomas das folhas e cutícula das folhas, ramos ou frutos e lesões provocadas por diversos agentes (insetos, granizo, etc.) (Ramos e Soares, 2013a).

O período de incubação da doença varia de 5 a 14 dias, dependendo da temperatura e tipo de tecido infetado, observando-se, geralmente, lesões após cinco dias a 20°C. Em Invernos propícios pode evoluir, infetar e destruir gomos dormentes e pode permanecer infecioso nos gomos durante dois anos. A ocorrência da doença é favorecida por longos períodos de pluviosidade e tempo quente (temperatura entre 18°C a 21°C e humidade entre os 70 - 100%) (Ramos e Soares, 2013a).

11.4.1.3. Fatores de risco

Condições favoráveis ao desenvolvimento desta doença são: temperatura acima de 2°C e até 23°C, presença de sintomas da doença e ocorrência de humidade elevada e/ou precipitação (Ramos e Soares, 2013a).

11.4.1.4. Medidas de luta

As podas de inverno permitem retirar parte dos órgãos atacados, diminuindo as fontes de inóculo. Recomenda-se a utilização de cultivares resistentes e a destruição dos tecidos infetados das plantas (OEPP/EPPO, 2004).

Na presença de sintomas ou condições favoráveis para o desenvolvimento da doença, aplicar os fungicidas homologados para a cultura (captana, hidróxido de cobre, oxiclóreto de cobre e sulfato de cobre tribásico, mancozebe, tirame, zirame (DGAV, 2015). As aplicações de fungicidas na primavera justificam-se apenas com a ocorrência de fortes ataques. Segundo (Gort e Sánchez, 2011), em ataques graves desta doença que podem provocar intensa desfoliação, podem-se realizar tratamentos curativos com o fungicida bitertanol. Recomendam-se pulverizações no outono para reduzir o potencial de inóculo.

Gort e Sánchez (2011) referem que para as condições de climáticas da região do Valle del Ebro (Espanha), não é necessário controlar a doença salvo ataques pontuais com mais gravidade.

A informação fornecida sobre os fungicidas corresponde às autorizações concedidas para cada um dos produtos comerciais existentes no mercado nacional para a cultura da amendoeira em 2015. Para a escolha dos produtos comerciais a serem utilizados, para a cultura da amendoeira, deve ser sempre consultada a lista dos produtos com venda autorizada publicada na página da DGAV (<http://www.dgav.pt/fitofarmaceuticos/lista/>).

11.4.2. Moniliose

A moniliose é uma das mais importantes doenças do amendoal e é causada pelo fungo *Monilinia laxa* (Aderhold e Ruhland) Honey ex Whetzel e mais raramente pelo fungo *Monilinia fructicola* (Adaskaveg et al., 2016b). Esta última é uma doença de quarentena da lista A1 da EPPO, sendo mais agressiva e específica em pessegueiro (OEPP/EPPO, 2004).

São fungos do filo Ascomycota com reprodução sexual por ascos, formados em apotecas sobre os frutos mumificados. A reprodução sexual é feita mediante cadeias de conídios agrupados em esporodóquios (IIFAP, 2007).

A maioria dos estudos descrevem *M. laxa* em diferentes hospedeiros, nos quais causa sintomas similares. No amendoal,

este parasita, provoca murchidão das flores, sendo que as infecções ocorrem sobretudo no momento da floração em presença de chuva e em variedades que são mais suscetíveis. É uma doença que pode ser grave em zonas húmidas e no momento da floração (Gort e Sánchez, 2011).

11.4.2.1. Sintomatologia

M. laxa, causa a necrose dos botões florais sobre os quais aparecem os conidióforos acinzentados. Segundo Adaskaveg *et al.* (2016b) uma exsudação de goma pode aparecer na base das flores infetadas. A infecção progride até ao ramo provocando lesões mais ou menos profundas nos tecidos (cancros), que impedindo a circulação da seiva originam a sua morte. Os frutos quando atacados cobrem-se de conídios isolados que depois confluem de forma irregular formando uma “massa” algodonosa. Estes frutos acabam por mumificar e permanecer na árvore (COTHN, 2011). Em amendoeira, os estigmas, as anteras e as pétalas são muito suscetíveis à infecção por esta doença (Adaskaveg *et al.*, 2016b).

11.4.2.2. Epidemiologia

O fungo hiberna nos cancos dos ramos, nos frutos mumificados e caídos e nas escamas dos gomos, e em partes de flores que ficam na árvore, ou no solo (frutos não decompostos) (Ramos e Soares, 2013b). Na primavera quando surgem condições favoráveis

(temperatura entre os 16-18°C e humidade relativa elevada) o micélio dos cancos e dos frutos mumificados produz novos conídios (COTHN, 2011). A germinação dos conídios verifica-se com temperaturas que variam entre 0–25°C, sendo *M. fructigena* mais sensível ao tempo frio, produzindo infeção ao fim de poucas horas. No caso da *M. laxa* a esporulação ocorre com temperaturas baixas (10°C). A disseminação dos conídios efetua-se pelo vento, pela água das chuvas e salpicos ou às vezes por insetos (COTHN, 2011).

11.4.2.3. Fatores de risco

Condições favoráveis ao desenvolvimento desta doença são: temperaturas entre 16-18°C ou entre 22-25°C e presença de sintomas da doença, ocorrência de humidade elevada e/ou precipitação, queda de granizo, sensibilidade varietal (Ramos e Soares, 2013b).

11.4.2.4. Medidas de luta

Para evitar o aparecimento e dispersão da doença deve-se eliminar e destruir os frutos mumificados e os ramos atingidos de modo a reduzir o inóculo (OEPP/EPPO, 2004; Gort e Sánchez, 2011). Outras medidas preventivas envolvem podas apropriadas de modo a permitir o arejamento da copa, fertilizações equilibradas de azoto e evitar regas prolongadas. Recomenda-se também a

utilização de variedades resistentes. Gort e Sánchez (2011) referem em Espanha as variedades Marcona, Llargueta ou Francolí como as mais atacadas pela doença.

Os tratamentos químicos devem ser feitos em pré-abrolhamento, pulverizando com um produto cúprico na fase de botão rosa (Adaskaveg et al., 2016b). Para prevenir infeções no próximo ano, recomenda-se a realização de um tratamento à queda das folhas, utilizando um fungicida à base de oxicloreto de cobre (DRAPN, 2016).

11.4.3. Mancha Ocre

A Mancha Ocre da amendoeira é uma doença das folhas largamente distribuída através das regiões produtoras de amêndoa da Europa e Ásia e é considerada de grande importância económica (Tuset e Portilla, 1987, Saad e Masannat, 1997). Esta doença é causada pelo fungo, *Polystigma amygdalinum* P.F. Cannon (= *Polystigma ochraceum* (Whalenb.) Sacc) ou *Polystigma fulvum* Pers. Ex DC., causando desfoliações prematuras nos seus hospedeiros (Suzuki et al., 2008) originando uma queda significativa da produção (Gort e Sánchez, 2011). A espécie *P. fulvum* está citada como presente em Portugal (Cannon, 1996).

11.4.3.1. Sintomatologia

Em folhas atacadas observam-se manchas de tamanho variável, de cor amarela que vão progredindo para castanho-avermelhado, acabando por necrosar. Estas manchas encontram-se distribuídas aleatoriamente pela folha, podendo afetar metade da superfície foliar ou uma só zona sectorial, e podem ser observadas em ambos os lados da folha (Gort, 2014). Quando as infeções são intensas as manchas podem aumentar de tamanho reduzindo a capacidade de fotossíntese da árvore. Em variedades muito sensíveis como Guara, Tuono, pode produzir forte desfoliação e enfraquecimento da árvore (Arquero *et al.*, 2013).

11.4.3.2. Epidemiologia

O parasita sobrevive nas folhas que caem ao solo durante o outono, formando ascósporos durante o inverno. Durante a primavera e sob condições favoráveis de humidade e temperatura, e sobretudo na presença de chuva, ocorre a libertação dos ascósporos que dará lugar as primeiras infeções nas folhas (Gort, 2014). Os esporos dispersam-se pelo vento e infetam as folhas novas após a queda das pétalas sendo aparentemente o único inóculo responsável pela infeção foliar (Arquero *et al.*, 2013). As lesões nas folhas, a partir dos meses de abril e maio, produzem um estroma micelial em ambos os lados da folha, o qual conduz à formação de picnídios na página inferior da folha que contêm os

conídios ou esporos assexuados a partir de Junho. Estes conídios podem dar lugar, por sua vez, a novas infeções, embora não sejam consideradas relevantes (Gort, 2014).

11.4.3.3. Fatores de risco

As condições favoráveis ao desenvolvimento da doença são: quantidade de inóculo disponível que pode iniciar novas infeções, condições climáticas favoráveis (chuva e temperatura) e presença de variedades suscetíveis (Gort, 2014).

11.4.3.4. Medidas de luta

Segundo Gort e Sánchez, (2011), destruir as folhas caídas no outono poderia ser interessante para reduzir o inóculo, embora seja uma medida difícil de concretizar. Gort (2014) refere como medidas para destruir o inóculo presente nas folhas que se encontram no chão, a utilização de ureia cristalina pela passagem de picadoras de material vegetal. Recomenda-se a utilização de variedades resistentes. Diferentes estudos mostraram que as variedades Ferragens, Vayro, Marta, Desmayo, Texas, entre outras, apresentaram algum grau de resistência a esta doença (Gort, 2014).

Pode-se controlar facilmente com produtos químicos, fazendo-se a aplicação do fungicida a partir da queda das pétalas (Gort, 2014).

Em Portugal não existem fungicidas homologados para esta doença.

11.4.4. Lepra-da-Amendoeira

Esta doença é causada pelo fungo *Taphrina deformans* (Berk.) Tullasne (= *Exoascus deformans* (Berk.) Fuckel e *Exoascus amygdali* (Jaczewski)) e afeta principalmente as folhas mas também pode afetar frutos jovens. Este parasita infecta espécies do género *Prunus*, incluindo a amendoeira e o pessegueiro (Mix, 1956). A sua presença no amendoal tem sido registada na Europa e Nova Zelândia (Atkinson, 1971) sendo considerada uma doença pouco importante no amendoal.

11.3.4.1. Sintomatologia

Esta doença manifesta-se sobretudo nas folhas, apresentando um aspeto deformado característico (limbo engrossado) de cores castanho-amarelado (Figura 11.17). À medida que as folhas aumentam de tamanho produzem-se uma mudança de cor nas partes atacadas, tornando-se avermelhada e por fim, toda a zona atacada fica necrosada (Arquero *et al.*, 2013). As folhas atacadas secam e acabam por cair.



Figura 11.17 - Sintomas de *Taphrina deformans* em diferentes fases de desenvolvimento da doença nas folhas (pessegueiro) (em amendoeira os sintomas são semelhantes)

Nos frutos atacados formam-se manchas irregulares de cor avermelhada podendo provocar a queda dos frutos (IIFAP, 2007). Nas flores, esta doença provoca o aborto, deformando-as completamente.

11.4.4.2. Epidemiologia

O parasita persiste com facilidade no inverno nas brácteas dos gomos (Arquero *et al.*, 2013). Na primavera, quando se dá a rebentação dos gomos começa a sua fase patogénica, infetando os tecidos jovens e formando ascósporos que vão estabelecer as novas infeções. No entanto estas novas infeções são breves ou cessam quando sobe a temperatura e baixa a humidade relativa. Os esporos podem sobreviver durante meses em condições quentes e secas (Arquero *et al.*, 2013).

O desenvolvimento desta doença está relacionado com a temperatura ambiental e o momento do abrolhamento. Períodos frescos e húmidos favorecem o desenvolvimento da doença. A temperatura ótima para o desenvolvimento da doença é 20°C (IIFAP, 2007). É necessária a presença de chuva para que ocorram infeções, e chuvas prolongadas favorecem surtos de doença ao nível do amendoal, no entanto o fungo pode começar a crescer com 95% de humidade relativa (Lorenz, 1976).

11.4.4.3. Fatores de risco

As condições favoráveis ao desenvolvimento da doença são: períodos frescos e húmidos e chuvas prolongadas na primavera (OEPP/EPPO, 2004).

11.4.4.4. Medidas de luta

Recomenda-se, se possível, a eliminação de folhas infetadas assim como ramos jovens, na primavera de modo a reduzir os focos de inóculo (OEPP/EPPO, 2004). Na Turquia foi observado por Kavak (2005) que algumas variedades de amendoeira podem apresentar alguma resistência a esta doença. Arquero *et al.* (2013) referem as variedades Desmayo, Largueta, Francoli, Guara, Supernova e Tuono como muito suscetíveis.

Os tratamentos contra esta doença são essencialmente preventivos, no inverno, ou antes da floração quando se preveja

períodos de chuva (Gort e Sánchez, 2011). Em Portugal, estão homologados contra esta doença os seguintes fungicidas: hidróxido de cobre, oxiclureto de cobre e sulfato de cobre tribásico, enxofre, tirame, zirame) (DGAV, 2015).

11.5. Doenças associadas a bactérias em amendoeira

As principais bactérias que causam doenças na amendoeira e também em prunóideas, considerando a incidência, os prejuízos económicos e a ameaça que representam são a *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, responsáveis pela necrose de ramos, manchas de frutos e folhas e cancrios em troncos e ramos, *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*, agente da mancha bacteriana das prunóideas e da amendoeira e *Xilella fastidiosa*. Pela sua perigosidade, algumas destas bactérias são consideradas organismos de quarentena pela Organização Europeia para a Proteção das Plantas (EPPO).

11.5.1. Doença-do-Cancro-Bacteriano

Pseudomonas syringae (van Hall 1902) é uma bactéria Gram-negativa, ubíqua na natureza que ocupa numerosos e diversos nichos ecológicos. Esta espécie reside em comunidades bacterianas na filosfera como uma bactéria comensal (Hirando e Upper, 2000). É membro da classe *Gammaproteobacteria*, e pertencente à família *Pseudomonaceae*, causando doenças em mais de 200 espécies de plantas, incluindo pereira, amendoeira,

cerejeira, alperce, maçã, trigo, milho (Young, 1991; Scortichini, 2010). Dada a diversidade de hospedeiros que infecta, esta espécie pode ser subdividida em cerca de 60 patovares (Lu et al., 2017), nomeadamente *P. syringae* pv. *syringae*, que nas prunóideas e na amendoeira causa a doença do Cancro Bacteriano (Scortichini, 2010).

11.5.1.1. Sintomas e epidemiologia

Na amendoeira, *P. s.* pv. *syringae* causa necroses nas folhas, gomos, inflorescências, ramos e caules. (Rezaei e Taghavi, 2014). As folhas dos ramos infetados não se desenvolvem, ficam muito pequenas, amarelecem e acabam por morrer (Borkar e Yumlembam, 2017). Podem também ser observados necroses e dessecamento dos gomos e inflorescências (Figura 11.18), podendo ocorrer a morte dos ramos. Nos caules e no tronco da amendoeira, a bactéria pode causar cancras podendo ocorrer a exsudação de goma (Figura 11.19a). Debaxo da casca, e em correspondência com as zonas afetadas pelos cancras, podem-se observar manchas avermelhadas na madeira (Figura 11.19b).



Figura 11.18 - Sintomas do Cancro-Bacteriano em amendoeira (*P. syringae* pv. *syringae*) com dessecamento e morte de gomos florais
Photo by Jack Kelly Clark, courtesy University of California Statewide Integrated Pest Management Program (Cortesia do autor, janeiro 2017)

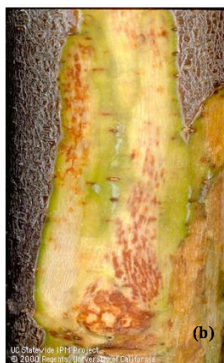


Figura 11.19 - Sintomas do Cancro Bacteriano (*P. syringae* pv. *syringae*) em amendoeira: (a) formação de um cancro e exsudação de goma no tronco da árvore; (b) manchas avermelhadas debaixo da casca em correspondência com as zonas afetadas pelo cancro
Photos by Jack Kelly Clark, courtesy University of California Statewide Integrated Pest Management Program. (Cortesia do autor, janeiro, 2017)

Se os cancrios ocorrem no caule principal, provavelmente toda a planta morrerá (Borkar e Yumlembam, 2017). *P. s.* pv. *syringae*

pode também dar origem a cancrios localizados à volta dos gomos (Samavatian, 2006). O Cancro-Bacteriano pode ser facilmente confundido com a gomose, um desequilíbrio das prunóideas, que usualmente ocorre em condições de temperaturas muito baixas. As exsudações de goma aparecem à superfície dos ramos e dos troncos, sendo proveniente de madeira sã, enquanto no Cancro Bacteriano tem origem em tecidos doentes infetados pela bactéria (Borkar e Yumlembam, 2017). A doença é favorecida por elevada humidade e baixas temperaturas na primavera, e usualmente associada a condições de stresse, a árvores enfraquecidas, e a variações de temperatura entre calor e frio e que em condições severas, pode levar à morte da árvore.

Tal como para a maioria das doenças, os fatores bióticos, abióticos e edáficos, têm um papel importante na epidemiologia das doenças causadas por *P. s. pv. syringae*. Estes fatores podem enfraquecer as defesas da planta, predispondo-as para infeções causadas pela bactéria. As geadas de inverno e na primavera, tempestades de granizo e a poda, causando danos ou feridas na árvore, podem favorecer dramaticamente a penetração e/ou dispersão das bactérias no pomar, e entre outros pomares (Scortichini, 2010). As práticas culturais que influenciam a densidade de plantação também podem aumentar a suscetibilidade à bactéria (Lamichlane *et al.*, 2015).

11.5.1.2. Meios de luta

P. s. pv. syringae está frequentemente presente na superfície de muitas plantas, e conseqüentemente deve ser dada ênfase à utilização de meios de luta preventivos, evitando as condições que predisõem a árvore a infeções pela bactéria. Os ramos com cancrios devem ser removidos e queimados.

11.5.2. Doença da Mancha Bacteriana

Xanthomonas arboricola é uma bactéria Gram-negativa, da classe *Gammaproteobacteria*, e da família *Xantomonaceae* causando doenças em várias plantas como a aveleira, nogueira, prunóideas, amendoeira, choupo, jarro, morangueiro e várias espécies ornamentais do género *Prunus*. Dada a diversidade de hospedeiros que infeta está dividida em patovares (Fischer-Le-Saux *et al.*, 2015), incluindo *Xanthomonas arboricola* *pv. pruni* (Vauterin *et al.*, 1995), responsável pela doença da mancha bacteriana das prunóideas, da amendoeira e de algumas plantas ornamentais do género *Prunus*. É considerada atualmente como uma das mais graves doenças das prunóideas devido ao grande impacto económico que causa, pois, a maioria das cultivares de pessegueiro, ameixeira Japonesa, alperce e amendoeira são suscetíveis à bactéria (EPPO, 2006; Stefani, 2010; Palacio-Bielsa *et al.*, 2010b). Por esta e outras razões, esta bactéria está listada como organismo de quarentena na legislação fitossanitária da

União Europeia (Directiva EU 2000/29/EC) e incluída na lista A2 da Organização Europeia e Mediterrânea de Proteção das Plantas (OEPP) (EPPO, 2006).

A doença foi inicialmente descrita na América do Norte em 1903 em ameixeira Japonesa (Smith, 1903) e mais tarde *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (Xap) foi descrita nas principais áreas de produção de prunóideas dos cinco continentes. Na Europa este patógeno está presente em Itália, e foi detetado na Bélgica, França, Alemanha, Holanda, Suíça, Espanha e em alguns países da Europa de Leste (López *et al.*, 2012; EPPO, 2016a).

11.5.2.1. Sintomatologia

Os sintomas na amendoeira são observados em folhas e frutos, e podem causar a morte dos tecidos (OEPP, 2006; Palacio-Bielsa *et al.*, 2010a). Nas folhas, é possível observar pequenas manchas necróticas escuras e poligonais, visíveis na página inferior ou superior da folha, que por vezes estão rodeadas por um halo de cor amarelada (Figura 11.20). Com a evolução da doença as manchas podem confluir, e ocorrer a queda dos tecidos, produzindo-se um sintoma semelhante ao crivado. Estas manchas localizam-se preferencialmente nas folhas da base dos rebentos e nas que se desenvolvem a partir da madeira com dois ou três anos.

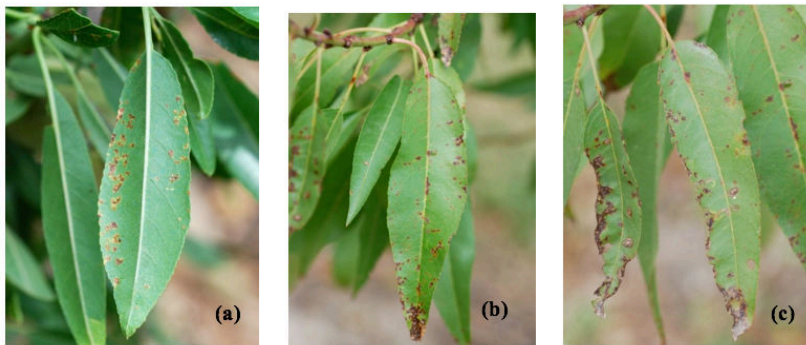


Figura 11.20 - Sintomas da Doença-d- Mancha-Bacteriana (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*) em folhas de amendoeira em amendoeira: (a) manchas necróticas poligonais rodeadas por halo amarelo, na página inferior da folha; (b) manchas na página inferior, concentradas no ápice da folha; (c) manchas necróticas na página superior da folha, mais concentradas no ápice da folha

Fotos de Dr. Miguel A. Cambra (Centro de Sanidad y Certificación Vegetal. Gobierno de Aragón. España) (Cortesia do autor, janeiro 2017)

As manchas aparecem por vezes agrupadas na margem do limbo e concentradas no ápice da folha, onde as bactérias se acumulam, devido às gotas de chuva (Figura 11.20 b,c). As folhas fortemente infetadas ficam amarelas ocorrendo desfoliação intensa (Palacio-Bielsa *et al.*, 2010a,b; Lamichhane, 2014).

Nos frutos, os sintomas são mais característicos e surgem no início da primavera. Observam-se manchas escuras e incorporadas no mesocarpo, sendo muito frequente o aparecimento de exsudações de goma (Figura 11.21a). Estes sintomas evoluem durante o verão com a desidratação natural do mesocarpo (Figura 11.21b), e as manchas que antes surgiam incorporadas e em depressão, aparecem nesta altura salientes na superfície do fruto, adotando uma forma circular (Figura 11.21c).

Por vezes surgem manchas escuras no endocarpo que podem afetar a amêndoa. Os frutos infetados podem cair prematuramente (Figura 11.21d) ou ficar na árvore após a colheita, acabando por mumificar com o tempo. Estes frutos mumificados estão carregados de bactérias viáveis, que servem de fontes de inóculo potencial para novas infeções (Palacio-Bielsa *et al.*, 2010a, b). Nos caules e ramos podem surgir cancro (Palacio-Bielsa *et al.*, 2010a) junto do ponto de inserção do pecíolo, que podem envolver todo o ramo.

Os sintomas causados por *Xap* podem por vezes ser confundidos com os sintomas causados por outras bactérias, fungos, vírus, ou fatores abióticos. Assim, *P. syringae* pv. *syringae* pode também causar a morte dos tecido e cancro em amendoeira, que se confundem com os sintomas causados por *Xap*.

P. amygdali também é uma bactéria patogénica na amendoeira, causando cancro hiperplásticos nos ramos (Psallidas, 1997). Por estas razões é importante detetar e identificar a doença através de protocolos laboratoriais adequados (EPPO, 2006; López *et al.*, 2012; Garita-Cambronero *et al.*, 2014; Lopez-Soriano *et al.*, 2016) que permitem o correto diagnóstico da doença, a adoção de meios de proteção adequados e o estabelecimento de medidas de quarentena efetivas.

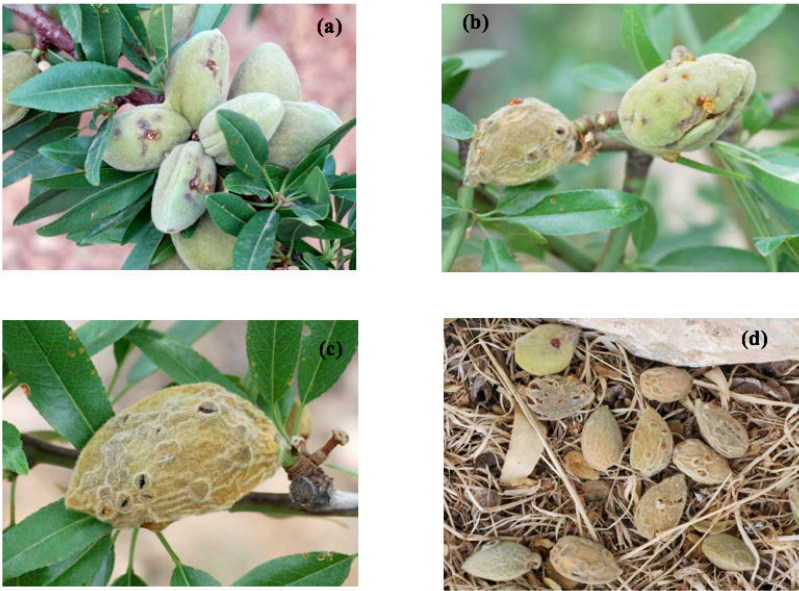


Figura 11.21 - Sintomas da Doença-da-Mancha-Bacteriana (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*) em frutos de amendoeira: (a) manchas escuras e incorporadas no mesocarpo, e exsudações de goma; (b) início da desidratação do fruto e intensificação dos sintomas com exsudação de goma; (c) lesões em elevação e circulares na superfície do fruto; (d) queda prematura de frutos infetados pela bactéria. Fotos de Dr. Miguel A. Cambra (Centro de Sanidad y Certificación Vegetal. Gobierno de Aragón. España) (Cortesia do autor, janeiro, 2017)

11.5.2.2. Epidemiologia

Apesar da sua importância económica, pouco se sabe sobre a biologia e epidemiologia da população desta bactéria de quarentena. *Xap* sobrevive durante o inverno nos gomos dormentes, cicatrizes dos pecíolos e nos cancrios sem manifestação de sintomas (Zaccardelli *et al.*, 1971; EPPO, 2006; Lamichhane, 2014), que constituem fontes de inóculo para as infeções primárias de *Prunus* sp.. Durante a primavera *X.*

arboricola começa a multiplicar-se e a propagar-se nas folhas novas, onde tem uma fase epifítica colonizando diferentes órgãos da planta assintomaticamente (Shepard e Zehr, 1994). Sob condições meteorológicas favoráveis, os primeiros sintomas aparecem nas folhas, e mais tarde nos frutos. Para se multiplicar ativamente a bactéria necessita de temperaturas relativamente elevadas (20-25°C) e humidade elevada durante cerca de oito horas, que pode ser resultante de chuvas frequentes na primavera, granizo, orvalho e neve. Se estas condições se registarem nas seis semanas após a floração (período crítico), a gravidade das infeções aumentará, e as perdas serão maiores. Condições semelhantes ao longo da estação de crescimento proporcionam infeções secundárias, podendo ocorrer vários ciclos de multiplicação da bactéria, e, por conseguinte, várias infeções num ciclo vegetativo (Palacio-Bielsa *et al.*, 2009), podendo as infeções ocorrer até ao fim do outono.

A disseminação da bactéria a grandes distâncias é realizada através de transporte de material vegetal contaminado (gomos, plantas). A chuva, vento, folhas caídas infetadas durante o ciclo vegetativo, máquinas agrícolas, mãos e roupas dos trabalhadores podem dispersar a doença entre árvores e parcelas próximas (curta distância). A disseminação e transmissão de *Xap* através da propagação por semente da amendoeira, onde a bactéria sobrevive, foi demonstrada pela primeira vez recentemente (Palacio-Bielsa *et al.*, 2014), o que evidencia uma nova via

potencial de dispersão da bactéria, cujo estudo permitirá uma melhor compreensão da epidemiologia deste patógeno de quarentena na EU.

11.5.2.3. Prevenção e meios de luta

Xanthomonas arboricola pv. *pruni* é uma bactéria de quarentena na União Europeia não estando declarada em Portugal, pelo que se devem adotar medidas para evitar a sua introdução e dispersão. O uso de plantas sãs exclui a introdução do patógeno na sua forma latente, o que implica a adoção de métodos de deteção precoces e eficazes. A deteção do patógeno em material de viveiro é a única maneira de evitar o seu movimento através do comércio internacional, sendo essencial que o material vegetal (gomos, plantas) utilizado para instalação de novos pomares, seja proveniente exclusivamente de viveiros registados, devendo ser acompanhados do respetivo passaporte fitossanitário. Deve-se ainda evitar as variedades mais sensíveis, como Antoñeta, Guara, Marta, Mas Bovera, e Vayro (Palacio-Bielsa, 2010b) e Fritz e Ne Plus (Gouk, 2016), especialmente se as plantações se localizam em áreas com elevada humidade. Como qualquer outra doença bacteriana, as medidas profiláticas são muito importantes para limitar a propagação da doença. São benéficas todas as práticas culturais que proporcionem maior ventilação do pomar, especialmente a poda. É também desejável que as fertilizações azotadas e as regas sejam ajustadas às

necessidades do pomar. Durante a poda de qualquer espécie suscetível a *Xap* é muito recomendável desinfetar os instrumentos e maquinaria, principalmente antes de se iniciar o trabalho numa nova parcela. Dado tratar-se de uma doença de quarentena, a legislação obriga a que, no caso de se observarem sintomas suspeitos, devem ser informados os serviços oficiais para confirmação laboratorial da presença da bactéria através de protocolos estabelecidos e, em cada caso serem aplicadas as medidas oficiais previstas para evitar a dispersão e instalação da doença.

11.5.3. *Xylella fastidiosa* (almond leaf scorch –ALS)

Xylella fastidiosa é uma bactéria Gram-negativa da classe *Gammaproteobacteria*, pertencente à família *Xanthomonadaceae*. Dada a sua perigosidade esta bactéria está listada como organismo de quarentena na legislação fitossanitária da União Europeia (Directiva EU 2000/29/EC) estando incluída na Lista A1 da Organização Europeia para a Proteção das Plantas (EPPO, 2016b). O género *Xylella* possui uma única espécie, e 3 subespécies: *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, *X. fastidiosa* subsp. *Multiplex* e *X. fastidiosa* subsp. *pauca* (EPPO 2016d; Marcelletti e Scortichini, 2016).

Durante muitos anos, esta bactéria esteve apenas limitada ao continente americano, mas em 1994 foi observada na Ásia (Taiwan e Irão). Na região da EPPO foi detetada em 2013 em

oliveira (*Olea europaea*) em Itália, e também em loendro (*Nerium oleander*), amendoeira (*Prunus dulcis*) e *Quercus* sp., representando a primeira deteção confirmada na Europa (Saponari *et al.*, 2013; EPPO, 2016c). Simultaneamente foi identificado o inseto *Philaenus spumarius* (Hemiptera: Aphrophoridae), espécie polífaga, comum na Europa, que é vetor da bactéria (EPPO, 2016d). Em 2015 foi detetado o primeiro foco da bactéria, subespécie *multiplex* em França em plantas da espécie *Polygala myrtifolia* (EPPO, 2015, 2016c; Palacio-Bielsa *et al.*, 2015). Muito recentemente, a bactéria (subsp. *Fastidiosa*) foi detetada em Espanha nas ilhas Baleares, infetando várias espécies, incluindo a amendoeira (EPPO, 2016c). Para evitar a dispersão de *X. fastidiosa* na União Europeia foram adotadas medidas fitossanitárias de emergência, e em Portugal foi implementado o Plano de Contingência para *Xylella fastidiosa* e seus vetores (DGAV, 2016).

11.5.3.1. Hospedeiros

Xylella fastidiosa possui mais de 300 espécies de plantas hospedeiras de 75 famílias botânicas, causando doenças em algumas espécies de grande valor económico como a amendoeira (*Prunus dulcis*), cafeeiro (*Coffea* spp.), citrinos (*Citrus* spp., *Fortunella*), luzerna (*Medicago sativa*), oliveira (*Olea europaea*), pessegueiro (*P. persica*), videira (*Vitis vinifera*, *V. labrusca*, *V. riparia*), plantas ornamentais, entre outras (EFSA, 2016; EPPO,

2016d). Na amendoeira causa a doença conhecida por *almond leaf scorch* (ALS), associada a sintomas de queimaduras foliares.

11.5.3.2. Sintomas

Os sintomas de *X. fastidiosa* são variáveis e dependem do hospedeiro infetado. A bactéria coloniza os vasos xilémicos, ocorrendo o bloqueio da circulação de nutrientes minerais e água da raiz para a zona apical, causando murchidão, debilitando toda a planta e podendo ocorrer a morte das plantas infetadas (EPPO, 2016d).

Os sintomas mais característicos de *X. fastidiosa* na amendoeira, são queimaduras foliares, que progridem a partir da zona apical e/ou lateral das folhas (Figura 11.22 e 11.23) e que surgem em meados de junho. Usualmente, observa-se uma pequena zona de tecidos amarelos (cloróticos) localizados entre os tecidos castanhos necrosados, e os tecidos verdes na parte central da folha, ver na Figura 11.23; no entanto, quando as temperaturas são elevadas esta zona clorótica de transição pode não se manifestar (Teviotdale e Connell, 2003).

À medida que a doença avança, os ramos morrem a partir do ápice (Mircetich *et al.*, 1976), seguindo-se um declínio generalizado da árvore e diminuição da produtividade dos pomares ao fim de 3-5 anos, podendo as árvores acabar por morrer (Mircetich *et al.*, 1976; EPPO, 2016d).



Figura 11.22 - Sintomas de *Xylella fastidiosa* em folha de amendoeira. Courtesy Dr. Donato Boscia, CNR-Institute for Sustainable Plant Protection, UOS, Bari, Italy (in <https://gd.eppo.int/taxon/XYLEFA/photos>)

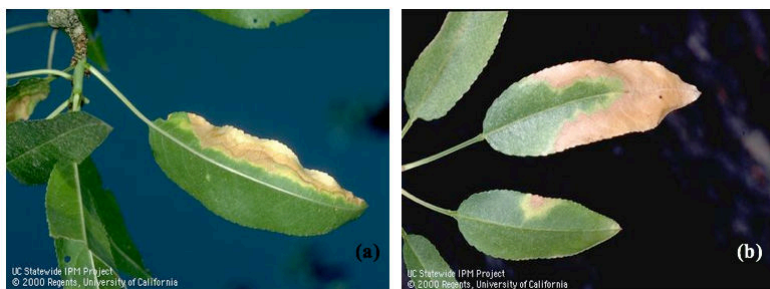


Figura 11.23 - Sintomas de *Xylella fastidiosa* em folha de amendoeira: (a) queimadura marginal unilateral da folha, observando-se uma pequena faixa clorótica entre os tecidos necrosados e sãos; (b) queimadura apical e marginal da folha, com faixa clorótica entre os tecidos necrosados e sãos
Fotos de Jack Kelly Clark, courtesy University of California Statewide Integrated Pest Management Program. (Cortesia do autor, janeiro, 2017)

Quando os sintomas são generalizados, a árvore fica com uma coloração dourada que dá outro nome à doença designada por morte dourada (Figura 11.24). No caso da amendoeira, as árvores infetadas pela primeira vez, usualmente, exibem sintomas nas folhas num único ramo terminal e, posteriormente, nos ramos adjacentes, sendo visíveis em toda a árvore, 2-5 anos após a infecção.



Figura 11.24 - Sintomas generalizados em amendoeira infetada com *Xylella fastidiosa*. Foto de Jack Kelly Clark, courtesy University of California Statewide Integrated Pest Management Program. (Cortesia do autor, janeiro, 2017)

Os sintomas causados por *X. fastidiosa* podem ser confundidos com os sintomas causados por fatores outros patogénios, stresse ambiental, défice da água, poluição ambiental, problemas nutricionais, golpes de calor, etc.). Os excessos de sais (cloretos e sódio) no solo ou na água, podem causar sintomas que por vezes não se distinguem dos causados por *X. fastidiosa* na amendoeira. Contudo, quando os sintomas são causados por excesso de sais, um grande número de árvores é afetado em zonas concentradas do pomar, em vez de se observarem sintomas em árvores individualizadas e dispersas, tal como acontece com *X. fastidiosa*. Os sintomas nas folhas também são diferentes, ficando as folhas queimadas numa zona mais próxima do ápice, não se observando usualmente a faixa clorótica/dourada entre os

tecidos necrosados e são, associados a infeções da bactéria (Teviotdale e Connell, 2003). Por estas razões, quando se observam sintomas suspeitos da doença, é absolutamente necessário realizar análises laboratoriais para confirmar a presença da bactéria através de protocolos de diagnóstico oficial de referência. Estas medidas são determinantes para a deteção precoce de *X. fastidiosa* e para a implementação de medidas de erradicação da doença eficazes, impedindo assim a sua disseminação numa nova área ou país.

11.5.3.3. Suscetibilidade das cultivares

A severidade da doença e o padrão de evolução dos sintomas na árvore dependem da suscetibilidade da cultivar e das condições climáticas (Mircetich *et al.*, 1976). *X. fastidiosa* é mais comum e mais severa na cultivar de amendoeira “Peerless”, seguida pela “Sonora”. “Nonpareil” é também suscetível e pode ser significativamente afetada. A doença é rara nas cultivares “Carmel” e “Butte” e, raramente observada noutras cultivares (Teviotdale e Connell, 2003).

11.5.3.4. Epidemiologia

A doença causada por *X. fastidiosa* resulta de interações biológicas e ecológicas complexas, que ocorrem em períodos de tempo curtos ou longos. É transmitida por insetos vetores,

nomeadamente *Draeculacephala minerva*, *Graphocephala atropunctata*, *Homalodisca vitripennis* (= *H. coagulata*) e *Xyphon fulgidum*, igualmente incluídos na lista A1 da EPPO (EPPO, 2016a). A bactéria coloniza dois habitats distintos, o xilema das plantas hospedeiras, e a cutícula da cavidade bucal de cigarras e cigarrinhas da ordem Hemiptera, subordem Auchenorrhyncha (Redak *et al.*, 2004), passando de algumas células a um filme bacteriano ao fim de duas semanas. Os adultos e ninfas infetados transmitem a bactéria de forma persistente, quando se alimentam de novas plantas sãs. A bactéria não se transmite à descendência através dos ovos, e não persiste entre estados ninfaís (com a muda, a bactéria é eliminada) (Freitag, 1951). Assim, em cada nova geração os insetos terão de se alimentar de plantas infetadas, para adquirir e transmitir a bactéria. *X. fastidiosa* sobrevive durante o inverno nas raízes e na madeira das árvores adjacentes, ou nos próprios hospedeiros cultivados, em infestante. Estes habitats são também local de refúgio para os insetos vetores (Palacio-Bielsa *et al.*, 2015).

A via de introdução de *X. fastidiosa* a longas distâncias a partir de países onde a bactéria está presente, ocorre através do comércio de material vegetal infetado, como aconteceu recentemente com plantas de café infetadas que foram intercetadas após importação de diferentes países (Jacques *et al.*, 2016). A dispersão a curta distância, entre árvores num mesmo pomar, é realizada pelos insetos vetores. Contrariamente ao que ocorre na vinha, nos

pomares de amendoeira, a distribuição de árvores sintomáticas é aleatória e não existem gradientes da doença distintos associados com o habitat dos insetos vetores.

11.5.3.5. Meios de luta

Não existem meios de luta eficazes contra *X. fastidiosa*, pelo que as medidas a utilizar são preventivas, passando pela utilização de variedades resistentes, realização de ações de prospeção em hospedeiros suscetíveis, insetos potencialmente vetores da doença, e controlo e certificação do material de multiplicação vegetativa destinada a novas plantações, que devem obrigatoriamente circular com passaporte fitossanitário. Tendo em conta que a bactéria ainda não foi detetada em Portugal, e para diminuir o risco da introdução desta grave e destrutiva bactéria, um Plano de Contingência foi implementado, tendo como objetivos estabelecer um conjunto de ações com vista a garantir uma rápida e eficaz resposta em caso de deteção da *X. fastidiosa* em Portugal. (DGAV, 2016). No caso de observação de sintomas da doença, obriga a legislação a que sejam informados os serviços oficiais, nomeadamente a Direção Regional de Agricultura e Pescas ou o Instituto de Conservação da Natureza e Florestas na região onde se observem os sintomas.

Agradecimentos

Ao Doutor Donato Boscia do CNR - Institute for Sustainable Plant Protection, UOS, Bari, Itália;

À Universidade da Califórnia, IPM Program, pela disponibilização de fotografias com sintomas de *Xilella fastidiosa* e *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* em amendoeira;

Ao Doutor Miguel Cambra do Centro de Protección Vegetal, CPV, Aragón, Espanha por disponibilizar as excelentes fotografias com os sintomas causados por *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* em amendoeira.

11.6. Bibliografía

Adaskaveg, J.E.; Gubler, W.D.; Duncan, R.; Stapleton, J.J. e Holtz, B.A. (2016^a). *Woody –Decay Fungi*. UC IPM Online. University of California, Agriculture and Natural Resources publication, 3431, available at <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r3100111.html>

Adaskaveg, J. e Gilbertson, R. (1995). *Compendium of Stone Fruit Diseases*. J. M. Ogawa, E. I Zehr, G. W. Bird, D. F. Ritchie, K., Uriu, J. K. Uyemoto. St. Paul, MN, eds. American Phytopathological Society.

Adaskaveg, J.E.; Gubler, W.D.; Duncan, R.; Stapleton, J.J. e Holtz, B.A. (2016^b). *Brown Rot Blossom Blight*. UC IPM Online, University of California, Agriculture and Natural Resources publication 3431, available at <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r3100111.html>.

Andolfi, A.; Mugnai, L.; Luque, J.; Surico, G.; Cimmino, A. e Evidente, A. (2011). Phytotoxins Produced by Fungi Associated with Grapevine Trunk Diseases. *Toxins*.3:1569-1605.

Arquero, O.; Lovera, M.; Roca, L. e Trapero, A. (2013). *Manual del cultivo del almendro: Plagas y Enfermedades*. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. 80pp.

Atkinson, J.B. (1971). *Diseases of tree fruits in New Zealand*. Wellington, A. R. Sherrer.

Bai, Q.; Zhai, L. F.; Chen, X. R.; Hong, N.; Xu, W. X. e Wang, G. P. (2015). Biological and molecular characterization of five *Phomopsis*

species associated with pear shoot canker in China. *Plant Disease*, 99:1704-1712.

Baumgartner, K.; Fujiyoshi, P. T.; Travadon, R.; Castlebury, L. A.; Wilcox, W. F. e Rolshausen, P. E. (2013). Characterization of species of *Diaporthe* from wood cankers of grape in eastern North American vineyards. *Plant Disease*, 97:912-920.

Bienapfl, J. C. e Balci, Y. (2013). Phomopsis blight: A new disease of *Pieris japonica* caused by *Phomopsis amygdali* in the United States. *Plant Disease*, 97:1403-1407.

Biggs, A.(1995). Leucostoma canker. In. *Compendium of Stone Fruit Diseases*. J. M. Ogawa, E. I Zehr, G. W. Bird, D. F. Ritchie, K., Uriu, J. K. Uyemoto. St. Paul, MN., eds. American Phytopathological Society.

Borkar, S.G. e Yumlembam, R.A. (2017). *Bacterial Diseases of Crop Plants*. CRC Press.

Camps, C.; Kappel, C.; Lecomte, P.; Leon, C.; Gomes, E.; Coutos, P. e Delrot, S. (2010). A transcriptomic study of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Cabernet-Sauvignon) interaction with the vascularascomycete fungus *Eutypa lata*. *Journal of Experimental Botany*, 61(6):1719–1737.

Cannon, P.F. (1996). Systematics and diversity of the Phyllachoraceae associated with Rosaceae, with a monograph of *Polystigma*. *Mycological Research*, 100 (12): 1409-1427.

COTHN (2011). *Moniliose*.
<http://infoagro.cothn.pt/portal/index.php?id=1982>. (acedido em 19/12/2016).

Czemmet, S.; Galarneau, E.R.; Travadon, R.; McElrone, A.J.; Cramer, G.R. e Baumgartner, K. (2015). Genes Expressed in Grapevine Leaves Reveal Latent Wood Infection by the Fungal Pathogen *Neofusicoccum parvum*. *PLoS ONE* 10(3):e0121828.

DGAV.

(2015). http://www.dgav.pt/fitofarmaceuticos/guia/finalidades_guia/InseceFung/Culturas/amendoeira.htm (acedido em 16/12/2016).

DGAV. (2016). *Plano de Contingência Xylella fastidiosa e seus vetores*. Direção Geral de Alimentação e Veterinária. 60pp.
http://www.drapc.min-agricultura.pt/drapc/servicos/fitossanidade/files/plano_contingencia_xylella_2016.pdf.

Diogo, E.; Santos, J. e Phillips, A. (2010). Phylogeny, morphology and pathogenicity of *Diaporthe* and *Phomopsis* species on almond in Portugal. *Fungal Diversity*, 44: 107-115.

DRAPN. (2016). *Avisos agrícolas*. Estação de avisos da Terra Quente, Circular nº6/2016.

EFSA (2016). European Food Safety Authority. Scientific report on the update of a database of host plants of *Xylella fastidiosa*: 20 November 2015. *EFSA Journal*, 214, 4378. doi:[10.2903/j.efsa.2016.4378](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4378) (regularly updated).

English, H.; Davis, J. e DeVay, J. (1974). Relationship of *Botryosphaerea dothidea* and *Hendersonula toruloidea* to canker Disease of Almonds. *Phytophatology*, 65:114-122.

EPPO (2000). Council directive 2000/29/EC of 8 May 2000 on protective measures against the introduction into the community of organisms harmful to plants or plant products and against their spread within the community. *Official Journal of European Community L1*, 69:1–112.

EPPO (2006). Diagnostic *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. Diagnostic. *EPPO Bulletin*, 36: 129–133.

EPPO (2015). EPPO Reporting Service 2015/181 *Xylella fastidiosa* detected in *Coffea* spp. plants imported into Switzerland. <https://gd.eppo.int/reporting/article-5128>.

EPPO (2016a). *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (XANTPR). Distribution. <https://gd.eppo.int/taxon/XANTPR/distribution>.

EPPO (2016b). EPPO A1 List of pests recommended for regulation as quarantine pests (**version 2016-09**) <https://www.eppo.int/QUARANTINE/listA1.htm>.

EPPO (2016c). First report of *Xylella fastidiosa* in Spain. EPPO Global Database. **EPPO Reporting Service no. 11 – 2016 Num. article: 2016/213**. <https://gd.eppo.int/reporting/article-5958>.

EPPO (2016d.) PM 7/24 (2) *Xylella fastidiosa*. *EPPO Bulletin*, 46: 463–500. doi:10.1111/epp.12327.

Fischer-Le Saux, M.; Bonneau, S.; Essakhi, S.; Manceau, C. e Jacques, M.A. (2015). Aggressive emerging pathovars of *Xanthomonas arboricola* represent widespread epidemic clones distinct from poorly pathogenic strains, as revealed by multilocus sequence typing. *Applied and Environmental Microbiology*, 81: 4651-4668.

Freitag, J.H. (1951). Host range of Pierce's disease virus of grapes as determined by insect transmission. *Phytopathology*, 41: 920–934.

Garita-Cambronero, J.; Ferragud, E.; Gorris, M.T.; López, M.M.; Palacio-Bielsa, A.; Cambra, M.; Mitidieri, M. e Cubero, J. (2014). *Detección de Xanthomonas arboricola pv. pruni mediante inmunocaptura magnética y PCR en tiempo real*. XVII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Resumen, p. 123, Lleida, 7-10 octubre. <http://hdl.handle.net/10532/2710>

Gomes, R.; Glienke, C.; Videira, S.; Lombard, L. e Groenewal, J. (2013). *Diaporthe*: a genus of endophytic, saprobic and plant pathogenic fungi. *Persoonia*, 31, 2013: 1-41.

Gort, J.A. (2014). Síntomas, daños y métodos de control de la mancha ocre del almendro. *Vida Rural*, 389: 28-32p.

Gort, J.A. e Sánchez, J.P.M. (2011). Control de plagas y enfermedades en el cultivo del almendro. *Vida Rural*, 332: 68-74p.

Gouk, C. (2016). Almond diseases and disorders. *Acta Horticulturae*, 1109: 249-254.

Grove, G. G. e Biggs, A. R. (2006). Production and dispersal of conidia of *Leucostoma cinctum* in peach and cherry orchards under irrigation in eastern Washington. *Plant Disease*, 90:587-591.

Gubler, W.D.; Adaskaveg, J.E.; Duncan, R.; Stapleton, J.J. e Holtz, B.A. (2009). Almond Shot Hole. UC IPM Online, University of California, Agriculture and Natural Resources publication 3431, available at <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r3100211.html>.

Hayward, A.C. e Waterston, J.M. (1965). *Xanthomonas pruni*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 50. CAB International, Wallingford, UK.

Highberg, L.M. e Ogawa, J.M. (1986). Yield reduction in almond related to incidence of shot-hole disease. *Plant Disease*, 70: 825-828.

Hirano, S.S. e Upper, C.D. (2000). Bacteria in the leaf ecosystem with emphasis on *Pseudomonas syringae* - a pathogen, ice nucleus, and epiphyte. *Microbiology and Molecular Biology Review*, 64: 624–653.

IIFAP (2007). *Manual práctico para el cultivo del almendro*. Sevilla (España), Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

Inderbitzin, P.; Bostock, R.; Truouillass, F. e Michailides, T. (2010). A six locus phylogeny reveals high species diversity in Botryosphaeriaceae from California almonds. *Mycologia*, 102(6):1350–1368.

Jacques, M.A.; Denancé, N.; Legendre, B.; Morel, E.; Briand, M. e Mississippi, S. (2016). New variants of coffee-infecting *Xylella fastidiosa*

issued from homologous recombination. *Applied Environmental Microbiology*, 82 (5): 1556-1568.

Kavak, H. (2005). Reactions of some almond (*Prunus dulchis*) varieties to leaf curl disease caused by *Taphrina deformans* in Şanlıurfa province of Turkey. *Journal of Agriculture Faculty HR. U.*, 2005, 9 (3): 9-12.

Knogge, W. (1996). Fungal infection of plants. *The Plant Cell*, 8: 1711-1722.

Lalancette, N., e Robison, D. M. (2002). Effect of fungicides, application timing, and canker removal on incidence and severity of constriction canker of peach. *Plant Disease*, 86:721-728.

Lalancette, N.; Foster, K. A. e Robison, D. M. (2003). Quantitative models for describing temperature and moisture effects on sporulation of *Phomopsis amygdali* on peach. *Phytopathology*, 93:1165-1172.

Lamichhane, J.R. (2014). *Xanthomonas arboricola* Diseases of Stone Fruit, Almond, and Walnut Trees: Progress Toward Understanding and Management. *Plant Disease*, 98: 1600-1610.

Lamichhane, J.R.; Messe, A. e Morris, C.E. (2015). Insights into epidemiology and control of diseases of annual plants caused by the *Pseudomonas syringae* species complex. *Journal General Plant Pathology*, 81: 331–350.

López, M.M.; Peñalver, J.; Morente, M.C.; Quesada, J.M.; Navarro, I.; López-Soriano, P.; Lopez-Soriano, P.; Boyer, K.; Cesbron, S.; Morente, M.C.; Peñalver, J. e Palacio-Bielsa, A. (2016). Multilocus Variable Number of Tandem Repeat Analysis Reveals Multiple

Introductions in Spain of *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*, the Causal Agent of Bacterial Spot Disease of Stone Fruits and Almond. *PLoS ONE* 11(9): e0163729. doi:10.1371/journal.pone.0163729.

Lorenz, D.H. (1976). Beiträge zur weiteren Kenntnis des Lebenszyklus von *Taphrina deformans* (Berk.) Tul. Unter besonderer Berücksichtigung der Saprophase. *Phytopathologische Zeitschrift*, 86: 1-15.

Lu, S.; Tian, Q.; Zhao, W. e Hu, B. (2017). Evaluation of the Potential of five Housekeeping Genes for Identification of Quarantine *Pseudomonas syringae*. *Journal of Phytopathology*, 165: 73–81.

Marcelletti, S. e Scortichini, M. (2016). Genome-wide comparison and taxonomic relatedness of multiple *Xylella fastidiosa* strains reveal the occurrence of three subspecies and a new *Xylella* species *Archives of Microbiology*, 198: 803. doi:10.1007/s00203-016-1245-1.

Michailides, J. (1991). Pathogenicity, distribution, source of inoculum, and infection courts of *Botryosphaeria dothidea* on pistachio. *Phytopathology*, 81:566-573.

Mircetich, S.M.; Lowe, S.K.; Moller, W.J. e Nyland, G. (1976). Etiology of almond leaf scorch disease and transmission of the causal agent. *Phytopathology*, 66: 77–24.

Mix, A.J. (1956). "Notes on Some Species of *Taphrina*". *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 59 (4): 465-482.

Niekerk, J.; Groenewald, J.; Farr, C, D.; FourieA, P.; Halleen, F. e Crous, A. (2005). Reassessment of *Phomopsis* species on grapevines. *Australasian Plant Pathology*, 34: 27–39.

OEPP/EPPO (2004). Bulletin OEPP/EPPO *Bulletin*, 34: 425-426.

Ogawa, J.; Zehr, E.; Bird, G.; Ritchie, K.; Uriu, D. e. Uyemoto, J. (1995). *Compendium of Stone Fruit Diseases*. St. Paul, MN, American Phytopathological Society.

Palacio-Bielsa, A.; Barber, A.S.; Ballestín, P.M.; Martínez, A.M.A. e Cambra, M.A. (2015). *Xylella fastidiosa* Wells *et al.* 1987. Dirección General de Alimentación y fomento agroalimentario. Centro de Sanidad y Certificación Vegetal. *Informaciones Técnicas* 1/2015.

Palacio-Bielsa, A.; Cambra, M.A. e Tomás, C.L. (2009). La mancha bacteriana de los frutales de hueso y del Almendro *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. Dirección General de Alimentación y fomento agroalimentario. Centro de Sanidad y Certificación Vegetal. *Informaciones Técnicas* 1/2009.

Palacio-Bielsa, A.; Cambra, M.A.; Berruete, I.M.; Collados, R.; Palazón, M.; Cubero, J.; Garita Cambronero, J.; Roselló, M. e López, M.M. (2014). *Capacidad de supervivencia y transmisión por semilla de Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* en almendro. XVII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Libro de resúmenes: Lleida, 7 - 10 octubre 2014, p. 111 <http://hdl.handle.net/10532/2708>.

Palacio-Bielsa, A.; Cambra, M.A. e Tomás, C.L. (2010^a). Sintomatología en Almendro de la mancha bacteriana de los frutales de hueso *Xanthomonas arboricola* pv. *Pruni*. Dirección General de Alimentación y fomento agroalimentario. Centro de Sanidad y Certificación Vegetal. *Informaciones Técnicas* 1/2010.

Palacio-Bielsa, A.; Roselló, M.; Cambra, M.A. e Lopez, M.M. (2010b). First report on almond in Europe of bacterial spot disease of stone fruits caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. *Plant Disease*, 94:786.

Pokharel, R. (2013). *Cytospora Canker in Tree Fruit Crops Crop Series/Diseases*. Fact Sheet No. 2.953. Colorado State University.

Psallidas, P.G. (1997). Hyperplastic canker—a perennial disease of almond caused by *Pseudomonas amygdali*. *OEPP/EPPO Bulletin*, 27: 511-517.

Ramos, N. e Soares, C. (2013^a). *Ficha de divulgação n° 13*. Estação de Avisos Agrícolas do Algarve. Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve.

Ramos, N. e Soares, C. (2013b). *Ficha de divulgação n° 6*. Estação de Avisos Agrícolas do Algarve. Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve.

Redak, R.A.; Purcell, A.H.; Lopes, J.R.S.; Blua, M.J.; Mizell III, R.F. e Andersen, P.C. (2004). The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology. *Annual of Review Entomology*, 49: 243–270.

Rezaei, R. e Taghavi, S.M. (2014). Host specificity, pathogenicity and the presence of virulence genes in Iranian strains of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* from different hosts. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 19: 2377-2391.

Rhouma, A.; Triki, M. A.; Ouerteni, K. e Mezghanni, M. (2008). Chemical and biological control of *Phomopsis amygdali* the causal

agent of constriction canker of almond in Tunisia. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 3: 69-77.

Saad, A.T. e Masannat, K. (1997). Economic importance and cycle of *Polystigma ochraceum*, causing red leaf blotch disease of almond in Lebanon. *OEPP/EPPO Bulletin* 1997, 27: 481–485.

Samavatian, H. (2006). Identification and distribution of bacterial disease agent of almond tree canker in Isfahan province. Proceedings of the IVth International Symposium on Pistachios and Almonds. *Acta Horticulturae* 726: 667-671.

Saponari, M.; Boscia, D.; Nigro, F. e Martelli, G.P. (2013). Identification of DNA sequences related to *Xylella fastidiosa* in oleander, almond and olive trees exhibiting leaf scorch symptoms in Apulia (southern Italy). *Journal of Plant Pathology*, 95(3): 659-668.

Scortichini, M. (2010). Epidemiology and predisposing factors of some major bacterial diseases of stone and nut fruit trees species. *Journal of Plant Pathology*, 92: 73-78.

Shepard, D.P. e Zehr, E., I. (1994). Epiphytic persistence of *Xanthomonas campestris* pv. *pruni* on peach and plum. *Plant Disease*, 78: 627-629.

Smith, E. (1903). Observations on a hitherto unreported bacterial disease, the cause of which enters the plant through ordinary stomata. *Science*, 17: 456-457.

Sofia, J. e Franca, M. (s/ data). *O Chumbo das Prunóideas*. Coimbra, MADRP- DRABL. Divisão de Controlo Fitossanitário, Laboratório de Sanidade Vegetal.

Stefani E. (s/d). Economic significance and control of bacterial spot/canker of stone fruits caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. *Journal of Plant Pathology*, 92 (Supplement 1): S1.99-S1.103.

Suzuki, Y.; Tanaka, K.; Hatakeyama, S. e Harada, Y. (2008). *Polystigma fulvum*, a red leaf blotch pathogen on leaves of *Prunus* spp., has the *Polystigmia pallescens* anamorph/andromorph. *Mycoscience*, 49: 95–98.

Tate, K., G. (1995). *Compendium of Stone Fruit Diseases*. Eds. J. M. Ogawa, E. I Zehr, G. W. Bird, D. F. Ritchie, K., Uriu, J. K. Uyemoto. St. Paul, MN.eds., American Phytopathological Society.

Teviotdale, B.L. e Connell, J.H. (2003). Almond leaf scorch. ANR Publication 8106, University of California. <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8106.pdf>.

Teviotdale, B.L.; Goodell, N. e Harper, D. (1997). Effect of infection by the shot-hole fungus, *Wilsonomyces carpophilus*, on drop and quality of almond fruit. *OEPP/EPPO Bulletin*, 27: 493-500.

Tuset, J.J. e Portilla, M.T. (1987). Principales alteraciones del almendro causadas por hongos en el área Mediterránea Española. *Fruticultura Profesional*, 11: 13–17.

Twizeyimana, M.; McDonald, V.; Mayorquin, J. S.; Wang, D. H.; Na, F.; Akgül, D. S. e Eskalen, A. (2013). Effect of fungicide application on the management of avocado branch canker (formerly *Dothiorella* canker) in California. *Plant Dis.* 97:897-902.

UCIPMP (1985). *Integrated Pest Management for Almonds*. University of California, Statewide Integrated Pest Management

Project, Division of Agriculture and Natural Resources, 1985. Universidade do Minnesota.

Udayanga, W.; Liu, X.; Crous, P.; McKenzie, E.; Chukeatirote, E. e Hyde, K. (2012). A multi-locus phylogenetic evaluation of *Diaporthe* (Phomopsis). *Fungal Diversity*, 56:157–171.

Vargas, F.J. e Miarnau, X. (2011). Field susceptibility to *Fusicoccum* canker of almond cultivars. 5th International Symposium on Pistachios and Almonds, Outubro, 2009, Sanliurfa (Turquía). *Acta Horticulturae*, 912: 751-755.

Vaz, A. (2008). *Doenças causadas por fungos Botryosphaeriaceae em videira: Caracterização fenotípica e molecular de isolados e sensibilidade a fungicidas*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

Young, J.M. (1991). Pathogenicity and identification of the lilac pathogen, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* Van Hall 1902. *Annals of Applied Biology*, 118: 283– 298.

Zaccardelli, M.; Malaguti, S. e Bazzi, C. (1998). Biological and epidemiological aspects of *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* on peach in Italy. *Journal of Plant Pathology*, 80: 125-132.

Zehr, E.I.; Shepard, D.P. e Bridges, W.C. (1996). Bacterial spot of peach as influenced by water congestion, leaf wetness duration and temperature. *Plant Disease*, 80: 339-341.

Capítulo 12 - Colheita

Arlindo Almeida

12.1. Introdução

A colheita da amêndoa é tradicionalmente manual por varejamento. Os frutos são destacados das árvores, caindo para o solo ou para intercetores (lonas) e daí recolhidos para o descasque, secagem e posterior comercialização.

Este processo, se totalmente manual, exige quantidade apreciável de mão-de-obra, de custo elevado. Com o objetivo de reduzir os custos da colheita, tem vindo a crescer o número de produtores a mecanizar a colheita.

A colheita envolve duas etapas, o destaque dos frutos e a sua recolha.

12.2. Destaque dos frutos

Para a maioria dos amendoais com 270 a 300 árvores por hectare, os sistemas mecânicos de destaque baseiam-se no uso de vibradores de tronco (Polat *et al.*, 2014), idênticos aos usados na colheita de azeitona (Figs. 12.1 e 12.2). O funcionamento destes equipamentos baseia-se na rotação de massas excêntricas (Ortiz-

Canãvate, 2012) que produzem uma vibração com amplitude e frequência adequadas ao destaque dos frutos sem provocar danos nas árvores (Ortiz-Cañavate e Hernanz, 1989). A rotação das massas excêntricas é normalmente assegurada por motores hidráulicos. A vibração é transmitida à árvore por uma pinça que abraça solidamente o tronco de forma a impedir qualquer movimento relativo entre a pinça e o tronco. Quando são produzidos danos nas árvores (como o descasque dos troncos) devem-se ao mau uso do vibrador ou mau funcionamento da pinça que agarra o tronco.



Figura 12.1 - Aspeto de um vibrador de tronco

Há vários modelos de vibradores. Alguns automotrizes (Fig. 12.3), outros acoplados a trator. Os que são acoplados a trator são montados na dianteira ocupando o lugar do balde da pá frontal (Fig. 12.4), outros são montados no sistema de engate tripolar na traseira do trator (Fig. 12.5).



Figura 12.2 - Pinça do vibrador envolvendo o tronco



Figura 12.3 - Vibrador de tronco automotriz com apara frutos



Figura 12.4 - Vibrador de tronco montado na dianteira do trator



Figura 12.5 - Vibrador de tronco semi-montado no sistema tripolar do trator

12.3. Recolha dos frutos

Destacada, a amêndoa é recolhida por processos manuais ou mecânicos. Utilizando mão-de-obra, são colocadas lonas sobre o solo movimentadas manualmente pelo amendoal acompanhando a progressão do destaque. Utilizando processos mecânicos a recolha pode ser efetuada utilizando enroladores de panos montados num semi-reboque (Figs. 12.6 e 12.7) (Ortiz-Canãvate, 2012). Neste caso é necessário um segundo trator para movimentar e acionar este equipamento e dois operadores para auxiliar o desenrolar e enrolar das lonas. Vários processos são utilizados pelos enroladores de panos para a descarga da amêndoa recolhida. Tapetes transportadores enviam os frutos para lonas, *big bags*, caixas ou reboques (Figs. 12.8 e 12.9).

Mais frequentemente os processos de recolha usam um aparafros (guarda-chuva invertido) (Ortiz-Canãvate, 2012) no interior do qual está alojado o vibrador (Fig. 12.10 e 12.11).



Figura 12.6 - Enrolador de panos para a recolha de frutos



Figura 12.7 - Destaque dos frutos com vibrador e recolha com enrolador de panos

Na zona inferior do aparta-frutos uma caixa pode armazenar temporariamente os frutos (200 kg a 400 kg) que são descarregados para lonas sobre o solo (Fig. 12.12), um reboque ou *big bag* quando a referida caixa atinge a sua máxima capacidade.

O uso dos aparta frutos está limitado pelo compasso de plantação. Para que o aparta frutos recolha os frutos destacados, deve ter 8 a

9 metros de diâmetro. Apara frutos com diâmetros de valor inferior não garantem a recolha da totalidade dos frutos destacados. Muitos acabam por cair para o solo. Compassos de plantação inferiores a 4 / 5 metros dificultam ou impedem o uso de apara frutos. Nestes casos o uso de enroladores de panos é recomendável.



Figura 12.8 - Enrolador de panos com recolha para caixas



Figura 12.9 - Enrolador de panos com recolha para lonas



Figura 12.10 - Vibrador de troncos com avara frutos fechado permitindo a deslocação do equipamento (Foto R. Tranchete)



Figura 12.11 - Vibrador de troncos com avara frutos aberto durante o destaque (Foto R. Tranchete)



Figura 12.12 - Descarga para lonas da amêndoa colhida com vibrador e avara frutos (Foto R. Tranchete)

Para que estes equipamentos conduzam de facto a uma redução de custos, é necessário que a capacidade de trabalho proporcione um limiar de rendibilidade que torne clara a vantagem em relação à colheita manual, isto é a capacidade de trabalho deve ser elevada, 1 a 2 árvores por minuto (Arquero e Nicolás, 2013).

Com esse objetivo as árvores devem ser conduzidas de modo que a altura do tronco principal permita o bom funcionamento do vibrador, isto é, que haja apenas vibração ao tronco e não às pernas. As pernas devem surgir a 40 cm/50 cm do solo, proporcionando um desafogo ao trabalho da pinça vibradora (Fig. 12.13).



Figura 12.13 - As pernas surgem a 40 cm/50 cm do solo permitindo a vibração ao tronco

Nos amendoais em sebe, a colheita é realizada com vibradores de copa cavalgantes (Fig. 12.14). É colhida linha a linha e não árvore a árvore. Estes equipamentos fazem uma colheita integral, destacam e recolhem os frutos (Marquez, 2014).



Figura 12.14 - Vibrador de copa em trabalho de colheita em amendoal em sebe (Herdade da Torre das Figueiras, Monforte) (Foto A. Dias)

12.4. Descasque e secagem

O descasque do fruto, a separação da semente do tegumento, é normalmente realizada por equipamento concebido para o efeito, de acionamento elétrico ou por acionamento pela *tomada de força* do trator (Fig. 12.15). A capacidade de trabalho destes equipamentos oscila frequentemente entre 200 a 2000 kg por hora (Arquero e Nicolás, 2013).

A humidade da amêndoa no momento da colheita depende do grau de maturação fisiológica dos frutos e das condições climatológicas do momento. Pode ser superior a 20%. Para evitar problemas no armazenamento deve reduzir-se a humidade para valores de aproximadamente 6% (Arquero e Nicolás, 2013).



Figura 12.15 - Equipamento de descasque de amêndoa acionado pela *t.d.f.* do trator
(Foto R. Tranchete)

A secagem pode ser feita de forma tradicional, estendendo a amêndoa sobre superfícies secas e arejadas, ou de forma industrial usando secadores.

12.5. Outros sistemas de colheita

Em algumas regiões produtoras de amêndoa, como nos EUA – Califórnia são usados sistemas de colheita que incluem plataformas (Marquez, 2014) recolhedoras nuns casos, noutros encordoadores de frutos (Marquez, 2014) previamente destacados para o solo para recolha por aspiradores (Arquero e Nicolás, 2013).

12.6. Nota final

É ainda escasso o conhecimento sobre a colheita mecânica da amêndoa. É necessário estudar uma bateria de parâmetros já avaliados para outras culturas, como por exemplo a capacidade de trabalho (número de árvores/ha), a eficiência de colheita (frutos colhidos/frutos produzidos), a aptidão das diferentes cultivares para a colheita mecânica, o período ótimo de colheita por cultivar, a relação amplitude / frequência dos vibradores mais adequada para a amêndoa, entre outros.

No caso da colheita em amendoais em sebe é necessário um estudo ainda mais aprofundado que responda, por exemplo, a questões tais como, qual a condução das árvores que permita um bom desempenho do equipamento por um longo período de vida útil do pomar.

12.7. Referências Bibliográficas

Arquero, O.; Nicolás, S. (2013). Recolección, in: Arquero, O. (Ed.), *Manual del Cultivo del Almendro*. Sevilla, España, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Márquez, L. (2014). *Maquinaria Agrícola para la Recolección*. Madrid, HB Ediciones.

Micke, W.C. e Kester, D.E. (1998). Almond Growing in California. *Acta Hort.* 470, 21-28 DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.470.1 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.470.1>

Ortiz-Cañavate, J. (2012). *Las Máquinas Agrícolas y su Aplicación*, Madrid, (7ª edición) Ediciones Mundi-Prensa.

Ortiz-Cañavate, J. e Hernandez, J.L. (1989). *Técnica de la Macanización Agraria* Madrid, (3ª edición) Ediciones Mundi-Prensa.

Polat, P.; Guner, M.; Dursun, E.; Erdogan, D.; Gezer, I. e Bilim, C. (2007). Mechanical Harvesting of Almond with an Inertia Type Limb Shaker, *Asian Journal of Plant Sciences* 6, 528-532.



Centro Nacional de Competências
dos Frutos Secos

A Associação CNCFS é uma pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos. Tem como objeto promover o desenvolvimento do setor dos frutos secos em Portugal, nomeadamente: a castanha, a amêndoa, a noz, a avelã, a alfarroba e o pistácio, pela via do reforço da investigação, da promoção da inovação e da transferência e divulgação do conhecimento.