

plantações
FLORESTAIS

plantações
FLORESTAIS

António Monteiro Alves
Maria Helena Almeida
Armando Goes

NOTA INTRODUTÓRIA

Este livro faz a apresentação das técnicas e práticas de silvicultura que respeitam à criação de novos povoamentos florestais. Trata-se duma área delimitada da gestão florestal, pelo que pareceu importante fornecer num primeiro capítulo uma visão geral do que compreende, no seu conjunto, a silvicultura como ciência e técnica, da criação, condução e exploração da floresta. E é importante e útil não só para dar a entender as razões dos objetivos a atingir pelas plantações que se vão estabelecer, mas também para garantir uma perceção global das operações que integram a atividade e, também importante, para ajudar a fixar e dar uniformidade a uma terminologia própria da silvicultura.

Quando se olha para a floresta, pelo menos quando não se possui a formação técnico-profissional especializada, tende-se, ainda hoje, a considerá-la como uma “dádiva de Deus”: qualquer coisa que apareceu naturalmente e é deixada ao cuidado do tempo que passa e, um dia, se necessário, ir lá recolher uma receita de maior ou menor vulto. É ainda assim, em maior ou menor grau, o que acontece com a floresta portuguesa fora das matas públicas e comunitárias e das matas de propriedade de empresas privadas de maior dimensão ou em áreas sujeitas a um regime associativo. A penetração de conhecimentos técnicos não só ao nível da criação das florestas, mas da sua condução e exploração, tem-se realizado a ritmos lentos e intermitentes. Há uma razão de fundo que explica este posicionamento.

A floresta é uma área produtiva de ciclo de longo prazo, isto é entre o momento da instalação até ao da recolha do produto podem decorrer dezenas de anos, portanto, um processo capital-intensivo e não de trabalho intensivo, que implicaria maior presença e interesse. Simultaneamente, é um processo de baixas rendabilidades, tudo concorrendo para, em particular numa perspetiva do pequeno ou médio proprietário, a considerar a floresta na marginalidade das suas preocupações (quando muito, como antigamente se dizia, como um eventual mealheiro, a que se recorre em momentos de maior aperto). Intervir produtivamente, isto é fazer gastos com as melhores instalações, utilizar sementes e plantas de qualidade, fazer as intervenções necessárias ao longo do ciclo produtivo, apresenta-se apenas como um encargo financeiro sem retribuição imediata que haverá dificuldade em enfrentar no quadro estreito do orçamento disponível. Simultaneamente, o pequeno empresário, pressionado pelas suas outras atividades de resposta a curto prazo, não terá possibilidades de avaliar (por desconhecimento técnico e económico) o resultado positivo do custo-benefício das operações a realizar, tanto mais porque este só ganha real perspetiva e significado na média-grande dimensão. Aqui, o grande papel a desempenhar pelas associações de produtores florestais e a necessidade de desenvolver investigação e experimentação ajustadas às nossas espécies e condições (o que também por vezes se julga que não é necessário).

Julho de 2016
António Alberto Monteiro Alves

Post scriptum: O abandono dos terrenos rurais, agravado pelo ciclo dramático dos fogos, cria a obrigatoriedade de encarar a arborização como uma atividade prioritária na gestão dos espaços florestais, enquadrada na recuperação ambiental, económica e social dos mesmos. Estas ações são condicionadas pelos cenários das alterações climáticas e conservação dos recursos naturais. O que poderá ser questionado são os modelos a utilizar e nunca a rearborização no espaço rural.

Maria Helena Almeida e Armando Goes

PREFÁCIO

A floresta portuguesa não tem sido uma prioridade nacional para os governos de Portugal, apesar de ocupar cerca de 1/3 da área do território continental e ter uma indiscutível importância económica, social e ambiental. Naturalmente há que considerar também os riscos. Fogos e outros acidentes inerentes à presença da floresta, são o *reverso da medalha*. Os incêndios deste século queimaram mais de dois milhões de hectares de florestas e matos, segundo o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF). Só em 2017, arderam 442 mil hectares entre povoamentos florestais (265 mil hectares) e matos (177 mil hectares), muito acima da média dos dez anos 2006-2015 que foi de 78 mil hectares para a área total de fogos rurais. O prejuízo causado pela enorme área ardida e as emoções geradas pela perda de vidas humanas em 2017, promoveu uma avalanche de programas de televisão e rádio, artigos de opinião, de divulgação e (também) de confusão, como seria de esperar em temas tão abrangentes, como o destino a dar aos milhares de hectares de floresta destruída ao longo dos últimos 20 ou 30 anos.

Esta questão continua pertinente pois a área de floresta em Portugal tem vindo a regredir, depois de um máximo nos finais do século passado. A taxa de perda líquida de área florestal foi estimada pelo IFN (Inventário Florestal Nacional) como - 0,3% por ano para o período 1995 a 2010. As perdas foram muito heterogéneas, atingindo níveis preocupantes em alguns casos. Por exemplo, o pinheiro bravo perdeu 263 mil ha entre 1995 e 2010. A maior parte transformou-se em “matos e pastagens” (165 mil hectares), do restante, uma parcela continuou a ser contabilizada como floresta., já que a expansão de outras espécies, principalmente o eucalipto e o pinheiro manso, compensou parcialmente as perdas do pinheiro bravo. Contribuíram para o retrocesso no pinhal, o aumento no número e na severidade dos incêndios rurais, nomeadamente a partir dos anos de 1980. Mas os fogos não contam apenas pela área ardida. O afogamento do arvoredado que sobrevive, estimula a mortalidade precoce de árvores. Também as secas e os ataques de agentes bióticos nocivos são factores de stress que têm contribuído para a desflorestação.

Reflorestar não é exclusivamente a breve acção de plantar árvores. O objectivo é garantir que o povoamento instalado chega “são e salvo” ao termo da explorabilidade. Durante este tempo muita coisa pode acontecer, inclusive catástrofes. Actualmente as alterações climáticas irão impor as regras para a constituição da nova floresta. Pensar a reflorestação neste contexto, requer, o difícil exercício de uma gestão adaptativa que, entre outras coisas considere a correspondência entre a composição do coberto florestal e as condições de conforto fisiológico das espécies presentes. O óptimo geográfico de cada espécie poderá deslocar-se e desencadear processos de *migração* coartados pela enorme fragmentação do território e pela rapidez da alteração climática.

As paisagens florestais resultaram em larga medida da colonização dos terrenos abandonados pela agricultura, numa matriz fundiária herdada de um passado rural ainda próximo. Por isso não se trata de reproduzir a floresta que tínhamos (temos) mas de criar paisagens mais seguras (por serem menos vulneráveis ao fogo e adaptáveis às alterações do clima), sustentáveis e economicamente viáveis. **Este é o desafio da reflorestação.** A não-intervenção (ou o abandono de terrenos recentemente arborizados) sob um

clima onde são frequentes os incêndios enquanto as árvores são pequenas e proliferam os matos, é provável que se instalem ciclos fogo – mato – fogo em vez da sucessão ecológica climática.

O estado em que a floresta se encontrava em 2017, resultou do êxodo rural e abandono agrícola que ocorreram durante uma grande parte do século XX, e da negligência dos políticos. Mas, no fim de contas, de toda a sociedade. Apesar do espectáculo mediático dos incêndios das últimas décadas, ter sido sobejamente explorado em cada Verão, nunca as florestas tinham recebido tanta atenção. Hoje é aceite a necessidade de rearborização em largas áreas do país. Seria bom que estas acções resultassem do consenso possível e não *encalhassem* nos escolhos da polémica partidária ou na ausência de vontade política para levar por diante o objectivo de uma floresta melhor.

O presente livro destina-se a apoiar este esforço. Considerado como volume companheiro de *Silvicultura, Gestão dos ecossistemas florestais* publicado em 2012, aborda matéria mais especializada cobrindo de preferência na área da instalação ou regeneração dos povoamentos florestais. António Monteiro Alves é o cordão que liga os dois volumes. Na tarefa de edição e actualização do manuscrito foram mantidas o mais possível a herança e o estilo que o primeiro autor nos legou.

Lisboa, 18 de Março de 2018
João Santos Pereira

AGRADECIMENTOS

Este livro teve como base a determinação do Prof. António Monteiro Alves. Como é sabido este autor publicou na década de 80 o livro *Técnicas de Produção Florestal*, que passados mais de 30 anos, com a evolução tecnológica, estava desatualizado. Na apresentação do livro *Silvicultura A Gestão dos Ecossistemas Florestais*, em 2012, Fernando Oliveira Baptista alertou para a necessidade de um texto atualizado relativamente às Plantações Florestais. O Prof. Monteiro Alves apesar da idade e saúde aceitou o desafio e partilhou-o com os outros autores. O seu exemplo de vida e testemunho não nos permitiu abandonar esta obra após o seu falecimento.

A sua conclusão foi possível graças à disponibilidade de um conjunto de colegas que partilharam o seu conhecimento e experiência elaborando textos originais que integram o livro, as 10 caixas, que enriquecem significativamente este trabalho. São eles: João da Rocha Pinho, Helena Fernandes e João Fernandes do Instituto da Conservação da Natureza e Florestas; Ivone Neves dos Viveiros do Furadouro; Luís Silva do WWF New Generation Plantations Platform; Maria do Loreto Monteiro do Instituto Politécnico de Bragança; Joaquim Quelhas dos Santos, Manuel Madeira, Manuela Branco, Ana Paula Ramos, Henrique Ribeiro e Miguel Bugalho do Instituto Superior de Agronomia.

Agradecemos, igualmente, ao João Santos Pereira que para além do prefácio foi ao longo deste processo sempre uma voz amiga e participativa. Assinalamos reconhecidamente a participação ativa da Carla Faria e Pedro Carvalho coautores do capítulo 2 e 6, respetivamente. Aos colegas Maria do Loreto Monteiro, Filipe Costa e Silva, Carla Faria e Helena Pereira, um agradecimento pelo contributo dado na revisão dos textos e sugestões apontadas. É também devido um agradecimento merecido à Márcia Santos, pela disponibilidade na preparação de parte substancial da ilustração gráfica e à Marta Carneiro pela revisão do texto. O Hachemi Merouani é aqui recordado pelo trabalho que desenvolveu no âmbito da conservação de sementes do sobreiro. As discussões realizadas no âmbito da “Task Force Planted Forest da IUFRO” foram um estímulo para a conclusão deste trabalho.

Estamos gratos à The Navigator Company pelo apoio dado na publicação deste livro.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO À SILVICULTURA	17
1.1 O que é a Silvicultura	19
1.1.1 Silvicultura e Plantações	19
1.1.2 Repovoamento Florestal	22
1.1.3 Silvicultura sustentável	23
1.2 Os Modos de Produção Florestal	27
1.2.1 Os povoamentos florestais	27
1.2.2 Os modos de produção florestal	28
1.2.3 Regeneração seminal e regeneração vegetativa	30
1.3 A Intervenção Produtiva	33
1.3.1 Potencialidade produtiva e produção	33
1.3.2 Fases de desenvolvimento dos povoamentos e classificação das árvores	38
1.3.3 Desbastes	39
1.3.4 Cortes de Formação	41
1.3.5 Desramações	44
1.4 Quadro geral das operações florestais	47
2. MATERIAIS FLORESTAIS DE REPRODUÇÃO	49
2.1 Introdução	51
2.2 A componente genética no desempenho dos MFR	53
2.2.1 Conceitos Gerais de Genética Florestal	55
2.2.2 Bases genéticas da diferenciação entre e dentro das populações	58
2.2.3 Origem geográfica e proveniência	63
2.3 Enquadramento legislativo dos MFR	67
2.3.1 Definição e características dos MFR e dos materiais de base	68
2.3.2 Níveis de diversidade genética e de ganho genético nos MFR	70
2.3.3 Região de Proveniência	73
2.3.4 Registo e Catálogo Nacional de Materiais de Base	75
2.3.5 Certificação e comercialização de sementes, partes de plantas e plantas	75
2.3.6 Requisitos de qualidade exterior aplicáveis a plantas	76
2.3.7 Passaporte fitossanitário	77

3. AS SEMENTES FLORESTAIS	79
3.1 Introdução	81
3.2 Processo Reprodutivo	82
3.3 Biologia das sementes	90
3.3.1 Maturação	91
3.3.2 Dormência	94
3.3.3 Germinação	95
3.4 Recolha de sementes florestais	98
3.4.1 Planeamento da recolha da semente	98
3.4.2 Métodos de recolha da semente	102
3.5 Processamento e conservação de sementes florestais	105
3.5.1 Processamento das sementes no período pós-colheita	105
3.5.2 Conservação da semente	109
3.6 Caracterização dos lotes de semente	112
3.7 Tratamentos pré-germinativos das sementes	121
3.8 Gestão de áreas produtoras de semente	123
 4. TÉCNICAS DE PRODUÇÃO DE PLANTAS	 129
4.1 Introdução	131
4.2 Os Viveiros Florestais	133
4.2.1 Caracterização e classificação	134
4.2.2 Localização	138
4.2.3 Aspetos particulares de viveiros de raiz nua	140
4.2.4 Estrutura Funcional	141
4.3 Propagação Seminal	143
4.3.1 Produção de plantas de raiz nua	143
4.3.2 Produção de plantas em contentor	153
4.3.3 Aspetos gerais da Rega e Fertilização	169
4.4 Propagação Vegetativa	174
4.4.1 Macropropagação	177
4.4.2 Micropropagação	183
4.5 Qualidade das plantas e Atributos Morfológicos e Fisiológicos	185
4.6 Aplicação do Conhecimento no Processo de Certificação das Plantas	194

5. A INSTALAÇÃO	199
5.1 Introdução	201
5.2 Fatores Gerais de Sucesso das Instalações	203
5.3 Preparação do Sítio	207
5.3.1 A Limpeza do terreno	207
5.3.2 Preparação (Mobilização) do solo	209
5.4 Métodos de Sementeira e de Plantação	217
5.4.1 Sementeira versus Plantação	217
5.4.2 Épocas de Sementeira e de Plantação	219
5.4.3 Modalidades de sementeira	221
5.4.4 Plantação	222
5.4.5 Crise de transplantação para local definitivo	223
5.4.6 Modalidades de Plantação	224
5.5 Planeamento da Arborização	229
5.5.1 Planeamento integrado	229
5.5.2 As grandes regiões de arborização	234
5.5.3 Determinantes da escolha das espécies a utilizar	240
5.5.4 Modelos de organização do espaço local	248
5.5.5 Normas de arborização e Legislação	253
 6. A EXPLORAÇÃO FLORESTAL	 259
6.1 A Exploração Florestal como processo de produção	261
6.1.1 A Exploração Florestal no contexto da Gestão Florestal Sustentável	261
6.1.2 As operações de exploração florestal	262
6.1.3 Mecanização Florestal: máquinas e técnicas operacionais	265
6.2 Planeamento da exploração florestal	279
6.2.1 Sistemas de exploração florestal	284
6.2.2 Fatores técnicos e económicos condicionantes dos sistemas de exploração florestal	286
6.2.3 Rendimentos e custos da exploração florestal	287
6.3 Exploração florestal e energia	290
6.3.1 Sistemas de aproveitamento de biomassa para energia	291

ÍNDICE DE CAIXAS

Caixa I	Plantações para as novas gerações	21
Caixa II	A conservação da biodiversidade e serviços dos ecossistemas florestais	25
Caixa III	Cortes de formação	41
Caixa IV	O testemunho de uma viveirista	133
Caixa V	A fertirrega e os adubos de libertação controlada de nutrientes	171
Caixa VI	Pragas e doenças de viveiros e plantações florestais	191
Caixa VII	A Fertilização no Contexto Florestal	204
Caixa VIII	O Solo e a Produtividade Florestal	237
Caixa IX	Arborizações, Planeamento Florestal e Ordenamento do Território Solo e a Produtividade Florestal	254
Caixa X	Segurança e Saúde no Trabalho na exploração florestal (SST)	280

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO À SILVICULTURA

1.1 O QUE É A SILVICULTURA

1.1.1 Silvicultura e Plantações

A circunstância de, no nosso País, as florestas naturais terem sido fortemente devastadas desde há séculos, levou a que a maioria dos povoamentos atuais tivesse uma origem artificial, através de sementeiras ou de plantações de espécies florestais. Por isso, frequentemente, se identifica floresta com plantação florestal. No entanto, num sentido estrito, **plantação** – *plantation* ingl. – diz respeito ao ato de **plantar** para obter um povoamento arbóreo, como um método que se opõe ao método alternativo da **sementeira**. A sementeira ocorre muito frequentemente sobre o terreno definitivo ou através das plantas obtidas em “viveiro” por via seminal (**produção de plantas**). Num sentido mais lato, quando consideramos o resultado final, plantação aplica-se nas duas situações. Plantação é também, assim, o próprio povoamento instalado, ou a floresta artificial – Planted Forest (FAO, 2016). Mas a silvicultura não se resume à plantação, além de plantar é preciso tratar o povoamento instalado ao longo da vida.

Mas o que devemos considerar floresta? Segundo as diversas instituições internacionais que se ocupam do assunto, considera-se **floresta** a ocupação de território por um coberto arbóreo (de dimensões mínimas em altura, na maturidade, de 5 metros) superior a 10% e área superior a 0,5 hectares. Os terrenos com 5-10% de ocupação com um coberto arbóreo ou com coberto de mais de 10% que não atinge os 5 metros de altura na maturidade, não são considerados floresta mas sim **terrenos arborizados e matos**.

Mais especificamente, seguindo a classificação da FAO (2010), deve distinguir-se entre **floresta natural** e **florestação** (isto é, o resultado do ato de florestar). No primeiro caso, deve ainda separar-se entre **floresta primária**, quando se trata de espécies indígenas sem sinais marcados de intervenção humana, onde os processos ecológicos próprios não estão significativamente perturbados, e **floresta de regeneração natural**, ainda referente a espécies indígenas, mas com possível intervenção humana. No que respeita à florestação, portanto à criação artificial de florestas, devem distinguir-se dois graus de intervenção: a **seminatural**, a partir de regeneração natural ou artificial, utilizando material florestal de reprodução daquela mesma área, e a **plantação pura**, que pode destinar-se a obter florestas de **produção**, a partir de espécies nativas ou introduzidas ou, também, florestas de **proteção** em situações especiais (Alves *et al.*, 2012). No Quadro 1.1 está resumida a classificação dos diferentes tipos de floresta.

QUADRO 1.1 – Classificação de tipos de florestas (FAO, 2016).

FLORESTAS NATURAIS		FLORESTAS PLANTADAS			
PRIMÁRIAS	REGENERAÇÃO NATURAL	SEMINATURAIS		PLANTAÇÕES	
Florestas de espécies nativas, onde não existem claras indicações visíveis de atividade humana e onde os processos ecológicos não estão significativamente perturbados	Florestas de espécies nativas, naturalmente regeneradas, onde não existem claras indicações visíveis de atividade humana	Regeneração natural assistida através de práticas silvícolas	Componente plantada	Produção	Proteção
		<ul style="list-style-type: none"> – Controlo de vegetação espontânea – Fertilização – Desbastes – Cortes seletivos 	Florestas de espécies nativas, estabelecidas através de plantação, sementeira e/ou talhadia	Florestas de espécies introduzidas, primárias ou nativas, estabelecidas através de plantação e/ou sementeira, principalmente para a produção de bens lenhosos e não lenhosos	Floresta de espécies nativas ou introduzidas, estabelecidas através de plantação e/ou sementeira, principalmente para o fornecimento de serviços

Segundo o Global Forest Resource Assessment (FAO, 2015), as florestas plantadas ocupam cerca de 289,6 milhões de hectares, representando 7,2% da área mundial de floresta e um aumento de 32,7% em relação a 2000 (+71,3 milhões de hectares, ou seja, cerca de 5 milhões de hectares por ano). A maior parte desta área foi estabelecida através da florestação de terrenos que não tinham floresta em tempos recentes, muito em particular na China. Um total de 165 países, representando 97,5% da área global de floresta, reportou área de florestas plantadas (Quadro 1.2), sendo que apenas cinco contabilizam metade da área mundial (53,4%) destas florestas (China, E.U.A., Federação Russa, Japão e Suécia).

A produção mundial de madeira em 2014 foi 3,7 mil de m³, sendo sensivelmente metade de rolaria para a indústria e a outra madeira de energia (*wood fuel* ingl.) (FAO, 2015). Segundo Carle e Holmgren (2008), o potencial das florestas plantadas daria para satisfazer, em 2010, 66% da procura global de rolaria industrial de 1,9 mil milhões de m³, com um aumento previsto para 80% em 2030. A previsão destes autores foi confirmada em 2010, apesar das florestas plantadas representarem apenas 7% da área mundial de floresta.

De acordo com os dados da FAO (2015) a taxa de desflorestação tem vindo a regredir nos últimos anos, de 0,18 para 0,08%, apesar disso, de 1990 a 2015 houve uma redução na área florestal em todo o mundo aproximadamente de 129 milhões de ha. Apesar de atualmente os níveis de arborização serem da ordem dos 5 milhões de hectares por ano, não cobrem a desflorestação anual agravada pelo enorme *deficit* ocorrido no passado, daí a acuidade deste tema.

Para os objetivos deste livro, é essencialmente o conceito da **Plantação** ou melhor, de **Floresta Plantada** como resultado de ações de sementeira direta ou plantação que está presente.

QUADRO 1.2 – Os países com maior área de floresta plantada em 2015 (FAO, 2015).

POSIÇÃO	PAÍS	2015			2000-2015	
		1000 ha	% País	% Área Florestal	1000 ha	1000 ha/ano
1	China	78,982	8,2	37,9	24,589	1,639
2	E. U. A.	26,364	2,7	8,5	3,804	254
3	Federação Russa	19,841	1,2	2,4	4,481	299
4	Canadá	15,784	1,6	4,5	6,439	429
5	Suécia	13,737	30,5	48,9	3,898	260
6	Índia	12,031	3,7	17,0	4,864	324
7	Japão	10,270	27,2	41,1	-61	-4
8	Polónia	8,957	28,6	94,9	312	21
9	Brasil	7,736	0,9	1,6	2,560	171
10	Finlândia	6,775	20,0	30,5	1,823	122
11	Sudão	6,121	3,3	31,9	482	32
12	Alemanha	5,295	14,8	46,4	-121	-8
13	Indonésia	4,946	2,7	5,4	1,624	108
14	Ucrânia	4,860	8,1	50,3	105	7
15	Tailândia	3,986	7,8	24,3	875	58

Naturalmente que com a evolução dos tempos tem havido uma tentativa de compatibilizar diferentes modelos de atuação por forma a gerar consensos. O conceito de Novas Gerações de Plantação, desenvolvido pelo WWF é um dos exemplos mais bem conseguidos desta nova realidade (Caixa I).

CAIXA I – Plantações para as novas gerações

Vivemos num mundo de sete mil milhões de pessoas, e em crescendo. Como podemos dar resposta à crescente procura das pessoas por alimentos, energia, água e materiais sem causar maiores danos ao mundo natural que os fornece? Que legado para as novas gerações? A plataforma Plantações de Nova Geração (NGP) foi criada pela WWF em 2007, com a participação de um conjunto de empresas e agências governamentais, para confrontar estes temas mais difíceis.

A nossa convicção é que plantações localizadas nos lugares certos e geridas adequadamente podem ter uma contribuição positiva para a natureza e pessoas. No seu início, o NGP centrava-se nos aspetos técnicos da gestão responsável de

plantações: (1) como evitar impactos negativos sobre a água, solo, carbono e ciclos ecológicos; (2) avaliar e desenvolver planos de gestão para áreas de alto valor de conservação; (3) ferramentas de envolvimento das partes interessadas.

Tudo coisas importantes, é claro – e a adoção dessas boas práticas pelas empresas e agências governamentais participantes é um sinal do progresso que fizemos. Mas esse foi apenas o início da viagem.

Hoje, o foco da plataforma NGP estende-se muito para além da gestão florestal, para abranger o papel mais amplo que as plantações desempenham na nossa sociedade. Como podem as plantações contribuir para uma maior resiliência territorial, onde usos produtivos da terra sustentem ecossistemas saudáveis? Como podem as empresas ir além de simplesmente fornecer trabalho e evitar conflitos com as comunidades locais, para criar valor económico, social e ambiental compartilhado, nos territórios onde atuam?

O NGP disponibiliza uma plataforma onde podemos partilhar conhecimentos, ideias e experiências e aprender uns com os outros, através de visitas, workshops, reuniões e publicações. Durante os primeiros estágios do projeto, os participantes identificaram quatro princípios fundamentais, concordando que as plantações devem:

- manter a integridade dos ecossistemas;
- proteger e melhorar os Altos Valores de Conservação;
- ser estabelecidas através de processos efetivos de envolvimento das partes *interessadas*;
- contribuir para o crescimento económico e o emprego.

Estes princípios e ferramentas permanecem tão relevantes como sempre. Cada vez mais estamos conscientes da necessidade de tomar parte de colaborações com os setores ligados ao uso da terra, atuar à escala da paisagem e participar das conversas globais.

Os dois últimos anos trouxeram alguns desenvolvimentos globais emocionantes, incluindo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, o acordo de Paris sobre Clima, a Declaração de Nova Iorque sobre Florestas e os compromissos “desflorestação-zero”. Ao apresentar modelos inspiradores, testados para silvicultura e agricultura responsável em larga escala, o NGP pode ajudar a transformar essas aspirações num legado positivo para as novas gerações.

Luís Silva

1.1.2 Repovoamento Florestal

Num sentido lato, por repovoamento florestal ou rearboração – *reforestation* ingl.; *reboisement* fr.– entende-se a formação de novos povoamentos florestais, quer em terrenos livres, mesmo que anteriormente tenham sido ocupados por floresta, quer em

situações de maior continuidade com a ocupação florestal anterior. Neste caso, mesmo havendo conversão ou reconversão dos povoamentos, trata-se mais de simples regeneração artificial. Este conceito de repovoamento abrange o domínio das técnicas e práticas florestais, isto é, o de fazer silvicultura, interferindo com outras utilizações do espaço e, portanto, com o seu ordenamento.

Numa outra perspectiva, a silvicultura consiste em, a partir dos povoamentos florestais (Figura 1.1), obter determinados produtos (bens e serviços), intervindo no meio natural, reordenando o espaço – se necessário através de técnicas de criação, intervenção produtiva e de exploração – recorrendo à variedade de soluções disponíveis quanto a composição e estruturas desses povoamentos.

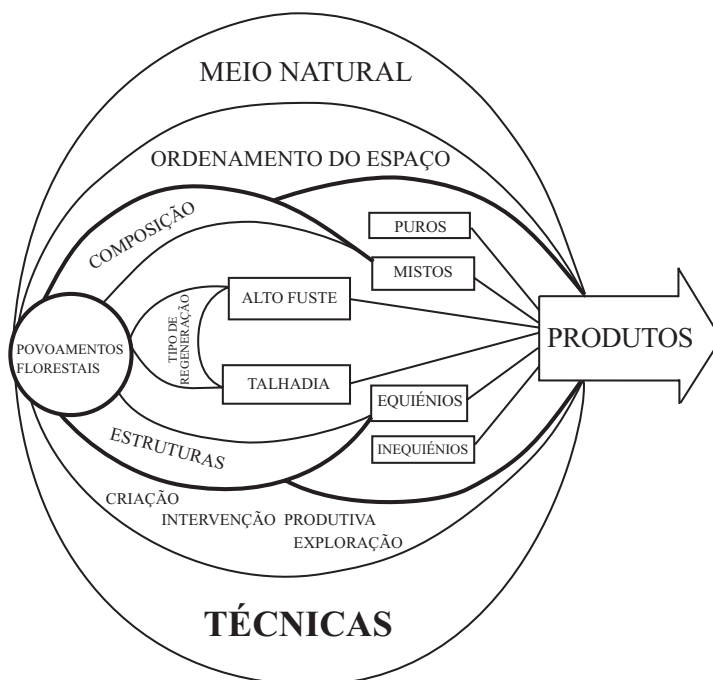


FIGURA 1.1
Sistemas e técnicas de produção florestal (Alves, 1982).

1.1.3 Silvicultura sustentável

Os métodos e técnicas da Silvicultura, como matérias que respeitam à criação, condução e exploração das florestas, estão na origem do conceito de sustentabilidade que, no mundo atual, se generalizou na aplicação a todas as atividades produtivas renováveis. Foi por se começar a sentir a carência de recursos florestais que, desde muito cedo, se procuraram soluções de exploração que permitissem a conservação futura desses mesmos recursos. Daí que a ideia de sustentabilidade das florestas seja congénita com a da própria exploração produtiva. Desde o século XVIII, na Alemanha, os responsáveis pela criação de uma ciência florestal começaram a dizer, com uma fórmula simples, que da floresta só “podia retirar-se o juro do capital próprio”, isto é, o seu acréscimo.

Na atualidade, entretanto, o alastramento dos ideais e das ideias ecológicos, de exigência de conservação da biodiversidade, concede ao conceito de sustentabilidade uma generalização, uma intensidade e ampliação aplicativas muito maiores. Verificou-se,

sobretudo, uma mudança de paradigma. Enquanto o acento tónico era posto numa silvicultura de obtenção de **múltiplos produtos**, não apenas os produtos lenhosos ou outros, como cortiças, por exemplo, agora, com a elevação do interesse pelos variados **serviços** que a floresta pode prestar, deve falar-se de uma **silvicultura multifuncional** (Figura 1.2).

FIGURA 1.2

Montado de sobreiro na Serra Algarvia – um exemplo de floresta seminatural, um sistema multifuncional.



Podemos localizar o ponto essencial desta mudança, em finais dos anos 80 do século XX, em coincidência com o conceito de sustentabilidade alargado à economia, o do **desenvolvimento sustentável**, e nos vários *fóruns* internacionais (Cimeira da Terra no Rio de Janeiro em 1992, Processos de Helsínquia em 1993, de Montreal em 1999 e, por fim, a COP23 em Bonn em 2017).

Resumindo, atualmente, não se pode realizar silvicultura sem que de modo, mais ou menos intenso ou mais ou menos próximo, não se deixe de atender aos manuais de conservação, nomeadamente: à conservação da biodiversidade, à manutenção da capacidade produtiva e sanidade e vitalidade dos ecossistemas florestais, conservação dos recursos em água e solo, manutenção da contribuição florestal para o ciclo global do carbono, manutenção dos benefícios socioeconómicos de longo prazo e usufruto das sociedades.

Em termos aplicativos, não só no que respeita à criação de novas florestas, como na gestão das existentes, não podem deixar de se ter em conta os princípios gerais de satisfação das estratégias de atuação, como os enunciados por Lindenmayer *et al.* (2006):

1. manutenção da sanidade dos ecossistemas;
2. manutenção dos sistemas aquáticos, sustentando os processos geomorfológicos e hidrológicos;
3. manutenção da complexidade estrutural dos povoamentos;
4. manutenção da heterogeneidade das paisagens;
5. aplicação, quanto possível, dos processos naturais na prática da gestão florestal.

Para cada um dos pontos anteriores deve haver uma intervenção técnica adequada, de maior ou menor intensidade. Tradicionalmente a floresta era avaliada pelos tipos de produtos que disponibilizava à sociedade: bens materiais (madeira, frutos ou casca) com preço de mercado, ou imateriais (proteção do solo, da água e do ar), sem mercado explícito – eventualmente com possibilidade de fixação de preços administrativos. Atualmente tende a ser olhada como floresta de múltiplas funções, garantindo a sustentabilidade, priorizando o lado da oferta, e não o lado da procura dos produtos e serviços (Caixa II). O valor da floresta deve ser avaliado pelas funções que exerce, e não apenas pelos produtos materiais que fornece, que deverão ser, quanto possível, monitorizados num quadro de planeamento ou de orçamento regional ou nacional.

CAIXA II – A conservação da biodiversidade e serviços dos ecossistemas florestais

As florestas albergam mais de 80% da biodiversidade terrestre e geram produtos e serviços essenciais à sobrevivência da humanidade. Aproximadamente 300 milhões de pessoas habitam ecossistemas florestais e cerca de 1 600 milhões de pessoas dependem directamente das florestas para a sua sobrevivência, nomeadamente populações indígenas. Os ecossistemas florestais geram cerca de 10% do Produto Interno Bruto em vários países em vias de desenvolvimento nos quais empregam formalmente 10 milhões de pessoas e informalmente 30 a 50 milhões de pessoas. Das florestas boreais, às florestas tropicais, passando pelas florestas temperadas até aos bosques Mediterrânicos, incluindo as plantações florestais, estes ecossistemas geram serviços e produtos específicos e suportam números variáveis de espécies de fauna e flora, consoante a região em que se encontrem e tipo de gestão e exploração a que estão sujeitos.

Para além de produtos como a fibra para produção de papel ou bio-energia, madeira para construção ou produtos não lenhosos (ex: cortiça, resina, latex para produção de borracha, frutos, caça, pesca) as florestas geram serviços essenciais à humanidade. Aproximadamente 17% das emissões globais de carbono são provenientes da degradação ou destruição de ecossistemas florestais, pelo que a conservação destes ecossistemas é essencial ao sequestro e armazenamento de carbono e mitigação dos efeitos das alterações climáticas. Para além do sequestro de carbono, outros serviços relevantes como a regulação do ciclo hidrológico (a vegetação, nomeadamente as árvores, medeiam os fluxos de água entre o solo e a atmosfera), o controlo da erosão do solo (o coberto florestal é essencial na protecção do solo contra precipitação torrencial, nomeadamente em zonas declivosas) ou, desde que bem geridos, a prevenção dos incêndios florestais.

Para que serviços como os referidos sejam realizados é necessário que os ecossistemas florestais sejam geridos de forma responsável. A certificação da gestão florestal, um procedimento voluntário, nascido na sociedade civil em 1993 e que se baseia em auditorias externas independentes à gestão, tem desempenhado

um papel importante na gestão destas áreas em acordo com princípios socio-económicos e ambientais. Actualmente existe evidência científica sólida de que a certificação contribui para a conservação da biodiversidade e dos serviços dos ecossistemas florestais. É no entanto essencial que mecanismos como os da certificação florestal sejam revistos periodicamente e adaptados à realidade para que continuem a cumprir objectivos para os quais foram criados.

A conservação da biodiversidade é pois um dos objectivos da gestão responsável, em paralelo com a manutenção dos serviços do ecossistema. Conceitos como o de Florestas de Alto Valor de Conservação (FAVC), que se baseiam na presença de atributos relacionados com valores de biodiversidade ou serviços para classificar determinada unidade de gestão florestal como tendo valor de conservação, têm contribuído para alertar para a relação entre biodiversidade e serviços dos ecossistemas. Mais importante ainda, conceitos como o FAVC têm contribuído também para colocar a espécie humana no plano central da conservação, alterando paradigmas que colocavam pessoas e biodiversidade em campos opostos da conservação. De facto, áreas florestais essenciais à sobrevivência de populações indígenas e da sua cultura podem ser consideradas como de alto valor de conservação de acordo com o conceito de FAVC.

Outros mecanismos, como os Pagamentos dos Serviços do Ecossistema (PSE), podem desempenhar também papel importante na gestão florestal responsável e na conservação da biodiversidade e serviços dos ecossistemas florestais. Os PSE visam compensar, através de apoio financeiro ou técnico, proprietários ou gestores que adoptem práticas de gestão sustentável e desse modo contribuam para gerar serviços e conservar a biodiversidade. Grandes mecanismos globais como o REDD + (“Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation”), suportados por um conjunto de países dadores do hemisfério norte, baseiam-se na alteração ou adopção de práticas que favoreçam a conservação das florestas do hemisfério sul através de incentivos a práticas de gestão adequadas. Outros exemplos de PSE incluem acordos voluntários entre empresas que pretendem mitigar a sua pegada ambiental e gestores e proprietários florestais, em várias regiões do globo.

A conservação da biodiversidade e dos serviços dos ecossistemas florestais, incluindo as plantações, é essencial à sobrevivência da humanidade. Em todo o globo multiplicam-se estudos de caso que usam diferentes ferramentas de conservação para responder a este desafio. É essencial multiplicar os casos de sucesso a nível global para que se cumpram os objectivos da conservação florestal.

Miguel Nuno Bugalho

1.2 OS MODOS DE PRODUÇÃO FLORESTAL

1.2.1 Os povoamentos florestais

Deve entender-se por povoamento florestal – *stand* ingl.; *peuplement* fr.; *masa* cast. – independentemente da forma como foi originado, a unidade elementar representativa do conjunto de árvores, em termos médios, uniforme quanto às espécies constituintes, a forma de arranjo espacial, classes de idade e qualidade do sítio. É a partir desta noção que se podem definir os diversos tipos florestais e os diferentes sistemas de organização da floresta (modos ou modelos de produção e sistemas florestais), sobre os quais incidirá a gestão florestal.

As duas componentes básicas que caracterizam um povoamento são a sua **composição** e a sua **estrutura**. A primeira diz respeito ao número e natureza das espécies florestais que o constitui, podendo distinguir-se em composições **puras** (uma só espécie; na prática, mais de 90%) e composições **mistas** (nas florestas artificiais, um pequeno número). Quanto à estrutura, há uma grande variedade de situações que se referem à forma como se distribuem no espaço as idades e dimensões das árvores que constituem os povoamentos.

Sendo geralmente a produção florestal a geradora de material lenhoso, para indústrias várias, a maioria das práticas tem como referência esse objetivo. Não significa que não existam outras produções florestais também muito importantes em condições mediterrânicas, como sejam as cortiças e resinas, ou os frutos, como a castanha e o pinhão, na zona de transição dos sistemas florestais para os sistemas agroflorestais.

Ainda assim, as questões da intervenção produtiva ganham zonas de identidade independentemente destes diferentes destinos que permitem a adaptação da generalidade das mesmas técnicas.

Existem dois grandes grupos: as Folhosas – *hardwoods, broadleaved forest* ingl.; *bois feuillu* fr.; *bosque de frondosas* cast. – botanicamente, Dicotiledóneas (subgrupo das Angiospérmicas, as plantas com flores verdadeiras) e as Resinosas – *softwoods, softwood forest* ingl.; *résineuse, forêt de conifères* fr. – Gimnospérmicas, que grosso modo se distinguem pela estrutura do xilema, anatomia das folhas e modo de reprodução (Alves *et al.*, 2012).

Costuma dizer-se, como indicador de uma qualquer miopia, “ver a árvore, mas não ver a floresta”. De facto, embora tenhamos de olhar a floresta como unidade produtiva, pois é ela que nos importa, para a entender devemos também compreender o funcionamento das árvores.

1.2.2 Os modos de produção florestal

Para além da sua composição e estrutura, os povoamentos distinguem-se também pela natureza da sua origem e pelos resultados da intervenção técnica que sobre eles se exercem no seu conjunto (**intervenção produtiva**) que, sob influência francesa, se denomina de **regimes e modos de tratamento** e que, na atualidade, recebe a designação de **modos de produção florestal**. Por um lado, os modos de produção dependem do tipo de regeneração e da forma como o povoamento foi originado (regime) e, por outro, dos tipos de intervenção durante a vida do povoamento, em consequência, das estruturas originadas (modo de tratamento).

Quanto aos regimes, consideram-se duas situações fundamentais:

1) ALTO FUSTE – *high forest* ingl.; *futaie* fr.; *monte alto* cast. – ocorre quando a perpetuação dos povoamentos se faz, direta ou indiretamente, por via seminal, isto é, por sementeira direta ou através de plantação (com prévia sementeira em viveiro). Exemplo: pinheiro bravo (Figura 1.3).

FIGURA 1.3

Pinhal bravo conduzido em alto fuste na Mata Nacional de Leiria. (fotografia de Ricardo Almeida)



2) TALHADIA – *coppice forest* ingl.; *taillis* fr.; *monte bajo* cast. – ocorre quando a continuidade dos povoamentos é proporcionada pelo aproveitamento dos rebentos ou pólãs caulinares (ou radiculares) resultantes de gomos adventícios ou dormentes, isto é, por regeneração assexuada. Contrariamente ao alto fuste, este regime não é possível (ou pelo menos não tem viabilidade económica) numa grande maioria das espécies florestais (dum modo geral, as espécies resinosas não lhe são adaptáveis). Exemplo: castanheiro (Figura 1.4).

Quando, na mesma mata, coincidem árvores em alto fuste e árvores em talhadia, temos uma situação intermédia, também chamada de “Talhadia Composta” – *coppice with standards* ingl.; *taillis sous futaie* fr. (Figura 1.5).



FIGURA 1.4
Castanheiro conduzido em talhadia.

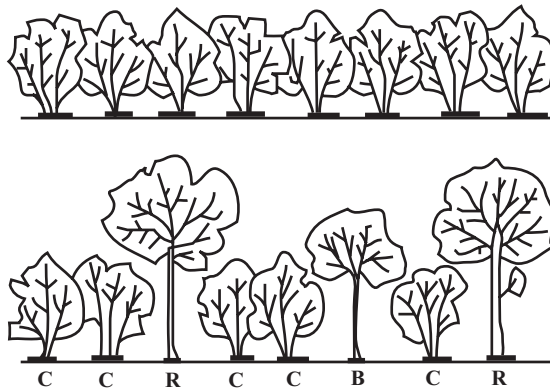


FIGURA 1.5
Modelo de talhadia simples (em cima) e talhadia composta (em baixo)
C – árvore em talhadia;
R – árvore em alto fuste;
B – árvore reserva
(Adaptada de Brosse, 2000).

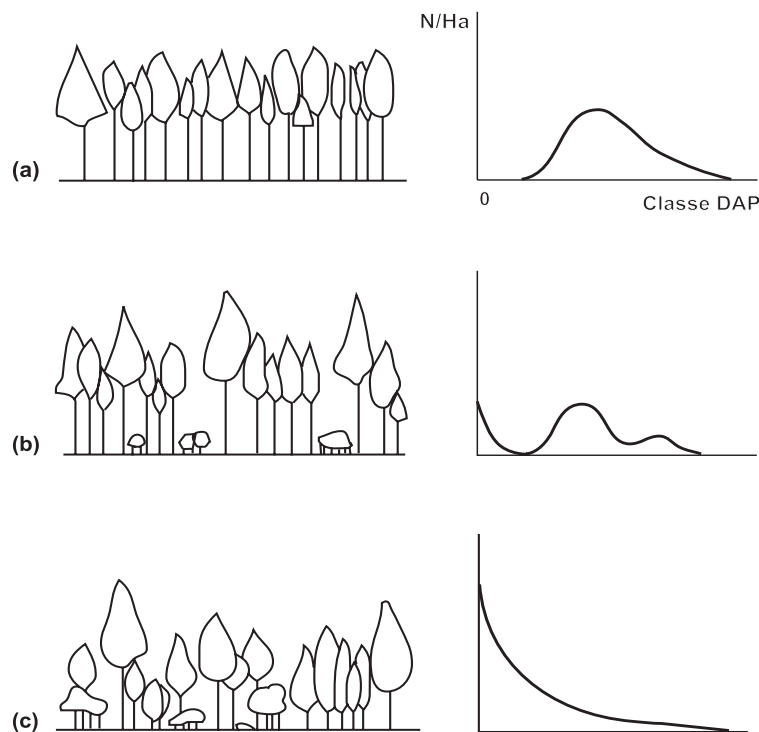
No que se refere aos “modos de tratamento”, isto é, às **estruturas** originadas, as situações a considerar, independentemente de se tratar de alto fustes e talhadias são:

1) REGULARES ou **EQUIÊNIAS** – *evenaged stands* ingl.; *futaie régulière, équienne fr.*; *de misma edad cast.* – quando as árvores constituintes dos povoamentos são todas da mesma idade, ou seja, pertencentes todas à mesma classe de idade: para grandes rotações (superiores a 50 anos), classes com intervalos de 10 anos, e para rotações inferiores, classes com cerca de 5 anos. Uma outra regra é considerar que a diferença de idades entre as árvores mais velhas presentes e as mais novas não deve exceder 20% da idade de exploração (rotação): por exemplo, num povoamento a explorar aos 80 anos, a diferença de idades deve ser no máximo de 15 anos.

2) JARDINADA – *selection forest* ou *all aged stands* ingl.; *futaie jardinée* fr.; *monte alto irregular* cast. – quando no povoamento estão presentes todas as idades, isto é, todas as classes de idade (mais corretamente, todas as classes de diâmetro). Esta situação é o caso mais típico (objetivo do povoamento ordenado) do caso mais geral e frequente das estruturas IRREGULARES ou INEQUIÊNIAS, em que em regra estão presentes múltiplas idades.

Na Figura 1.6 é apresentada uma representação gráfica destas diferentes estruturas, em correspondência com a respetiva relação que nelas existe entre o **número de árvores por hectare** e a sua dimensão, interpretada unicamente pela variável de maior utilização em silvicultura, o **diâmetro à altura do peito (DAP)** – por convenção universal, definida como o diâmetro à altura de um metro e trinta centímetros. Implicitamente, para este efeito, está a admitir-se uma correlação positiva entre a idade e o DAP.

FIGURA 1.6
Estruturas dos
povoamentos: (a) alto
fuste regular, (b) alto fuste
irregular e (c) alto fuste
jardinado (Alves *et al.*,
2012).



1.2.3 Regeneração seminal e regeneração vegetativa

Na base destas diferentes composições e estruturas fica sempre uma questão original, que é a forma de criação de novos povoamentos, isto é, a forma de regeneração: **regeneração seminal, natural ou artificial, e regeneração vegetativa**.

A importância dada às questões da regeneração natural foi decrescendo com o progresso dos conhecimentos. Deve mesmo dizer-se que, inicialmente, apenas havia regeneração natural. Costuma admitir-se que o nascimento da silvicultura, como opção intencional da intervenção humana, se faz, não pela sementeira artificial, mas pela rege-

neração vegetativa, para obtenção de novos povoamentos, através da talhadia (os *cedui* dos romanos). Simultaneamente, as preocupações iniciais quanto a uma regeneração do alto fuste, centraram-se na regeneração natural por semente, procurando aproveitar da melhor maneira os chamados **fatores críticos da regeneração**, que condicionam o aparecimento e vingamento das sementes e das jovens plantas: iluminação e aquecimento do solo, redução da competição radicular e disponibilidade de semente viável. Por este motivo, consoante as características das árvores (de espécie para espécie), a silvicultura técnica, desde o seu início no século XVIII até meados do século XX, foi dominada pela atenção dada aos diversos tipos de cortes finais, de exploração, cortes rasos, cortes sucessivos, cortes saltados, comandados pela ideia de criação de condições melhores para os novos povoamentos (Figura 1.7). Foi menosprezado, pelo menos entre nós e com o extremar de posições, entre uma silvicultura intensiva ou industrial – com rotações mais curtas e maior intensidade de intervenção (agricultura do lenho para que tendia caminhar-se exclusivamente) – e uma silvicultura dita ambiental, de nula ou mínima intervenção.

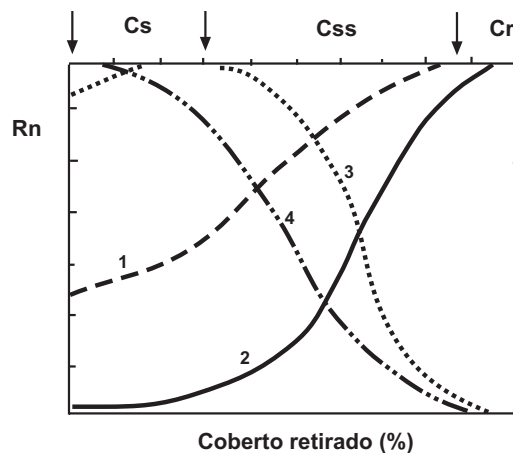


FIGURA 1.7
Fatores críticos da regeneração: Cs – cortes saltados, Css – cortes sucessivos, Cr – cortes rasos, Rn – radiação solar, 1 – Rn difusa, 2 – Rn directa, 3 – disseminação natural a partir do povoamento residual, 4 – competição radicular do povoamento residual (Alves, 1982).

A atualidade desta diferenciação resulta da penetração das preocupações ambientais. Assim, há uma imagem crítica na utilização de cortes **rasos** (ou **únicos**) – que duma só vez expõem o solo diretamente à chuva e insolação, o que é particularmente grave em situações declivosas, – face aos que defendem o recurso aos cortes **saltados** (estrutura jardinada) – cortes a controlar desde início, de modo a que, ao longo do tempo, se mantenha quase inalterada a cobertura do solo. Atualmente, em que a exploração florestal é na sua esmagadora maioria mecânica, tenta-se criar uma situação intermédia, em que se praticam cortes em talhões de dimensões reduzidas. Outra solução aplicada a uma estrutura regular, consiste numa abertura gradual dos povoamentos, ou seja, um primeiro corte, dito de sementeira (início da regeneração por abertura do coberto), depois mais um, dois ou três cortes, de modo a que, depois de retirar as árvores que restam, já exista um coberto de jovens plantas a atapetar o solo.

Para além das soluções alternativas dependerem das características das espécies, nomeadamente quanto às questões de ensombramento (há espécies de sombra que agradecem essa situação, mas outras exigem luz e não se regeneram sob coberto), a questão tem essencialmente um fundo de perspetiva económica. Sob este ponto de vista, a questão é contraditória: as soluções de maior interesse ambiental são as de menores custos associados.

As necessidades resultantes da maior procura de material lenhoso, por esgotamento ou rarefação das florestas, determinaram, por um lado, a expansão da floresta a áreas não antes arborizadas e, por outro, à intensificação dos povoamentos existentes. Daí o recurso cada vez mais frequente à sementeira direta e à plantação, em detrimento da sementeira natural. De qualquer forma, a intensificação é o processo natural de todos os sistemas produtivos. Simultaneamente, o conhecimento científico permite novas abordagens, nomeadamente neste domínio, aos temas da genética e melhoramento de plantas, permitindo encaminhar soluções de seleção de sementes e plantas, e consequentemente, de utilização direta e indireta de material reprodutor de melhor qualidade.

Quanto à regeneração vegetativa, sendo um processo intrinsecamente diverso da regeneração seminal, embora por vezes o não pareça, está largamente expandido, em particular nos países mediterrânicos. Apesar de estar limitado no seu campo de aplicação àquelas espécies que dão origem a rebentação a partir do tronco (*stump-sprouts*) ou da raiz (*root-suckers*), este processo apresenta aspetos interessantes. O principal consiste na circunstância de os rebentos de touça possuírem crescimento mais rápido nas fases iniciais de vida do que o das plantas obtidas por semente da mesma idade. Este crescimento mais rápido pode derivar, ao que tudo indica, da maior disponibilidade alimentar permitida pelas reservas de – hidratos de carbono e proteínas existentes nos sistemas radiculares herdados das árvores originais, mas também, obviamente, da regulação do processo genético-fisiológico subjacente à rebentação dos gomos (ou gemas) e crescimento dos ramos. No entanto, este impulso inicial não se prolonga por muito tempo (variável com as espécies), sendo por isso utilizável para exploração em curtas rotações. Por outro lado, durante as sucessivas rotações (de número variável, também, com a espécie), com um crescente inicial da quantidade produzida, decrescendo a partir dum certo momento, até perder justificação, levando a uma nova instalação por sementeira ou plantação. Porém, é importante referir que estes sistemas implicam a remoção das touças.

A variedade de soluções por talhadia é grande. Entre nós, temos o caso do eucalipto, com rotações de média-longa duração, mostrando crescimentos significativos para rolaria para pasta de papel. O caso também do castanheiro, que teve grande tradição no País, nomeadamente para cestaria e tanoaria, retoma na atualidade uma nova importância, conhecidos os modelos de produção de madeira de diferentes dimensões em função da estação, e dos carvalhais de Trás-os-Montes e Beiras. Um caso interessante é ainda o da talhadia de cabeça, com o corte feito não na base do tronco, mas a uma altura mais elevada, para obtenção de ramagem tenra para o gado, como acontece com os freixos, que fazem parte da paisagem dos lameiros do Norte.

Conjugando estes elementos estruturais do conteúdo funcional da silvicultura, é fácil compreender que haja diferentes formas ou modalidades da sua integração, dando origem a diferentes “sistemas de silvicultura” e, consequentemente, diferentes produtos a obter.

1.3 A INTERVENÇÃO PRODUTIVA

Para dar uma ideia global da silvicultura, para além das questões da instalação que são a matéria central deste livro, são abordadas de seguida e resumidamente, matérias que respeitam à condução, tratamento, ou melhor, à intervenção produtiva, isto é, às operações que visam melhorar quantitativamente e qualitativamente a produção.

1.3.1 Potencialidade produtiva e produção

A intervenção produtiva florestal distingue-se típica e mais geralmente, por se tratar de uma intervenção não em termos individuais, mas de massa, isto é, não dirigida às árvores individualmente mas ao povoamento, não só na sua execução mas na concepção e preparação. Tratam-se de operações periódicas, raramente anuais, prolongando-se no tempo. Embora cada vez mais se verifique uma intensificação da cultura, esta não implica por regra intervenções diretas no solo; operações como a fertilização, por exemplo, só se justificam nas curtas rotações das culturas industriais de maior rendibilidade. Essencialmente, esta intervenção produtiva realiza-se através de cortes (culturais ou intermédios, para os distinguir do corte final ou de exploração) que regulam a densidade do povoamento ao longo da sua vida – *stand improvement, tending of stands* ingl.; *education* fr..

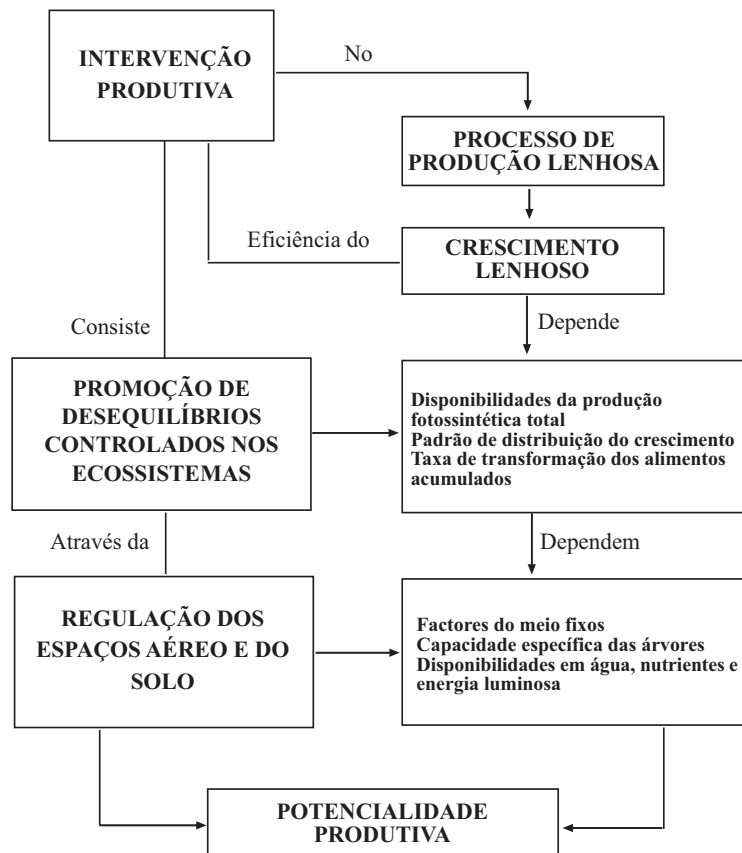
Distinguem-se fundamentalmente dois tipos de intervenções: as **limpezas** – *cleaning, weeding* ingl.; *nettoisement, degagement de semis* fr.; *eliminación de plántulas* cast. – e os **desbastes** – *thinnings* ingl.; *éclaircies* fr; *claras* cast.. A primeira, na fase inicial da vida dos povoamentos, com uma atuação sobre uma massa “bruta” dos povoamentos, com objetivo de desafogar o espaço de crescimento das árvores, de forma indiferenciada, sem grande seleção individual das plantas a sair e, a segunda, já com o objetivo claro de promover uma maior **eficiência produtiva**, atuando, portanto, seletivamente.

Esta maior eficiência tem a ver com um processo de **redistribuição do potencial produtivo** dum determinado **sítio** (estação, no sentido de estação ecológica, como se dizia sob influência da terminologia francesa), admitido aproximadamente inalterado ao longo do tempo, mas diferentemente aproveitado consoante o número (e qualidade, nomeadamente quanto à dimensão) das árvores que estão presentes em cada momento.

Na Figura 1.8 estão esquematizados os condicionalismos e objectivos da intervenção produtiva nos povoamentos florestais. O processo de crescimento lenhoso depende da disponibilidade de produção fotossintética total do povoamento, do padrão de distribuição de crescimento dentro das árvores e da taxa de transformação dos alimentos acumulados que, por sua vez, dependem dos fatores do meio ecológico (em princípio fixos), da capacidade específica das árvores, e das disponibilidades em água, nutrientes e energia luminosa, bem como da grandeza e produtividade de massa foliar. O conjunto destes fatores determina a **potencialidade produtiva** de cada povoamento e sítio, que pode traduzir-se em maior ou menor utilização (desperdício) e em diferentes tipos de produtos, através de intervenções (cortes) que promovendo desequilíbrios controlados no ecossistema, regulam o espaço de crescimento (aéreo e do solo). Em princípio, e de modo simples, um determinado potencial produtivo distribuído por

menos árvores conduz a árvores de maiores dimensões individuais e vice-versa (mais árvores conduzem a menores dimensões individuais), para além de diferentes formas de troncos e sua constituição (qualidade).

FIGURA 1.8
Condicionalismos e objetivos da intervenção produtiva nos povoamentos florestais (Alves, 1982).



Por outro lado, o crescimento lenhoso é interpretado, em termos quantitativos, pelo valor dos seus acréscimos temporais. Geralmente, é considerado o **acrécimo corrente**, por definição, o **acrécimo anual (a)**, como o valor da diferença do volume em determinado ano e o volume no ano anterior. Em termos práticos, o que importa na gestão do povoamento e da empresa, é calculado como a diferença do volume do povoamento numa determinada data i (V_i) e do volume medido no final do período n seguinte (V_{i+n}), fazendo o quociente:

$$\frac{V_{i+n} - V_i}{n}$$

o que para todos os efeitos é considerado como o acréscimo anual.

Mas importa mais, sob o ponto de vista da gestão, saber o que é o **acrécimo médio anual (m)**, isto é, o valor do quociente do volume em determinado momento V_i e o valor i , dos anos que levaram a ser constituído:

$$m = \frac{V_i}{i}$$

A Figura 1.9 permite esclarecer o que significam e como se relacionam estas variáveis. A curva do crescimento lenhoso, como em geral todo o crescimento orgânico, tem a forma dum S alongado $V(t)$, com concavidade voltada para cima na parte inicial (ponto i , de inflexão da curva) e, posteriormente, concavidade voltada para baixo. Assim, pelas leis a que obedece esta curva (parte inferior da Figura 1.9), o acréscimo anual (a) mantém sempre valores superiores ao acréscimo médio anual m , enquanto este assume valores crescentes; pelo contrário, quando m decresce, a apresenta valores inferiores. De referir que a atinge o valor máximo antes do momento em que m atinge o seu máximo (ponto r).

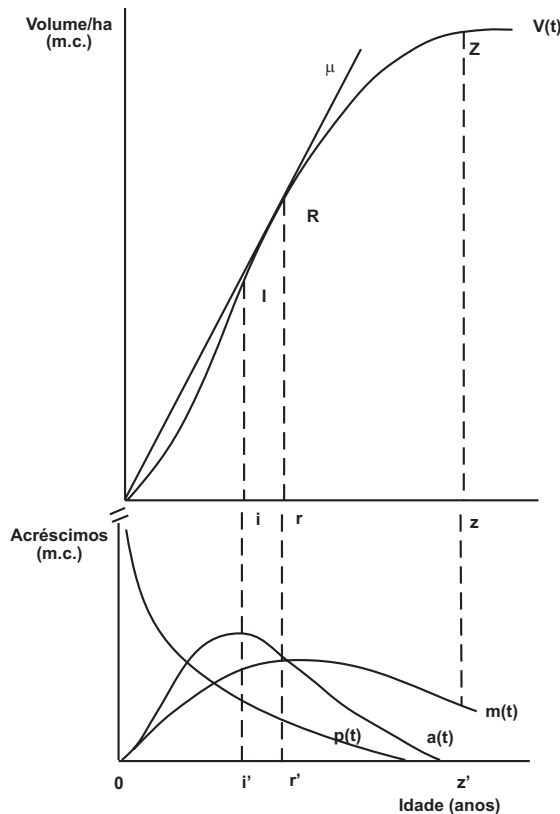


FIGURA 1.9
Evolução do volume lenhoso e dos respectivos acréscimos (a – acréscimo anual; m – acréscimo médio anual; p – acréscimo percentual) (Alves *et al.*, 2012).

Ora, o sentido da produção lenhosa é melhor percecionado pelo valor do acréscimo médio anual máximo ($m \text{ max}$) atingido, do que pelo valor do acréscimo corrente em determinada idade ou o no momento de maior valor do volume em pé (Vr). No fundo, dizer que a produção é, por exemplo, de $Vr = 250$ metros cúbicos por hectare e ano, porque não há referência ao número de anos que levou a ser produzido, não faz sentido (comparativo); o que o faz é dizer que a produção é de 5 metros cúbicos por hectare e ano ($r = 50$ anos). Assim, o melhor momento verifica-se, nesta aceção de produção máxima, isto é, do acréscimo médio anual máximo, quando os valores calculados para os acréscimos anuais deixam de ser superiores aos dos acréscimos médios, ou seja, a partir da posição em que esperar mais tempo para os aproveitar não tem justificação, uma vez que a partir desse ponto, decrescem os valores dos acréscimos anuais correntes.

Clarificando um pouco mais, o volume em pé em cada momento, é o **volume principal**, isto é, aquele que provem das árvores que se vão mantendo em pé ao longo do

tempo (algumas vão sendo cortadas), embora originado em diferentes indivíduos. Assim sendo, o volume principal é uma variável que descreve a evolução do crescimento dum povoamento. Por outro lado, o volume das árvores que foram sendo retiradas constituirá o **volume secundário** (ou de desbastes). O valor do volume que resulta da soma do volume em pé (principal), no momento do corte final, com o somatório dos volumes retirados (secundários) ao longo da vida do povoamento, é um valor de cálculo, a que se chama **volume total** (*total growth* ingl.).

No processo produtivo florestal (produção lenhosa) não existe, assim, um valor da “produção” previamente definido, salvo casos excecionais, por um indicador de “maturidade física ou fisiológica” (como na arboricultura). O produto (*yield* ingl.; *rendement rapport* fr.; *rendimiento* cast.) tem uma definição de carácter comercial ou económico (madeira para carpintaria ou para indústria de papel, por exemplo) que, tecnicamente, se designa por **possibilidade** (aquilo que é possível cortar). No entanto, dentro dessa definição prévia pelos objetivos do empresário, pode existir ainda uma margem de possibilidades determinada pelas condições de crescimento. Assim, além de algum critério tecnológico que determine a qualidade de madeira, existe a possibilidade de cortar mais cedo ou mais tarde e, nesse caso, entra o critério do maior valor produtivo médio anual (**m max.**), tecnicamente designado por critério da **explorabilidade** (condição de estar explorável) **absoluta**.

Neste sentido, o indicador para saber qual o melhor momento de corte é o da idade em que se atinge o valor máximo do acréscimo médio anual do volume principal. Assim, não existem ganhos ao deixar ficar o povoamento além deste valor máximo, uma vez que os acréscimos efetivamente gerados a partir daí são crescentemente menores, e, pelo contrário, optar por cortar antes desse momento, também implica a perda dos acréscimos crescentemente maiores expectáveis até atingir o valor máximo. É evidente que existem outros critérios, mais elaborados, mas menos generalizados, para fixar o melhor momento do corte, nomeadamente os critérios financeiros, que contabilizam quer os custos envolvidos, quer os valores das receitas previsíveis.

Mais uma nota: duas espécies diferentes ou a mesma, em locais de potencialidades diferentes, podem atingir o mesmo volume em idades diferentes. Existem, portanto, duas potencialidades diferentes, entendendo potencialidade produtiva como um complexo resultante de diferentes fatores como a potencialidade da espécie, a potencialidade do sítio e a qualidade da intervenção. Daqui a noção corrente de diferente **rapidez de crescimento**. O eucalipto é uma espécie de rápido crescimento, enquanto os carvalhos são de lento crescimento. Pode recorrer-se a um índice simples (e uma escala) para interpretar esta noção de rapidez:

$$Rc = 100 \times (m.max.) \times 1/t$$

em que **m.max** é o valor do acréscimo médio anual máximo e **t** o tempo (anos) em que este foi atingido. Assim, segundo uma escala proposta, teríamos lento crescimento para valores de **Rc** inferiores ou iguais a 5, médio-lento crescimento entre 5 e 10, médio crescimento de 10 a 25, médio-rápido crescimento de 25 a 50 e rápido crescimento, mais de 50.

De referir também que, em termos de perceção da potencialidade produtiva de determinado sítio, para além do valor de acréscimo médio anual do volume principal,

deve ter-se em conta, o somatório de todos os volumes extraídos nos desbastes (volume total) que também resultaram do mesmo potencial de produção.

É importante lembrar o interesse prático da variável **volume total** que, não estando presente em cada momento do povoamento, pode ser relacionada com uma variável desse povoamento mensurável em qualquer momento, a chamada **altura dominante** ou de topo que, para efeitos de cálculos, é considerada como a altura das 100 árvores mais grossas presentes no povoamento (Lei Eichhorn). Apesar de existirem outras formas de calcular o volume total, nomeadamente os modelos de crescimento (Pretsch, 2009; Burkhart e Tomé, 2012), é com base na aceitação geral desta lei (da relação entre volume total e altura dominante) que é possível chegar a um instrumento importante do ordenamento das matas, as chamadas tabelas de produção (*yield tables*), que fornecem a variação dos volumes lenhosos (previsão) em correspondência à evolução das idades (Quadro 1.3).

QUADRO 1.3 – Tabela de produção para o pinheiro bravo, zonas basais: $h(50) = 24$ m; $Fw = 0.25$ (Oliveira *et al.*, 2000)

IDADE	POVOAMENTO PRINCIPAL					POVOAMENTO SECUNDÁRIO			POVOAMENTO TOTAL		
	h_{dom}	N	d	G	V	N_s	d_s	V_s	V_{total}	ama	ac
15	9,8	2500	10,2	20,6	101,6	835	8,6	16,4	101,6	6,8	–
20	13,5	1665	13,7	24,4	143,8	787	11,9	37,2	160,2	8,0	13,7
25	16,4	878	19,9	27,2	184,9	280	16,6	31,7	238,5	9,5	14,2
30	18,6	598	24,7	28,7	217,4	135	20,8	28,0	302,7	10,1	11,9
35	20,4	463	28,6	29,8	244,0	77	24,3	24,3	357,3	10,2	10,1
40	21,8	386	31,8	30,6	266,2	49	27,1	20,9	403,9	10,1	8,6
45	23,0	337	34,4	31,2	284,9	34	29,5	18,0	443,5	9,9	7,3
50	24,0	303	36,5	31,7	300,7	25	31,4	15,6	477,3	9,5	6,3
55	24,9	278	38,4	32,1	313,9	19	33,1	13,6	506,1	9,2	5,4
60	25,6	259	39,9	32,4	325,0	15	34,4	11,9	530,8	8,8	4,6
65	26,2	244	41,2	32,6	334,1	12	35,6	10,4	551,8	8,5	3,9
70	26,8	233	42,3	32,8	341,5	10	36,6	9,2	569,6	8,1	3,3
75	27,3	223	43,3	32,8	347,3	8	37,4	8,2	584,6	7,8	2,8
80	27,7	215	44,1	32,8	351,6	7	38,1	7,3	597,2	7,5	0,0

h_{dom} – altura dominante; N – número de árvores por hectare, povoamento principal; d – diâmetro da árvore média do povoamento principal; G – área basal por hectare (m^2); V – volume por hectare, povoamento principal (m^3); N_s – número de árvores por hectare, povoamento secundário; d_s – diâmetro da árvore média do povoamento secundário; V_s – volume da árvore média do povoamento secundário; V_{total} – volume total por hectare (m^3); ama – acréscimo médio anual (m^3/ha); ac – acréscimo corrente (m^3/ha).

1.3.2 Fases de desenvolvimento dos povoamentos e classificação das árvores

Além das limpezas, operações da vida inicial das plantações de caráter pouco seletivo, essencialmente de desafogo, e das desramações (mais adiante), são os desbastes a intervenção silvicultural por excelência. Para melhor entender estas intervenções convém dar ideia das **fases de desenvolvimento** dos povoamentos ao longo da sua vida:

1) Primeira fase designada de **nascedio** – *herb/bush stage/ thicket stage* ingl.; *forré* fr.; *monte bravo* cast. –, caracterizada por corresponder a uma população de plantas jovens, indiferenciada, densa, emaranhada, em mistura e competição intensa com vegetação arbustiva e herbácea espontânea. É uma fase favorável às plantas intolerantes à sombra e às de crescimento rápido e que, variável com espécies e sítios, se prolongará por 5-10 anos.

2) Fase de juventude, **novedio** – *young/stem exclusion stage* ingl.; *gaulis* fr. –, de larga duração, variável com as espécies e os objetivos da produção, mas caracterizada por grande competição e crescimento em altura, início da individualização dos fustes e desrama natural. Trata-se da fase típica para as “limpezas”.

3) Fase de **maturidade** – *mature stage/understorey* ingl.; *sous-étage* fr.; *sotobosque* cast. –, na qual ainda domina o crescimento em altura e a individualização dos fustes mas que, em termos europeus, costuma subdividir-se em duas subfases, o **bastio** – *bas-perchis* – e o **fustadio** – *perchis* –, distinguindo-se esta última pelo fenómeno do engrossamento do tronco, nítida individualização de árvores, primordialmente por ação dos desbastes. Com a redução da densidade, proporcionada pela abertura do coberto, inicia-se a possibilidade da regeneração natural, mas também o surgimento de vegetação arbustiva e herbácea.

4) Fase do envelhecimento (*old growth stage* ingl.), verdadeiramente a fase de **alto fuste** – *high forest* ingl.; *futaie* fr.; *monte alto* cast..

Tendo em vista a técnica de intervenção produtiva, importa também dispor de alguns critérios de classificação das árvores sobre a qual incida a seleção mais objetiva das árvores a cortar nessas operações. Fundamentalmente, e para o alto fuste, quanto à posição das árvores no coberto, às dimensões e conformação da copa e à qualidade do fuste. No que se refere ao primeiro aspeto, as árvores no povoamento podem classificar-se em: **Dominantes** (D), árvores de maior grandeza relativa, cujas copas se colocam marcadamente acima do nível médio das restantes, permitindo receber iluminação direta quer na parte superior quer dos lados; **Codominantes** (C), as que se distinguem das anteriores por receberem a iluminação direta essencialmente na parte superior; **Subdominantes** ou intermédias (S), árvores de menores dimensões, que apenas recebem luz direta na extremidade das copas; **Dominadas** (d), as que, não recebendo diretamente iluminação, ficam inferiorizadas no coberto – *overtopped, supressed* ingl.. A partir destas classificações podem estabelecer-se indicadores numéricos que facilitam a identificação e registo de campo. É o caso da classificação B.C.F.T. (Alves, 1982) que, para além da definição de situação no coberto, classifica a conformação da copa e a qualidade do fuste em três graus: Bom, Levemente defeituoso e Muito defeituoso.

1.3.3 Desbastes

Apesar de ser considerada a técnica de intervenção florestal por excelência, os desbastes – *thinnings* ingl.; *éclaircies* fr.; *claras* cast. – não são de simples aplicação prática, uma vez que implicam a existência de estudos adequados para enquadrar corretamente cada situação concreta. São aplicadas regras gerais de bom senso quando são escassos os estudos dendrométricos prévios o que se aplica são regras gerais de, digamos, bom senso sem grandes e prévios estudos dendrométricos.

Como já referido, esta operação visa uma “redistribuição do potencial produtivo”, que se traduz pela remoção de determinadas quantidades e categorias de árvores segundo critérios múltiplos, e que, no seu conjunto, caracterizam o que se designa por **regime** de desbastes.

Cada regime define-se por um conjunto de indicadores, na sua maior latitude, os seguintes:

1) Tipo de desbaste – definido pelas características gerais da intervenção, principalmente quanto à relação entre as classes de dimensão e posição no coberto das árvores que se retiram e das árvores que ficam, mas também quanto ao estado do fuste e da copa antes e depois. Fundamentalmente, existem os seguintes tipos de desbaste:

Fundamentalmente, existem:

a) Desbaste pelo baixo – *low thinning* ingl.; *éclaircie par le bas* fr.; *clara por lo bajo* cast. – que visa retirar não só as árvores mortas ou doentes, mas também as árvores dominadas, de inferior posição no coberto e com copas pior conformadas, de modo a favorecer o desenvolvimento das árvores dominantes e de melhor qualidade. Consoante os objetivos, o desbaste pode efetuado com maior ou menor grau de severidade: de muito leve, a moderada e forte intervenção. Este tipo de desbaste é apropriado a espécies mais ou menos intolerantes à luz, em que as árvores dos andares dominados perdem capacidade de competição e de resposta a eventual desafogo a fazer nos andares superiores.

b) Desbaste pelo alto – *crown thinning* ingl.; *éclaircie par le haut* fr.; *aclareo por alto* cast. – aplicável em situações com espécies mais ou menos tolerantes (no sentido de capacidade de desenvolvimento à sombra), onde se pretende favorecer excepcionalmente árvores de boa qualidade, perante árvores próximas também dominantes, e em que a capacidade de desenvolvimento dos indivíduos dos andares dominados se mantém para aproveitamento do espaço deixado pelos cortes nos andares superiores.

c) Desbaste seletivo e desbaste mecânico – *selection thinning/ mechanical thinning/ geometric thinning* ingl. –, sendo o primeiro, tipicamente, o que se aplica para condução de povoamentos jardinados, em que se verifica a escolha individual das árvores a deixar em pé, com certa independência quanto à posição no coberto mas pela sua qualidade e situação de competição, e o segundo, o mecânico, essencialmente aplicável aos casos de silvicultura intensiva, com os povoamentos instalados a compasso certo, com grande uniformidade do crescimento das árvores, não havendo grande necessidade de seleção dos indivíduos, e havendo vantagens para a realização de operações culturais, nomeadamente na introdução de maquinaria,

e, portanto, em que se visa a remoção de árvores escolhidas a distâncias predeterminadas (*space thinning* ingl.), por exemplo situadas em linhas ou faixas (Figura 1.10).

FIGURA 1.10
Primeiro desbaste
mecânico num povoamento
regular de *Pinus ellioti*.



2) Periodicidade de desbaste – refere-se à localização no tempo das sucessivas intervenções de desbaste, o que implica, no mínimo, definir o momento do primeiro desbaste e o número de intervenções seguintes. Considera-se, geralmente, uma periodicidade longa, de 10 ou mais anos, e curta, com cerca de 5 anos.

3) Peso dum desbaste – designa o volume do material retirado em determinada intervenção.

4) Grau dum desbaste – diz respeito à relação (%) entre o volume do desbaste (peso) e o volume presente antes do desbaste ser realizado; pode também falar-se do grau do regime de desbastes quando nos referirmos à relação entre o volume de todos os desbastes e o somatório do volume principal no momento do corte final, com a soma do volume de todos os desbastes efetuados. Fala-se geralmente de graus de desbaste **fraco** (20%), **moderado** (40%) e **forte** (60%).

5) Intensidade dum desbaste – *thinning grade* ingl.; *intensité d'éclaircie* fr.; *intensidad de clara* cast. – indicador paralelo ao do acréscimo médio anual do povoamento, isto é, o quociente entre o volume extraído num desbaste e o número de anos do período de desbaste.

Assim, a realização dos desbastes, isto é, a sua regulação ou controlo, exige, como já se referiu, a elaboração de estudos prévios para o conhecimento do estado dos povoamentos e a determinação dos efeitos quantitativos e qualitativos desta intervenção. Trata-se do domínio específico da **dendrometria** – *forest mensuration* ingl.. Entretanto,

há sempre orientações gerais mínimas que podem ser aplicadas, por adaptação de situações admitidas como semelhantes ou derivadas de simples bom senso. Em Portugal, e tendo em conta o pinheiro bravo, existe já alguma informação básica no que diz respeito a valores médios de produção, como é o caso de tabelas gerais de produção para as regiões montanas (Quadro 1.4).

QUADRO 1.4Tabela de produção para pinheiro bravo, zonas submontanas e montanas: $h(40) = 24$ m; $Fw = 0.23$ (Oliveira *et al.*, 2000)

IDADE	POVOAMENTO PRINCIPAL					POVOAMENTO SECUNDÁRIO			POVOAMENTO TOTAL		
	h_{dom}	N	d	G	V	N_s	V_s	V_s	V_{total}	ama	ac
16	13,00	1140	16,00	22,92	135	–	–	–	135	8,44	–
20	16,82	668	21,90	25,16	191	472	0,129	61	252	12,60	29,25
30	21,32	416	28,92	27,33	247	252	0,0341	86	394	13,13	14,20
40	24,00	328	33,11	28,24	280	88	0,545	48	475	11,88	8,10
50	25,77	285	35,87	28,80	302	43	0,674	29	526	10,52	5,10
60	27,02	259	37,82	29,10	316	26	0,808	21	561	9,35	3,50
70	27,95	242	39,28	29,33	327	17	0,824	14	586	8,37	2,50
80	28,67	230	40,40	29,48	336	12	0,917	11	606	7,58	2,00

h_{dom} – altura dominante; N – número de árvores por hectare, povoamento principal; d – diâmetro da árvore média do povoamento principal; G – área basal por hectare (m^2); V – volume por hectare, povoamento principal (m^3); N_s – número de árvores por hectare, povoamento secundário; v_s – volume da árvore média do povoamento secundário; V_s – volume por hectare, povoamento secundário (m^3); V_{total} – volume total por hectare (m^3); ama – acréscimo médio anual (m^3/ha); ac – acréscimo corrente (m^3/ha).

1.3.4 Cortes de Formação

Os cortes de formação são realizados na preparação do arvoredo com o objetivo de produção de matérias-primas de qualidade superior. Na Caixa III, esta intervenção cultural é apresentada salientando a incongruência existente entre a legislação relativa às podas do sobreiro, que de acordo com a lei devem estar concluídas a 30 de março, e os resultados obtidos experimentalmente.

CAIXA III – Cortes de formação

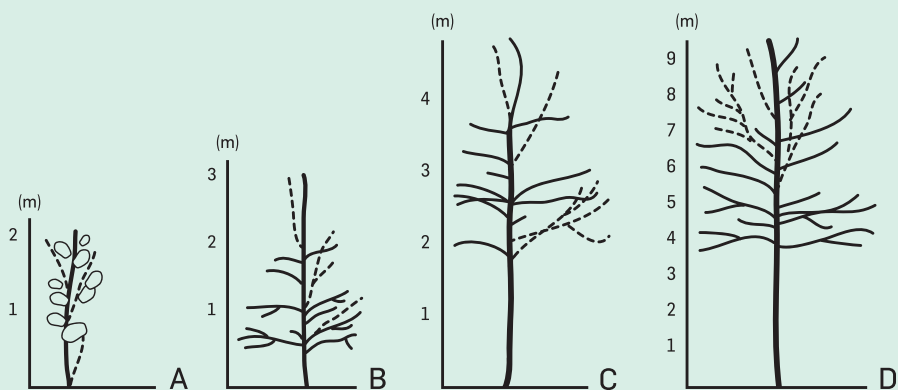
Cortes de formação são intervenções culturais, **somente realizadas em folhosas**, produtoras de madeira de qualidade ou cortiça, com o objetivo de constituir árvores com fuste direito, de forma cilíndrica e sem defeitos para valorização dos indivíduos.

Em sistemas florestais para produção de madeira de qualidade, a árvore deverá idealmente apresentar-se aquando da exploração, com 6 a 8m de fuste limpo, retilíneo e sem defeitos, por exemplo nós soltos, com crescimentos regulares e com cerca de 50 cm de diâmetro à altura do peito. Esta situação só será conseguida se for antecedida de **cortes de formação** nas primeiras idades.

Os cortes de formação são realizados, em plantas jovens, em 3 a 4 fases e organizados da seguinte forma (Figura 1.11):

1) Início da constituição do fuste: consiste em suprimir os duplos ou múltiplos “cimos” de uma árvore e em retardar ou suprimir os ramos perigosos, que são os que provocam defeitos no tronco se não forem retirados enquanto o valor do diâmetro da base no local de inserção é baixo. Executam-se pois nas primeiras idades, ao longo do tempo, e de acordo com a altura da árvore e o desenvolvimento dos ramos. Atente-se na figura, onde o primeiro desenho (A) nos indica que, na planta com dois metros de altura, se liberta o eixo principal, que tinha dois ramos a competir com ele.

FIGURA 1.11
Fases dos cortes de formação (Hubert e Courraud, 1994).



2) Continuação da formação do fuste: no desenho B, com a árvore apresentando três metros de altura, continua a fazer-se o “cimo”, retirando os ramos ou ramo que estejam a competir com o fuste, como primeira intervenção (sai o ramo a traçado); de seguida, sai o outro ramo que faz um ângulo de inserção muito agudo com o fuste; por último, retira-se o ramo que não tem simetria do outro lado do fuste, deixando-se os mais paralelos ao solo.

3) Consolidação da formação do fuste: nos desenhos C e D da figura procede-se da mesma maneira que no desenho anterior. Porém, registre-se que no eixo das ordenadas os cortes de formação só são executados até 6m a 8m da altura da árvore.

Em sistemas agroflorestais, como nos da produção de cortiça e bolota no sobreiro, ou produção de madeira e castanha no castanheiro, preconiza-se igualmente, um fuste liso e desprovido de ramos até cerca de 3 a 4 metros; duas a três pernadas, exceccionalmente quatro, fazendo um ângulo de inserção com o fuste de aproximadamente 30°. Assim, também nestes sistemas os cortes deverão iniciar-se pelos ramos que competem na ponta com o eixo principal, suprimindo-se de seguida os outros ramos perigosos, independentemente da sua localização ao longo do tronco.

Saliente-se que, em ambos os sistemas, a escolha dos ramos a cortar terá de ser

efetuada de cima para baixo e enquanto a árvore é jovem e se torna fácil o acesso aos mesmos (inclusive por via de uma tesoura de poda), sem que tenham de se usar instrumentos que pelo seu manuseamento possam vir a onerar a operação de corte. Esta intervenção deverá ser repetida no ano ou anos seguintes, sempre que se mostre necessária e em função da altura total da árvore e do desenvolvimento dos ramos.

É sabido, através de bibliografia (Armand, 1995; Duflo, 1995) e do nosso trabalho no terreno, que nas folhosas os cortes de formação devem ser executados entre meados de Maio e meados de Junho. Neste período de franca atividade vegetativa o processo de cicatrização acontece de uma forma mais acelerada, evitando-se, assim, uma rebentação exagerada de ramos. Deste modo, não será necessário eventualmente, em anos seguintes, proceder a mais intervenções para manter as características de retitude e cilindridade que foram induzidas no tronco, evitando as marcas (defeitos) deixados mais tarde pela presença de ramos perigosos provenientes da referida rebentação.

No âmbito de projetos de investigação e demonstração, executaram-se, em parcelas de ensaio, cortes de formação em árvores jovens de sobreiro nos finais de maio, onde a nossa tese, relativamente à cicatrização, se comprovou (Figura 1.12).



FIGURA 1.12
Cortes de formação efetuados em maio de 2006 e autorizados pela DGRF (3 de abril 2006) (Fotografia Nunes *et al.* 2008).

É de realçar que os cortes de formação não deverão ser efetuados em todas as árvores, mas sim nas plantas que apresentam melhores características, uma vez que as outras serão aquelas que mais tarde sairão em desbaste. Sugere-se que, quando a altura total das plantas se situa entre 1 e 3,5 metros, quando a plantação é feita em compassos definitivos, ou quando tem densidades inferiores a 600 árv/ha, os cortes fazem-se em todas as árvores que os necessitem. Em densidades superiores executam-se nas mais vigorosas. Quando a altura das plantas se situa entre os 3,5 metros e os 6 metros, esta intervenção faz-se sobre as pré-designadas, isto é, em cerca do dobro das árvores que irão ficar em compasso definitivo. Será desta primeira seleção que saem, posteriormente, as “designadas”, a favor das quais as restantes técnicas da intervenção cultural (desramações e desbastes) se realizarão.

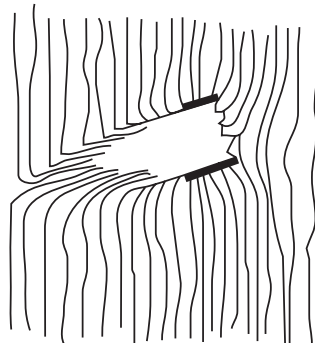
Maria do Loreto Monteiro

1.3.5 Desramações

As desramações – *pruning* ingl.; *elagage* fr.; *poda* cast. – são um tipo de operação que tem mais uma perspectiva qualitativa do que quantitativa. É essencialmente a qualidade do material lenhoso resultante que está em causa. Daí que só uma aferição económica cuidadosa pode justificar ou não a sua execução.

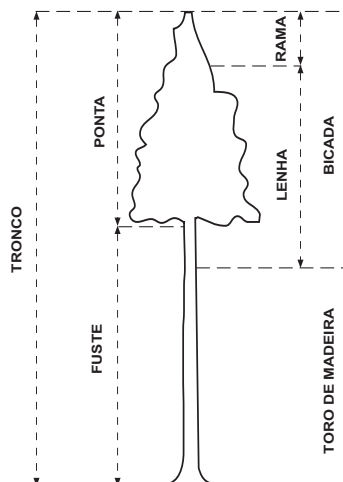
Trata-se da operação que visa retirar uma certa proporção de andares de ramos vivos e, também de retirar, quando os haja, os restos de ramos mortos naturalmente, com o objetivo de deixar livre, ou com o menor número possível, de nós, o lenho comercializável. Os **nós, nós mortos ou raios** – *knots* ingl.; *noeud* fr.; *nudo* cast. – (Figura 1.13), são um defeito que muito desvaloriza o lenho para muitas das suas utilizações e que resultam de, no processo de desrama natural ou como resultado de acidentes naturais, ficarem inclusos no lenho partes dos ramos separados (os **galhos**) (Figura 1.13).

FIGURA 1.13
Nó morto incluso
(Alves *et al.*, 2012).



Na Figura 1.14 mostram-se as diversas componentes morfológicas duma árvore sob a perspectiva do aproveitamento comercial, a separação do **tronco** entre o **fuste**, a parte até ao início da copa, e a **ponta**, e dentro desta, ainda a separação entre **rama** e **lenha**, tendo em conta a dimensão menor ou maior dos materiais obtidos e o seu destino; ou ainda a separação entre o **tronco para madeira** e a **bicada**, também em função do diâmetro considerado mínimo para serragem, se se puderem obter tábuas.

FIGURA 1.14
Componentes morfológico-
comerciais duma árvore
em pé (Alves *et al.*, 2012).



No processo de crescimento da árvore, desde as idades novas, verifica-se, particularmente quando as densidades são elevadas, que há uma desramação natural que à medida que se avança para a maturidade diminui. Desta desramação natural, ou em resultado dos acidentes que quebram os ramos, ficam presos à árvore os galhos secos que depois, com o crescimento, são integrados no lenho, dando origem a uma parte central dos troncos com os nós que recebe o nome de **núcleo enodado**.

Por outro lado, a parte da árvore, do seu *tronco*, que fica dentro da copa viva tem tendência para um maior **adelgaçamento** (tendência para uma forma mais cônica do que cilíndrica, sendo esta obviamente a preferível), portanto fator de desvalorização da madeira produzida (por ex., menor número de tábuas na serração). Daqui que haja vantagem também na redução desta parte do tronco sob copa viva, através de desramação.

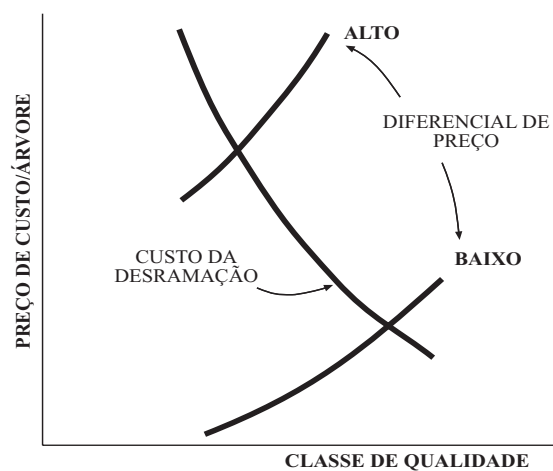
Na concretização da prática, tendo em vista que o objetivo principal é o de obter um cilindro do núcleo enodado com o menor diâmetro possível e o mais regular ao longo do tronco, os elementos que definem a melhor intensidade de desramação, para além da espécie, das condições do povoamento e das finalidades da exploração, são a **data de início**, a **periodicidade da desramação** e a **altura da desramação**.

As principais situações diferenciadas quanto a exigências de desramação podem elencar-se nas seguintes: 1) material lenhoso para aglomerados e pasta ou para uso corrente em utilização rural grosseira, em que estas exigências, comparativamente, serão mínimas; 2) material lenhoso para serrar, em que a presença de nós mortos não é limitante ou é menos importante; 3) material para serrar de melhor qualidade, em que não só é vantajosa uma grande proporção de lenho limpo mas também os mais baixos coeficientes de adelgaçamento; 4) material para folheados (desenrolamento), onde é exigível elevado grau de qualidade.

Cada caso, portanto, implica um estudo particular, porquanto as situações são muito diferenciadas. Dum modo geral, como se compreende, duas orientações básicas são de ter presente: 1) começar a desramar o mais cedo possível; 2) desramar, de cada vez, apenas uma parte das árvores do povoamento, isto é, seleccionar cedo as árvores que vão até ao fim da rotação, para diminuição dos custos.

A decisão de desramar fica condicionada fundamentalmente aos **diferenciais de preços unitários** que compensem os encargos (elevados) da operação. De certo modo, e *a priori*, pode dizer-se que é uma silvicultura intensiva, com espécies de mais rápido crescimento, destinada a produzir material lenhoso de maior valorização, a que, mais facilmente, justificará a prática da desramação. Em termos gerais, o problema põe-se de acordo com o esquema da Figura 1.15.

FIGURA 1.15
Variação dos custos de
desramação (Alves *et al.*,
2012).



1.4 QUADRO GERAL DAS OPERAÇÕES FLORESTAIS

Quais são as principais situações operacionais no conjunto da silvicultura? Podem considerar-se três grandes espaços operacionais: **1) instalação** dos povoamentos, **2) intervenção produtiva**, que corresponde à fase de **tratamento** silvicultural **dos povoamentos** e **3) exploração**, que inclui o **corte** dos povoamentos e a **extração** propriamente dita dos produtos. O termo exploração pode ser tomado num sentido mais largo de exploração da empresa, englobando estas três fases.

A **instalação** que está associada ao conjunto de atividades referidas nos capítulos seguintes, envolve, fundamentalmente, as seguintes operações, mais ou menos presentes na sua totalidade, consoante as circunstâncias: a **preparação do terreno** (*do sítio*), da simples limpeza de vegetação, ou de gradagem, até a ações mais profundas desde as lavouras às ripagens do solo. Seguem-se as operações, propriamente instaladoras, de **sementeira** artificial ou até natural, para aproveitamento direto da semente dos povoamentos anteriores ou de semente selecionada, ou a **plantação**, cada vez mais frequente, para utilização de plantas obtidas em viveiro de qualidade garantida, seguindo-se na sua execução diferentes traçados de implantação e tipos de plantas em condições diversas, consoante as necessidades e objetivos próprios de cada tipo florestal. Nesta fase pode haver recurso a umas operações complementares de **fertilização** ou de **rega**, no caso da silvicultura industrial.

Paralelamente a estas operações decorrem atividades ditas de **produção de plantas**, que envolvem fases preliminares de **recolha, seleção e conservação** de sementes, e propriamente a produção, recorrendo-se a **viveiros**, onde são produzidos vários tipos de plantas.

Quanto à **intervenção produtiva**, como já resumido antes, as operações consistem fundamentalmente, conforme a fase de desenvolvimento dos povoamentos e as características das árvores, que se conhecem através de inventários, nas **limpezas, desbastes e desramações**, e **fertilizações**.

A **exploração/extração**, por seu lado, consiste no conjunto de operações que se inicia pela **marcação** do arvoredo a abater, pelo *abate* destas e pelas operações sobre as árvores abatidas, como **cortes de ramos** e **toragem** (*traçagem*) seguida pela **extração** propriamente dita, isto é, pelo **carregamento** (ou **arrastamento**) dos toros até um local de **estaleiro**, onde se iniciará propriamente o circuito comercial. É muito variável o número, extensão e métodos seguidos, conforme a natureza da floresta e das condições do terreno (orográficas e pedológicas).

Em todo este conjunto de atividades podem verificar-se as mais variadas situações de possibilidade de **mecanização**.

Quando se fala de gestão florestal tenha-se em vista este conjunto de operações que, no fundamental, são o instrumento da **organização produtiva** da empresa (da sua economia) e que permitem as análises de produtividade e de rendibilidade dos custos-benefícios.

Uma nota sobre livros de silvicultura

Na nossa literatura florestal não dispomos de muitos livros que abordem as matérias florestais no seu conjunto numa base técnico-científica. Mesmo no que respeita aos setores de atividade da silvicultura, também não temos muita literatura. Tem havido sim, trabalhos publicados sobre matérias especializadas ou, quando muito, sobre algumas espécies isoladas.

De livros globais, são de referir, essencialmente por razões históricas, já de século XIX, o texto escolar de Joaquim Rasteiro, **Silvicultura**, obra primeva, praticamente já inexistente, o texto de meados do século XX, de Mário de Azevedo Gomes, **Silvicultura**, da coleção A Terra e o Homem (livraria Sá da Costa,). Exemplos de textos referentes a espécies são de citar, já também do século XX, o livro relativo à **Subericultura**, de Joaquim Vieira Natividade, e os livros sobre **Eucaliptos**, de Ernesto Goes. Mais recente, na visão global, dos anos 80, duas edições de **As Técnicas de Produção Florestal**, de António Monteiro Alves. Da mesma época, 1987 o texto de António Fabião, **Árvores e Florestas**, das Publicações Europa-América. Já deste século, o livro, **Silvicultura, Gestão dos Ecossistemas Florestais**, de António Monteiro Alves, João Santos Pereira e Alexandre Vaz Correia, publicado pela Fundação Calouste Gulbenkian (2012), na série Manuais Universitários, que é complementar deste.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS FLORESTAIS DE REPRODUÇÃO

com a coautoria de CARLA FARIA

2.1 INTRODUÇÃO

No panorama florestal português as necessidades de intervenção mais urgentes passam, por um lado, pelo ordenamento, gestão e exploração das matas já existentes e, por outro, pela criação de novos povoamentos. Esta florestação incidirá na utilização das vastas áreas subaproveitadas com aptidão florestal, na proteção ou na recuperação de solos anteriormente submetidos a culturas que quase os esgotaram, ou ainda no uso de terrenos que embora sejam produtivos foram abandonados pela Agricultura. O repovoamento com espécies arbóreas é um problema com relevância no nosso País, e dados recentes indicam que neste século tem ocorrido uma redução da área florestal a uma taxa de 0,3% por ano (Pereira, 2014), sendo Portugal o único país da Europa com esta tendência.

Perante este cenário há que considerar o tipo de materiais florestais de reprodução (MFR) – *forest reproductive material* ingl.; *matériels forestiers de reproduction* fr.; *material forestal de reproducción* cast. –, isto é, as sementes, as plantas e as partes de plantas que se utilizam na propagação de espécies florestais e dos seus híbridos artificiais utilizados nas ações de reflorestação, o que implica que haja o conhecimento prévio das suas características genéticas e do seu comportamento. A origem geográfica e a proveniência, a diversidade genética, o ganho genético associado às características de interesse produtivo ou adaptativo e o efeito da transferência dos materiais para áreas distintas das que são originárias, são fatores decisivos e determinantes na garantia de uma gestão sustentável dos novos povoamentos.

No passado houve a tendência de utilizar diretamente sementes – a sementeira direta – à qual se seguiu a plantação, com a intermediação da sementeira artificial em viveiro. Esta evolução foi consequência do desenvolvimento de novas técnicas de manipulação (e de produção) dos MFR, assim como do reconhecimento da importância da componente genética na seleção dos MFR. Aliás, no caso florestal, os inconvenientes de um fraco desenvolvimento e baixa produção, resultante da inadequação dos MFR, podem ainda ser mais agravados pelo longo período que decorre entre a arborização e o momento final de exploração (Thomas *et al.*, 2014). Foi a partir da segunda metade do século XX, com a implementação de uma silvicultura mais intensiva, com o objetivo de maximizar a produção obtida, que se tornou evidente a necessidade de recorrer a MFR de melhor qualidade, tanto na opção pela sementeira direta como na opção pela plantação, por ser uma mais-valia decisiva do ponto de vista dos custos-benefícios. Estes benefícios, pelo uso de melhores MFR, traduziram-se em acréscimos financeiros acumulados no final do período de produção através de, por exemplo, maiores taxas de sobrevivência nas arborizações, maior rapidez no crescimento, melhor qualidade dos produtos finais e diminuição de custos intermédios associados a operações culturais. Deste modo, para se alcançarem os ganhos de produtividade e de rentabilidade florestal associados a uma silvicultura mais intensiva, iniciaram-se por todo o mundo programas de melhoramento genético para as espécies com maior importância económica; também em Portugal, nos anos sessenta do século passado, foram iniciadas ações no âmbito do melhoramento genético das espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*.

Atualmente, as questões ambientais, nomeadamente as alterações climáticas, têm ganho um protagonismo crescente, estando a gestão das florestas associada cada vez

mais à manutenção de uma sustentabilidade produtiva e ambiental. Um dos desafios colocados à silvicultura é conciliar a conservação das florestas naturais com a gestão das áreas florestadas para fins de proteção, de lazer e de produção lenhosa, com a necessidade de garantir uma produção em matérias-primas industriais de origem florestal em quantidade e com qualidade. Este desafio surge num contexto em que se pretende um equilíbrio entre a qualidade dos produtos e/ou serviços fornecidos pela floresta e o custo avaliado em termos monetários e ambientais.

Um modelo de silvicultura mais próximo da Natureza é uma opção que colide frequentemente com a necessidade de intensificação cultural, imposta pela escassez de produtos florestais para satisfazer um elevado nível de produção industrial e, em alguns casos, com a redução de áreas disponíveis (devido à competição com a agricultura, a expansão urbana, a afetação de áreas de lazer e a necessidade de conservação dos recursos naturais). Novamente, o melhoramento genético ao criar populações mais eficientes em termos produtivos, ou mais robustas, de modo a vencerem a competição com outros organismos ou a prevalecerem em condições edafoclimáticas menos favoráveis, pode contribuir paralelamente para a obtenção de indivíduos qualitativamente superiores no que respeita às características tecnológicas. Desta forma, tornou-se uma componente chave de uma silvicultura moderna, favorecendo a concentração da produção lenhosa em plantações de alta produtividade (a lenho-cultura), sendo um exemplo, a cultura de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophila* no Brasil onde são atingidos 50 m³/ha/ano (Pereira, 2014), permitindo assim reduzir o esforço produtivo noutras regiões. Em todo o mundo, o investimento no melhoramento genético tem contribuído também para a recuperação e conservação de espécies autóctones, sendo a recuperação do castanheiro americano (*Castanea dentata*) um exemplo emblemático (<http://www.esf.edu/chestnut/>).

2.2 A COMPONENTE GENÉTICA NO DESEMPENHO DOS MATERIAIS FLORESTAIS DE REPRODUÇÃO

A existência de variações entre e dentro das espécies resulta de duas causas fundamentais:

- ambiente: tem de longa data sido reconhecido pelos silvicultores e constituído a base para a seleção das práticas florestais, e inclui todos os efeitos não genéticos que influem no efeito fenotípico;
- constituição genética dos indivíduos: de tal modo prevalecente, que é impossível encontrar duas árvores iguais; a constituição genética duma planta (**Genótipo**) é o potencial para um certo tipo de desenvolvimento, e os fatores genéticos imprimem tendências que se concretizam a níveis dependentes da ação do ambiente, traduzidas em última análise pela morfologia do indivíduo, isto é, pelo seu **Fenótipo**.

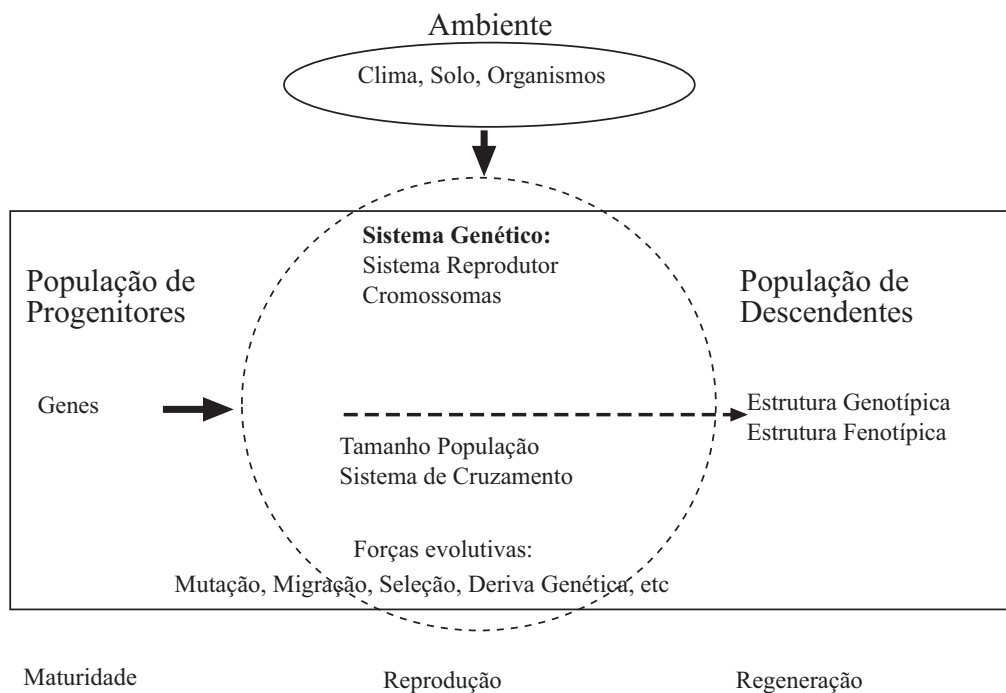
A Figura 2.1 ilustra esquematicamente a inter-relação da **estrutura genotípica**¹ dos progenitores e da descendência, que depende do **sistema genético** – *genetic systems* ingl.; *système génétique* fr.; *sistema genético* cast. – e da **população**, assim como do efeito do ambiente tendo como resultado a estrutura fenotípica – *phenotypic structure* ingl.; *structure phénotypique* fr.; *estrutura fenotípica* cast.. A **população** corresponde ao conjunto de indivíduos que se encontram numa determinada área. Neste contexto, a população é encarada como uma comunidade genética que troca os genes entre os seus membros através dos cruzamentos e que os transmite de uma geração à geração seguinte. O sistema genético engloba a organização do material genético de uma espécie e o seu modo de transmissão da geração dos progenitores para a descendência (Morgens-tern, 1996). O **sistema genético** abrange:

- o **sistema reprodutivo** – *reproductive system* ingl.; *système reproductif* fr.; *sistema de reproducción* cast. – refere-se ao modo de reprodução (sexuada ou assexuada/vegetativa), como se caracteriza a distribuição e fenologia dos órgãos reprodutivos, o tipo de vetores de polinização (vento, animais) e como é feita a dispersão das sementes; é um dos fatores mais decisivos para que a variabilidade genética individual seja mantida (Pires *et al.*, 2011);
- o número de **cromossomas** é indicativo do estágio de evolução e variabilidade da classe taxonómica e do género (Morgenstern, 1996); as Gimnospérmicas, ao nível das espécies do mesmo género, têm um número menor e mais estável de cromossomas do que as Angiospérmicas, nas quais as espécies ou as populações se diferenciam pela poliploidia, sugerindo que as Gimnospérmicas sofreram poucas alterações ao longo de milhões de anos; este facto não significa falta de variabilidade e de adaptabilidade a uma ampla gama de ambientes (Morgens-tern, 1996), uma vez que o número de cromossomas nas espécies florestais é em geral elevado, sugerindo uma elevada taxa de recombinação;
- o **tamanho da população** influencia o sistema genético quando o comportamento de populações pequenas é comparado com o de populações grandes: as primeiras estão mais sujeitas à perda de biodiversidade em consequência do efeito da consanguinidade e da ação da deriva genética;

¹ Estrutura Genotípica – *genotypic structure* ingl.; *structure génotypique* fr.; *estructura genotípica* cast. – forma como a variação genética está distribuída espacialmente (dentro e entre populações).

- o **sistema de cruzamento** – *mating system* ingl.; *dispositif de croisement* fr.; *sistema de cruzamiento* cast. – indica o modo pelo qual os indivíduos de sexos opostos se cruzam para produzir a descendência. Nas árvores da zona temperada, a fecundação cruzada – *outcrossing* ingl.; *croisement éloigné* fr.; *cruzamiento lejano* cast. – é a mais vulgar, por sua vez a consanguinidade/endogamia – *inbreeding* ingl.; *consanguinité* fr.; *endogamia* cast. –, que resulta do cruzamento entre indivíduos aparentados, é mais rara e está frequentemente associada a uma perda de vigor das plantas; a autofecundação – *selfing* ingl.; *auto fécondation* fr.; *autofecundación* cast. – é o caso extremo da consanguinidade; as populações de indivíduos que apresentam fecundação cruzada têm maiores possibilidades de aumentar a variabilidade genética sem adição de genes novos do que as populações de indivíduos com autofecundação (Pires *et al.*, 2011).

FIGURA 2.1
Inter-relação entre a população de progenitores e a descendência condicionada pelo ambiente, o sistema genético e as forças evolutivas (Adaptada de Morgenstern, 1996).



2.2.1 Conceitos Gerais de Genética Florestal

Muitas das características que controlam a adaptação e a produtividade das árvores são reguladas por sistemas poligênicos (ação de muitos genes) de efeitos pequenos e aditivos com expressões fenotípicas com grande influência ambiental, e são designadas por **quantitativas** ou métricas (por exemplo, o crescimento em altura da árvore quantificada em metros). Por sua vez, as **características qualitativas** têm uma variação descontínua suficientemente nítida que permite a classificação dos indivíduos em grupos diferentes e, para isso, basta contá-los (cor, forma, tolerância a praga, entre outras). São normalmente regulados por sistemas oligogênicos, ou seja, constituídos por um ou poucos genes principais.

Na seleção dos MFR importa prever como as características desejadas são transmitidas dos progenitores para a descendência, ou seja, é possível conhecer o grau de controlo genético dessas características. A **heritabilidade** – *heritability* ingl.; *héritabilité* fr.; *heredabilidad* cast. – é o parâmetro genético que estima a proporção da variação fenotípica total que é devida à variação genética, varia entre zero e um (Quadro 2.1). A variação genética de uma característica é composta pela variância genética aditiva, resultante da ação dos genes de efeito aditivo, e a variância genética não aditiva, que resulta dos desvios resultantes da ação de genes de efeito dominante/recessivo² ou da epistasia³. No caso da propagação seminal, em que apenas é conhecido um progenitor (normalmente a árvore onde é colhida a semente) é apenas avaliada a variação genética aditiva e estimada a **Heritabilidade em sentido restrito**⁴; quando a propagação é vegetativa, ou são conhecidos ambos os progenitores, é estimada a **Heritabilidade em sentido amplo**⁵. Estas estimativas pressupõem o estabelecimento de plantações com delineamento experimental (campos experimentais), onde o efeito ambiental está controlado, de modo a avaliar as diferentes componentes da variação fenotípica.

A heritabilidade não é um parâmetro fixo relativo a uma característica, depende da população em que está a ser avaliado, das condições ambientais e das técnicas de medição (Quadro 2.1), i.e., será mais elevada em populações com uma grande variação genética do que em populações em que a característica tem uma variação reduzida. Quando os diferentes genótipos em avaliação estão sujeitos a condições ambientais muito homogêneas, a variância ambiental diminui e a heritabilidade aumenta. Quando a característica avaliada for medida em diferentes idades, consideremos o exemplo da altura no Quadro 2.1, vão verificar-se valores de heritabilidade distintos devido à variação da expressão dos genes com a idade e à variação ambiental a que os indivíduos / árvores são sujeitos ao longo da vida.

O investimento realizado na seleção dos MFR é justificado pelo aumento da produtividade, da adaptabilidade ou da qualidade dos produtos resultante da arborização com estes MFR. Como é compreensível, este ganho é tanto maior quanto mais elevado for o controlo genético das características em causa, e a sua estimativa pode ser realizada através do ganho genético⁶ (Figura 2.2). No entanto, a sua concretização está dependente da utilização de técnicas silvícolas ajustadas ao modelo de silvicultura adotado e de um esforço complementar na utilização de MFR adaptados aos locais onde vão ser instalados.

2 Dominância/recessividade – interação de alelos (formas alternativas de um gene) em *loci* homólogos (a mesma posição em cromossomas homólogos). Situação em que um alelo dito dominante mascara o efeito fenotípico de outro alelo dito recessivo.

3 Epistasia – consiste na interação entre alelos situados em diferentes *loci* de genes que influenciam a característica.

4 $h^2 = \sigma_{GA}^2 / \sigma_F^2 = \sigma_{GA}^2 / (\sigma_{GA}^2 + \sigma_{GNA}^2 + \sigma_A^2)$ em que h^2 representa a Heritabilidade em sentido restrito;
 σ_{GA}^2 – Variância Genética Aditiva;
 σ_{GNA}^2 – Variância Genética Não Aditiva.
 σ_F^2 – Variância Fenotípica;

5 $H^2 = \sigma_G^2 / \sigma_F^2$ em que H^2 representa a Heritabilidade em sentido amplo;
 σ_G^2 – Variância Genética = Variância Genética Aditiva + Variância Genética Não Aditiva;
 σ_F^2 – Variância Fenotípica;

6 Ganho Genético é o progresso médio observado na descendência quando comparada com a população inicial.

QUADRO 2.1 – Valores de heritabilidade em sentido restrito para diferentes características. (*Heritabilidade em sentido amplo)				
CARACTERÍSTICA	ESPÉCIE	IDADE	HERITABILIDADE	REFERÊNCIA
Altura	<i>Pinus sylvestris</i>	16	0,14 ± 0,08	Velling e Tigerstedt (1984)
	<i>Pinus sylvestris</i>	8	0,36 ± 0,11	Climent <i>et al.</i> (1997)
	<i>Pinus pinaster</i>	8,5	0,19	Cotterill <i>et al.</i> (1987)
	<i>Pinus pinaster</i>	8	0,17 – 0,20	Kremer (1981)
	<i>Pinus pinaster</i>	2	0,067 – 0,228	Aguiar <i>et al.</i> (2003)
	<i>Pinus pinaster</i>	5	0,053 – 0,170	Aguiar <i>et al.</i> (2003)
	<i>Pinus pinaster</i>	12	0,060 – 0,327	Aguiar <i>et al.</i> (2003)
	<i>Pinus pinaster</i>	8	0,78 ± 0,07*	Correia <i>et al.</i> (2003)
Densidade da madeira	<i>Pinus sylvestris</i>	–	0,46 – 0,56	Person (1972)
	<i>Pinus pinaster</i>	–	0,60	Destremau <i>et al.</i> (1982)
Densidade da madeira estimado com Pilodin	<i>Pinus sylvestris</i>	16	0,81 ± 0,50	Velling e Tigerstedt (1984)
	<i>Pinus pinaster</i>	12	0,024 – 0,100	Aguiar <i>et al.</i> (2003)
	<i>Eucalyptus globulus</i>	4 – 7	0,29 ± 0,03	Costa e Silva <i>et al.</i> (2009)
Densidade do anel de crescimento	<i>Pinus pinaster</i>	18	0,53 – 0,74	Louzada e Fonseca (2002)
	<i>Pinus pinaster</i>	15	0,29	Pot <i>et al.</i> (2002)
	<i>Pinus pinaster</i>		0,63 ± 0,19	Gaspar <i>et al.</i> (2008)
Diâmetro a 1.30 m	<i>Pinus sylvestris</i>	11	0,15 ± 0,09	Krusche <i>et al.</i> (1980)
	<i>Pinus sylvestris</i>	16	0,37 ± 0,23	Velling e Tigerstedt (1984)
	<i>Pinus pinaster</i>	8,5	0,04	Cotterill <i>et al.</i> (1987)
	<i>Pinus pinaster</i>	5	0,049 ± 0,03	Aguiar <i>et al.</i> (2003)
	<i>Pinus pinaster</i>	12	0,056 – 0,180	Aguiar <i>et al.</i> (2003)
	<i>Pinus pinaster</i>	8	0,65 ± 0,10*	Correia <i>et al.</i> (2003)
	<i>Eucalyptus globulus</i>	4 – 7	0,19 ± 0,03	Costa e Silva <i>et al.</i> (2009)
Inserção ramos	<i>Populus alba</i>	2	0,194	Alba (2001)
	<i>Populus deltoides</i>	–	0,41*	Pichot e Teissier du Cros (1989)
	<i>Pinus pinaster</i>	8	0,58 ± 0,11*	Correia <i>et al.</i> (2003)
Fenologia	<i>P.x euramericana</i>	–	0,88*	Padró (1987)
	<i>Populus alba</i>	2	0,21 – 0,45*	Alba (2001)
	<i>Populus deltoides</i>	–	0,89*	Pichot e Teissier du Cros (1989)
	<i>Populus deltoides</i>	–	0,39 – 0,61	Nelson e Tauer (1987)
	<i>Quercus suber</i>		0,68 – 0,8*	Ramirez-Valiente <i>et al.</i> (2014)

QUADRO 2.1 – Valores de heritabilidade em sentido restrito para diferentes características. (continuação)
(*Heritabilidade em sentido amplo)

CARACTERÍSTICA	ESPÉCIE	IDADE	HERITABILIDADE	REFERÊNCIA
Fenologia	<i>Quercus suber</i>		0,79 – 0,94*	Sampaio <i>et al.</i> (2016)
Forma do fuste	<i>P.x.euramericana</i>	–	0,897*	Padró (1987)
	<i>Populus alba</i>	2	0,013	Alba (2001)
	<i>Pinus pinaster</i>	–	0,37	Mauge <i>et al.</i> (1976)
	<i>Pinus pinaster</i>	8,5	0,03 – 0,02	Cotterill <i>et al.</i> (1987)
Rectidão do Fuste	<i>Pinus pinaster</i>	–	0,25	Destremau <i>et al.</i> (1982)
	<i>Pinus pinaster</i>	12	0,194 – 0,116	Aguiar <i>et al.</i> (2003)
	<i>Pinus pinaster</i>	8	0,70 ± 0,08*	Correia <i>et al.</i> (2003)
Peso pinhas	<i>Pinus pinaster</i>	–	0,49 – 0,6*	Correia <i>et al.</i> (2014)
Peso 100 sementes	<i>Pinus pinaster</i>	–	0,98 – 0,99*	Correia <i>et al.</i> (2014)

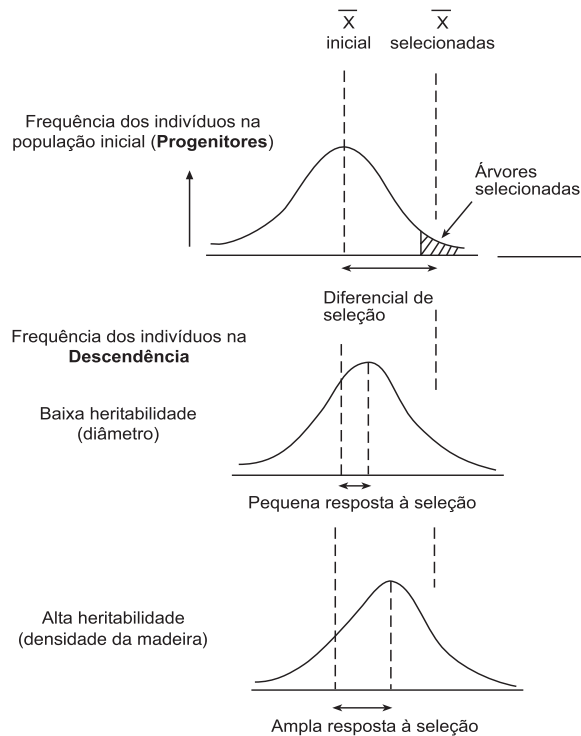


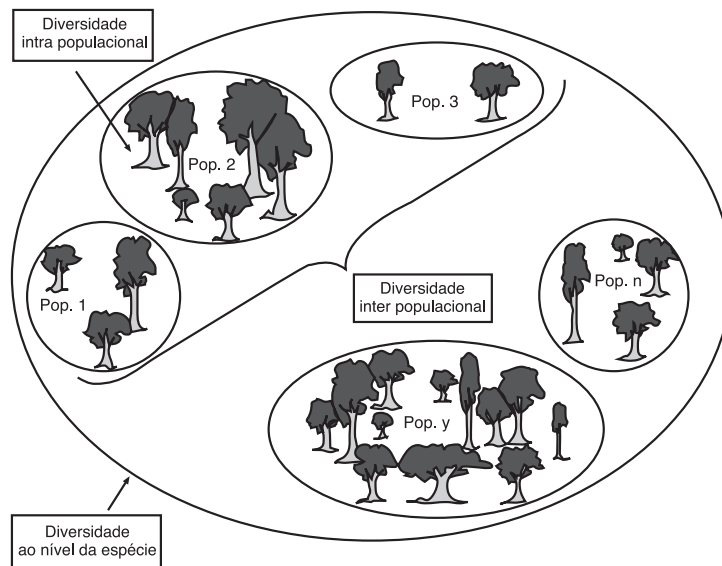
FIGURA 2.2

Ganho genético resultante da seleção de características com valores de heritabilidade altos (densidade da madeira) e baixos (diâmetro). A resposta média da descendência reflete a seleção dos melhores indivíduos selecionados na geração anterior, o ganho é maior quanto maior for o valor da heritabilidade da característica em causa.

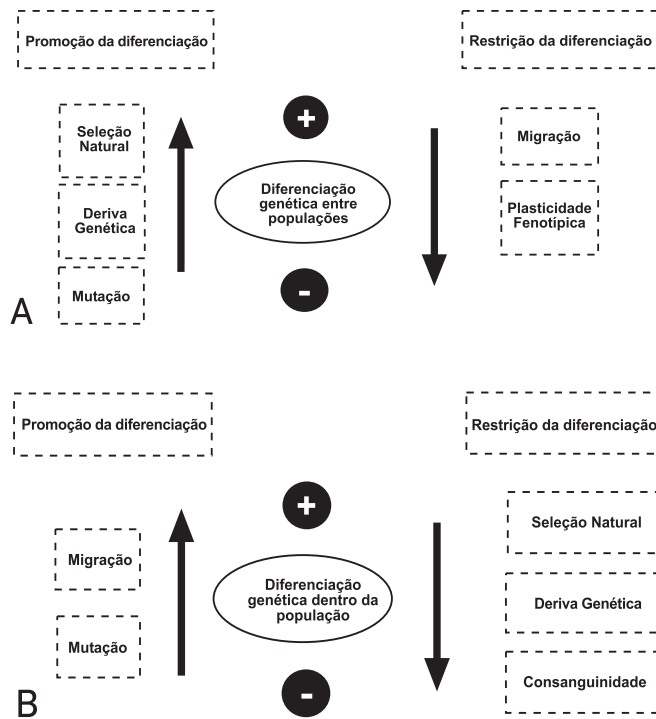
2.2.2 Bases genéticas da diferenciação entre e dentro das populações

A diversidade genética é um dos níveis de diversidade dos seres vivos, quando considerada ao nível de uma espécie, e compreende a variabilidade entre populações (diversidade inter-populacional) e a variabilidade existente entre os indivíduos dentro das populações (diversidade intra-populacional), delas depende a manutenção do seu potencial evolutivo e a sua capacidade adaptativa (Figura 2.3). De um modo geral, as populações florestais são geneticamente muito diversas, o que lhes permite sobreviver, crescer e reproduzir-se sob diferentes condições e numerosos ambientes durante uma só geração e em várias gerações (Zobel e Talbert, 1984).

FIGURA 2.3
Diferentes níveis de diversidade de uma espécie segundo a escala espacial considerada (Adaptada de Musch e Valadon, 2004).



Como resultado do processo evolutivo, a constituição genética das populações é moldada ao longo do tempo pela ação dos fatores promotores da evolução: **mutação, migração, seleção e deriva genética**. A ação destes fatores pode promover ou reduzir a diferenciação entre e dentro das espécies consoante a sua intensidade e combinação (Figura 2.4). Assim, têm sido criadas novas espécies ao longo do tempo e, dentro destas, diferenciaram-se populações – **proveniências** – nas quais indivíduos com antepassados comuns ocupam um território particular ao qual se adaptaram através da seleção natural (Zobel e Talbert, 1984).

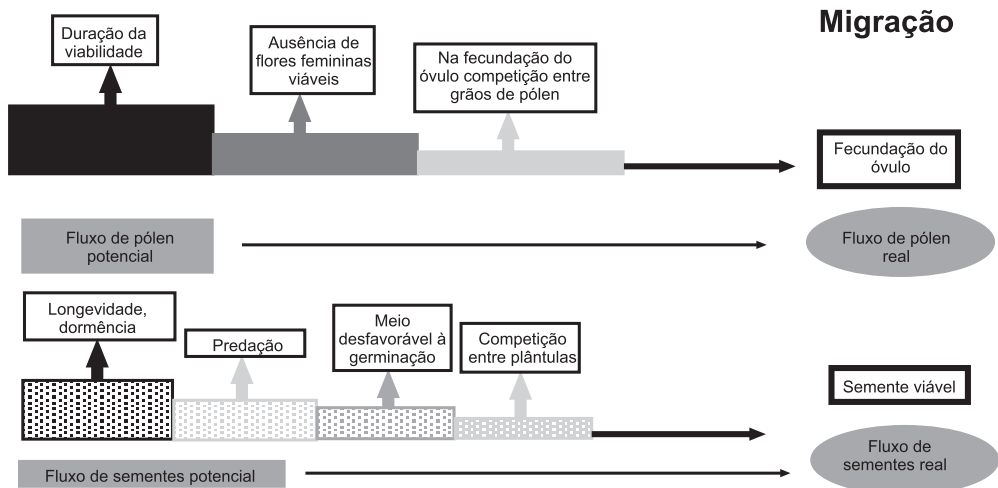
**FIGURA 2.4**

Fatores de evolução e a sua ação na diferenciação entre populações (A) e dentro das populações (B).

Entre os fatores promotores da evolução, a **seleção natural** – *natural selection* ingl.; *seléction naturelle* fr.; *selección natural* cast. – é o único que promove uma maior adaptabilidade dos seres vivos ao ambiente. Este fator atua em qualquer fase do seu ciclo de vida, é revelado pelas diferenças de sobrevivência (viabilidade) e de fecundidade entre genótipos, tendo como consequência a evolução dos organismos. A seleção natural, definida como a reprodução diferencial dos diferentes genótipos na natureza, contribui para a redução da variabilidade genética e opera independentemente das ações humanas. Esta alteração nas frequências de genes depende das condições existentes no momento em que ocorre, e não das condições futuras. No entanto, esta ação pode ser contrariada pela migração (fluxo de genes), que se define como o movimento efetivo de genes entre populações ou subdivisões de populações, e a existência ou não desse fluxo genético conduz a processos de homogeneização ou de diferenciação genética entre populações (Figura 2.4). Por exemplo, através da entrada de pólen ou de sementes numa população (Figura 2.5), podem ser reintroduzidos alelos que estavam a ser eliminados pela seleção natural, atenuando ou contrariando assim o efeito da seleção, e fomentando a homogeneidade entre populações (e uma maior variabilidade dentro das populações). A eficácia da contribuição da movimentação do pólen para o fluxo de genes entre populações, vai depender muito dos sistemas de cruzamento e dos mecanismos de dispersão das espécies; será baixa em espécies com autofecundação, intermédia quando a polinização é realizada através de insetos, e alta quando realizada através do vento. Há também diferenças nessa eficácia quando a migração se processa pelo fluxo das sementes: o peso destas, as adaptações morfológicas dos frutos e das sementes que podem facilitar a movimentação (através de asas ou pêlos, ou pela presença de substâncias pegajosas), as características fisiológicas e/ou bioquímicas das sementes,

vão também condicionar o período de dispersão e os processos de germinação e de dormência destas (Morgenstern, 1996). Diferentes modelos explicam como o processo de migração pode ocorrer, no contexto atual ou num contexto temporal mais alargado, no entanto, fatores como a diferenciação ecológica, os sistemas de fecundação e de cruzamento e o isolamento geográfico são determinantes nos efeitos deste fator de evolução na variabilidade das populações.

FIGURA 2.5
Fluxo potencial e real de genes. Muitos fenômenos podem modificar os números inicialmente produzidos, tanto para o pólen como para as sementes, e assim reduzi-los significativamente (Adaptada de Musch e Valadon, 2004).



7 Homozigótico – um indivíduo que possui para um determinado gene os mesmos dois alelos no mesmo *loci*.
*Diploide indivíduo em que as células não sexuais têm 2 conjuntos de cromossomas homólogos; *loci* é o plural de *locus*, posição no cromossoma ocupado por um determinado gene; cromossomas homólogos é o par de cromossomas (um vem do pai outro da mãe), têm os mesmos *locus* (mas não têm necessariamente os mesmos alelos).

8 Alelo – uma das formas alternativas de um gene situado no mesmo *locus* de um cromossoma particular.

9 Tamanho efetivo de uma população – número de indivíduos de uma população que participam efetivamente no processo reprodutivo.

A **mutação** – *mutation* ingl.; *mutation* fr.; *mutación* cast. – é um fenómeno raro e aleatório, fonte da variabilidade genética e da sua manutenção, tratando-se de uma alteração hereditária da constituição genética de um organismo que pode ocorrer na sequência do ADN de um gene ou afetar os cromossomas. No entanto, no curto prazo, a mutação é uma força evolutiva fraca, e mesmo quando tem uma vantagem seletiva, a probabilidade de extinção é elevada, a frequência das mutações é geralmente baixa e apenas são transmissíveis às gerações futuras aquelas que ocorrem nos gametas (Wright, 1976). Contudo, sem as mutações, não ocorreria nenhuma mudança nas populações permitindo-lhes adaptar-se às mudanças no ambiente. Na realidade, algumas mutações, do tipo recessivo, são retidas nas populações mesmo quando deletérias porque só são detetáveis na forma homozigótica⁷, tornando-se relevantes quando em consequência de uma qualquer alteração do ambiente, essa mutação sem valor adaptativo vai permitir às árvores que a possuem uma maior adaptação ao novo ambiente (Zobel e Talbert 1984).

A **deriva genética** – *genetic drift* ingl.; *derive génétique* fr.; *deriva genética* cast. – é um processo de natureza aleatória, que resulta da fragmentação de uma população em pequenas populações isoladas de 25 ou menos indivíduos, uma situação que ocorre frequentemente em populações florestais devido a catástrofes naturais ou à ação do Homem. Com carácter exemplificativo na Figura 2.6 é simulado (Young e Zyskowski, 1997) o efeito da deriva genética na frequência de um alelo⁸ – *allele* ingl.; *allèle* fr.; *alelo* cast. – durante 35 gerações em 10 populações isoladas, nas quais não ocorreu qualquer ação de seleção, mutação ou migração. Nos exemplos A e B, as populações são pequenas com um tamanho efetivo⁹ (N_e) de 5 e 15 indivíduos, respetivamente, resultantes da

fragmentação da população inicial (C) com um tamanho efetivo de 400 indivíduos e com uma frequência desse alelo de 0,5. É contrastante a aleatoriedade na variação da frequência desse alelo nas populações A e B relativamente à estabilidade na população inicial C onde não ocorreu a deriva genética.

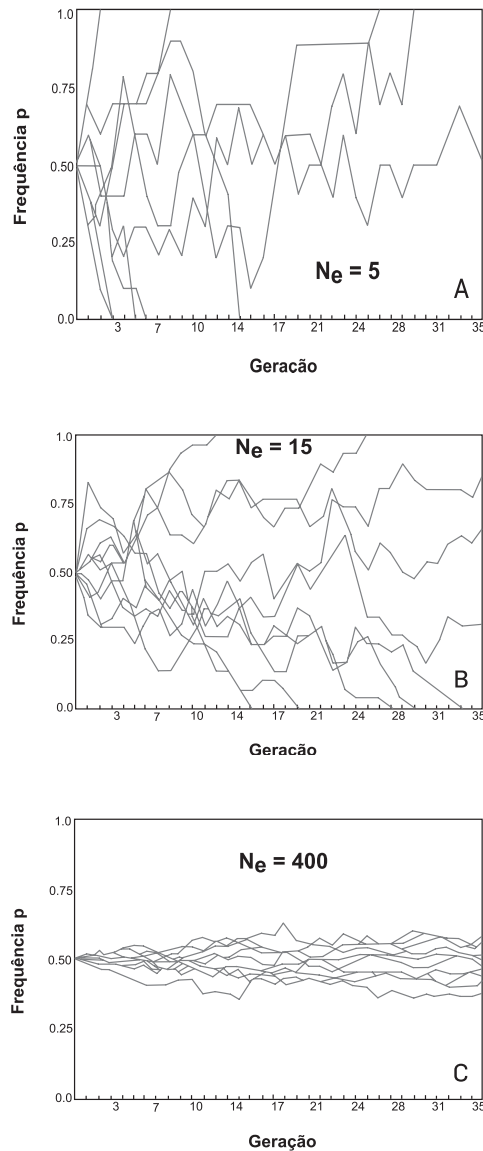


FIGURA 2.6

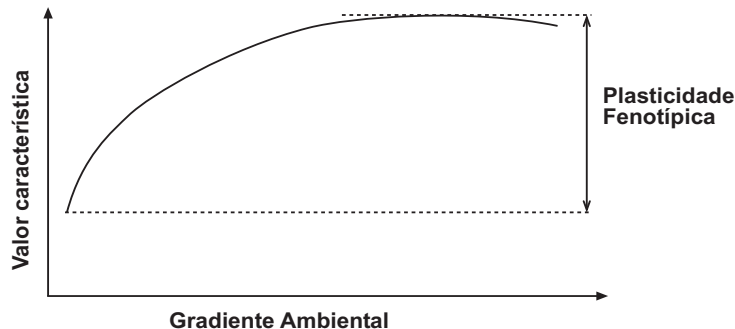
Simulação da frequência de um alelo durante 35 gerações em 10 populações isoladas, nas quais não ocorreu qualquer ação de seleção, mutação ou migração. O tamanho efetivo (N_e) de cada uma das 10 populações é de 5 indivíduos no gráfico (A), de 15 indivíduos em (B) e de 400 indivíduos em (C). Em ordenadas estão indicadas as frequências do alelo e , em abcissas, o nº de gerações a partir do momento em que se deu a fragmentação, quando a frequência do alelo era na população inicial de 0,5 (Young e Zyskowski, 1997).

A diversidade genética surge com a mutação, é ampliada pela imigração e é removida por seleção, ou perdida, pelo acaso, em pequenas populações. Nas grandes populações, a eficácia das mutações na promoção da diferenciação de populações é na maioria dos casos mais fraca do que a da seleção natural, sendo igualmente mais fraca do que a da deriva genética em populações pequenas. Enquanto a seleção, a mutação e a migração são fenómenos de índole essencialmente biológica e podem ser estudados quanto à direção e intensidade dos seus efeitos, no caso da deriva genética, as flutuações são casuais, podendo levar à fixação ou perda de genes numa população pequena e conduzir a uma inadaptação dos indivíduos às condições ambientais (Zobel e Talbert, 1984).

A capacidade de um genótipo expressar fenótipos diferentes conforme o ambiente em que se encontra designa-se por **plasticidade fenotípica** – *phenotypic plasticity* ingl.; *plasticité phénotypique* fr.; *plasticidad fenotípica* cast. –, e essa multiplicidade de formas atenua os efeitos da seleção natural como fator de evolução. Por outro lado, a plasticidade fenotípica pode contribuir para a aptidão (*fitness*) de um genótipo, em particular quando se trata de espécies de longa-vida (como é o caso das florestais) com uma ampla distribuição geográfica expostas a diversas condições ambientais. Neste caso, a seleção natural pode favorecer o aumento da frequência dos genótipos com grande plasticidade fenotípica (Figura 2.7).

FIGURA 2.7

A curva descreve a variação do valor fenotípico de um genótipo ao longo de um gradiente ambiental. A diferença entre o maior e menor valor fenotípico representa a plasticidade fenotípica do genótipo (Adaptada de Eriksson et al., 2013).



A ocorrência de diferentes tipos de cruzamentos também influencia a distribuição dos alelos e genótipos entre e dentro das populações, isto é, a sua estrutura genética. Quando os sistemas de fecundação cruzada são favorecidos, é promovido um elevado grau de variabilidade genética, enquanto que nos cruzamentos entre indivíduos aparentados, promovendo a consanguinidade, há redução da variabilidade e frequentemente redução de vigor. Contudo, a evolução de uma população não depende só do seu património genético e do ambiente em que se encontra, é também influenciada pelas ações antropogénicas a que está sujeita através da fragmentação dos ecossistemas florestais, da alteração das condições locais ou da manipulação dos MFR.

No contexto de alterações climáticas, o Painel Intergovernamental para Alterações Climáticas (IPCC) propõe como estratégia:

- o reforço da **resiliência**, fortalecendo a capacidade de um sistema para absorver as perturbações causadas pelas alterações climáticas e para capturar os benefícios dela decorrentes;
- a redução da vulnerabilidade através da **capacidade adaptativa**, aumentando o grau em que um sistema é capaz de lidar com as mudanças climáticas.

Uma vez que os MFR utilizados atualmente nas arborizações irão estar sujeitos ao longo das suas vidas a condições distintas, a seleção e a utilização de MFR com elevada diversidade genética é decisiva, promovendo populações maiores (minimizando o risco de deriva genética) e que sejam resilientes (elevada plasticidade fenotípica e capacidade de aclimação). Enquanto a **adaptação** – *adaptation* ingl.; *adaptation* fr.; *adaptación* cast. – corresponde ao processo de alteração genética de uma população, resultante da ação da seleção natural, que conduz a um melhor ajustamento a um ambiente específico atual, a **aclimação** é a alteração fisiológica, bioquímica ou anatômica de um indivíduo

que resulta de um ajustamento a alterações das condições ambientais temporárias ou sazonais. Trata-se de uma alteração fenotípica reversível, por exemplo a alteração da tolerância ao frio dos *E. globulus*, que é visível através da alteração da cor das folhas devido à maior concentração de antocianinas (mais avermelhadas) depois das plantas estarem expostas a temperaturas entre os 0°C e os 4°C durante parte do dia (Almeida, 1993).

10 Autóctone – espécie ou população presente na sua área de distribuição natural onde foi continuamente regenerada por processos naturais ou artificialmente, utilizando MFR recolhidos na zona.

2.2.3 Origem geográfica e proveniência

A constatação de que populações da mesma espécie, mas de diferentes origens, podem ter desempenhos muito diferentes numa mesma área para características de crescimento, de produção e de adaptação, veio confirmar a influência da origem dos MFR no desenvolvimento futuro das plantações. Nas espécies florestais, a diferenciação entre populações ocorre especialmente naquelas que têm uma larga distribuição geográfica com grande amplitude latitudinal, altitudinal ou padrões de precipitação bem definidos, em consequência de se terem adaptado a condições ambientais distintas que induziram diferentes pressões seletivas; a diferenciação também pode ser causada pelo isolamento a que as populações estiveram sujeitas.

Torna-se assim relevante definir:

- **origem** do MFR, como “o local onde se encontra uma população de árvores autóctones¹⁰ ou o lugar de onde proveio originariamente uma população exótica¹¹”;
- **proveniência** – *provenance* ingl.; *provenance* fr.; *procedência* cast. – termo utilizado frequentemente na literatura florestal como sinónimo de origem geográfica, é o local onde se encontra uma população ou grupo de indivíduos da mesma espécie, autóctones ou não autóctones (Pâques, 1992).

Regra geral, a diferenciação das proveniências resulta de características adaptativas muito associadas com a sobrevivência, como a data de formação dos gomos (Eriksson *et al.*, 2013), o início do abrolhamento (Sampaio *et al.*, 2016), o nível de tolerância ao frio (Almeida, 1994) e à secura (Correia *et al.*, 2008). Para além destas, importa referir as especificidades fenotípicas de certas proveniências conhecidas pela forma do fuste, inserção dos ramos, a espessura da casca, entre outras (Zobel e Talbert, 1984). Na sua área de origem, o valor adaptativo de uma proveniência não está necessariamente ligado ao crescimento, podendo apenas significar que esta população está em melhores condições para suportar os fatores limitantes, ou que os pode ultrapassar mais eficazmente do que qualquer outra população aí presente. No entanto, Namkoong (1969) alertou para o facto de, em algumas situações, as origens locais não demonstrarem ser as mais adaptadas ou produtivas, sendo esta situação igualmente reconhecida por diversos autores (Konnert *et al.*, 2015; Eriksson *et al.*, 2017). Contudo, em virtude da ausência de dados fiáveis, as ações de conservação genética da maioria das espécies promovem o uso de origens locais, e esta prática deve ser ponderada tendo em conta os cenários de alterações climáticas previstos. Neste contexto, como a seleção dos MFR reveste-se de uma maior incerteza, Konnert *et al.* (2015) propõem como estratégia nas arborizações em áreas mais ameaçadas pelas alterações climáticas, a transferência dos MFR (migração assistida), baseada no desempenho de proveniências em campos experimentais. Por

11 Exótica – espécie ou população introduzida pelo Homem numa nova zona de onde não é originária.

outro lado, também a manipulação do meio através das práticas culturais pode alterar os fatores limitantes do meio, de tal modo que uma proveniência em condições muito diversas às do seu local de origem pode apresentar uma produtividade superior à desse local.

O Quadro 2.2 exemplifica, com o *Pinus taeda*, como se distribui a variação genética de duas características distintas, a tolerância ao frio e a densidade da madeira, nos diferentes níveis de variação que compõem a variação genética total. No caso da tolerância ao frio, característica com carácter adaptativo, a maior proporção da variação genética está ao nível da proveniência (70%), e apenas 30% da variação genética total resulta da diferença entre indivíduos, contrariamente ao que sucede com a densidade da madeira, uma característica neutra, para a qual a maior proporção da variação genética total se encontra entre os indivíduos (70%) (Zobel e Talbert, 1984). Assim, quando se pretende arborizar com *P. taeda* numa zona onde há elevada probabilidade de ocorrerem danos causados pelo frio, a seleção da proveniência é decisiva; e se, paralelamente, se pretende produzir madeira com uma densidade elevada, depois de selecionada a proveniência, é necessária a obtenção de MFR resultantes de progenitores selecionados para a característica densidade da madeira (70% da variação resulta da diferença entre árvores). Nas áreas a arborizar onde o frio não seja limitante, os MFR de *P. taeda* devem ser obtidos em indivíduos selecionados pela densidade da madeira que produzem, não sendo tão relevante a escolha da proveniência.

QUADRO 2.2 – Percentagem da variação genética total da densidade específica da madeira e da tolerância ao frio em <i>Pinus taeda</i> , explicada pelos vários níveis de variação genética (Adaptado de Zobel e Talbert, 1984).		
NÍVEL DA VARIAÇÃO	DENSIDADE ESPECÍFICA DA MADEIRA	TOLERÂNCIA AO FRIO
Proveniência	15	70
Local	5	0
Árvore para árvore	70	30
Dentro da árvore	10	0

Apesar dos primeiros estudos relativos à influência da origem da semente no sucesso das arborizações datarem do séc. XVIII (Zobel e Talbert, 1984), é ainda escasso o conhecimento relativo à estrutura genética das espécies florestais mais interessantes do ponto de vista económico. Embora os marcadores moleculares permitam, de uma forma rápida, termos uma ideia sobre a estrutura genética de uma espécie é, no entanto, reconhecido que os marcadores genéticos neutros (aqueles que não respondem à seleção natural) não refletem a variação das características adaptativas mais importantes para as arborizações (Eriksson *et al.*, 2013). Atualmente, a maior parte da informação relativa à grandeza e distribuição da variação genética das essências florestais, relativamente às características adaptativas, tem sido obtida através de **ensaios de proveniências** – *provenance trial* ingl.; *essai de provenance* fr.; *ensayo de procedência* cast.. Nestes campos experimentais, em que se recorre ao delineamento experimental para controlar o efeito ambiental, é comparado o comportamento de populações provenientes de diferentes regiões geográficas com o objetivo de identificar aquela que tem o melhor desempenho para ser utilizada nos programas de arborização. Assim, a seleção dos MFR a utilizar

na florestação, e particularmente no caso de espécies exóticas, é conveniente basear-se em resultados de ensaios de proveniências instalados em regiões semelhantes às que se pretendem arborizar, para utilizar mais eficientemente a variabilidade genética dessas espécies. Foi o caso da introdução do pinheiro bravo na Austrália, na região de Perth, que foi precedida pelo estabelecimento de ensaios de proveniência nessa região, tendo sido a proveniência da Mata Nacional de Leiria a que teve o melhor desempenho, o que teve como consequência a vinda de um técnico australiano a Portugal, nos anos 60 do século passado, com o objetivo de selecionar árvores superiores nesta Mata para o Programa de Melhoramento Genético da *P. pinaster* na Austrália (Perry, 1967).

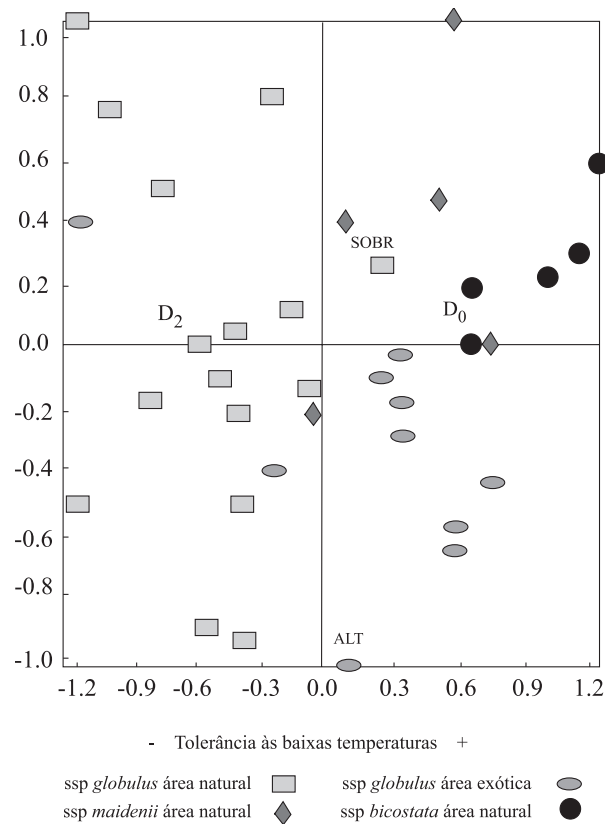
Nas arborizações com espécies exóticas é também importante considerar, aquando da seleção dos MFR, a possibilidade de se ter desenvolvido uma **raça local**¹² – *land race* ingl.; *rasse local* fr.; *raza local* cast.. O desenvolvimento de uma raça local pressupõe a plantação de uma vasta área em que os indivíduos se adaptaram a um ambiente específico, depois de várias gerações.

Num ensaio de proveniências de *E. globulus* instalado na zona de Penha Garcia (concelho de Idanha a Nova), em que estavam representadas populações das subespécies *globulus* (16 da área natural e 10 exóticas, nestas incluíam-se portuguesas, espanholas e uma da Califórnia), *bicostata* (5) e *maidenii* (6), foram avaliados os danos de frio (D_0 - sem danos de frio e D_2 - com danos em mais de 50% da copa), a sobrevivência e o crescimento em altura. Os resultados obtidos 3 anos após a plantação são apresentados na Figura 2.8. O eixo horizontal explica cerca de 50% da variação total existente entre todas as populações relativamente à tolerância à geada, confirmando-se a reconhecida maior tolerância das populações das subsp. *bicostata* e *maidenii*. No entanto, é de destacar o comportamento das proveniências *E. globulus* subsp. *globulus* do hemisfério norte (Portugal, Espanha e Califórnia), manifestando uma maior resistência ao frio comparativamente com as populações provenientes da área de distribuição natural da espécie. Esta maior tolerância ao frio traduz uma adaptação das populações exóticas às novas situações, em que a descida das temperaturas não ocorre de um modo contínuo, mas sim de forma esporádica e súbita. Na mesma figura, a variação ao longo do eixo vertical associado ao crescimento em altura explica 35% da variação entre todas as populações, confirmando-se o maior crescimento da subespécie *globulus*, mas neste caso a diferença de comportamento entre as populações da área natural e as exóticas não é tão marcada (Almeida, 1993).

12 Raça local - população de indivíduos que se adaptaram a um ambiente específico na qual foi introduzida por plantação.

FIGURA 2.8

Resultados, relativamente à avaliação à tolerância ao frio (D_0 – sem danos e D_2 com muitos danos) à altura (ALT) e à sobrevivência ($SOBR$), de um ensaio de proveniências de *E. globulus* com 3 anos, na zona de Penha Garcia, onde estão representadas 26 populações das subespécies *globulus* (16 da área natural e 10 exóticas), 5 da subespécie *bicostata* e 6 da subespécie *maidenii* (Adaptada de Almeida, 1993).



Quando a raça local está razoavelmente bem adaptada ao ambiente onde foi plantada, tem uma base genética ampla e as plantações são suficientemente extensas (iguais ou superiores a 400 ha) para permitir a seleção de indivíduos, é particularmente vantajosa a utilização de MFR de raça local nas arborizações com esta espécie e também como material de base nos programas de melhoramento genético.

2.3 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO DOS MFR

Em Portugal, a **comercialização** de Materiais Florestais de Reprodução (MFR) é regulamentada pelo Decreto-Lei nº 205/2003 de 12 de setembro¹³, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 1999/105/CE, de 22 de dezembro, normativa que determina as exigências mínimas relativas às características genéticas e de qualidade exterior a que devem obedecer os materiais florestais de reprodução para poderem ser comercializados no mercado único europeu.

As normas de certificação e de comercialização previstas no D.L. n.º 205/2003, não se aplicam a materiais destinados a fins não florestais (MFR destinados à indústria alimentar ou à utilização em espaços verdes urbanos ou periurbanos) e à exportação ou reexportação a países terceiros. Para além das espécies e híbridos artificiais de certificação obrigatória, de acordo com a Diretiva Europeia (Quadro 2.3, Parte A), a legislação nacional estabeleceu exigências adicionais na aceitação de materiais de base e na produção de MFR das espécies *Eucalyptus globulus*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea* e *Quercus suber* (Quadro 2.3, Parte B) pela relevância económica que têm no contexto florestal nacional.

¹³ <http://dre.pt/pdf1sdip/2003/09/211A00/59645988.pdf>

QUADRO 2.3 – Listagem das espécies e híbridos artificiais de certificação obrigatória de acordo com as Diretivas Europeias e das espécies adicionadas pela Legislação Nacional, que constam nas Partes A e B do Anexo I do Decreto-Lei nº 205/2003, respetivamente.

LEGISLAÇÃO	ESPÉCIES
Parte A	<i>Abies alba</i> , <i>A. cephalonica</i> , <i>A. grandis</i> , <i>A. pinsapo</i> , <i>Acer platanoides</i> , <i>A. pseudoplatanus</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>A. incana</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>Castanea sativa</i> , <i>Cedrus atlantica</i> , <i>C. libani</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Fraxinus angustifolia</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Larix decidua</i> , <i>L. x euroleptis</i> , <i>L. kaempferi</i> , <i>L. sibirica</i> , <i>Picea abies</i> , <i>P. sitchensis</i> , <i>Pinus brutia</i> , <i>P. canariensis</i> , <i>P. cembra</i> , <i>P. contorta</i> , <i>P. halepensis</i> , <i>P. leucodermis</i> , <i>P. nigra</i> , <i>P. radiata</i> , <i>P. sylvestris</i> , <i>Populus spp.</i> e híbridos artificiais, <i>Prunus avium</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> , <i>Quercus cerris</i> , <i>Q. rotundifolia</i> , <i>Q. petraea</i> , <i>Q. pubescens</i> , <i>Q. robur</i> , <i>Q. rubra</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>T. platyphyllos</i>
Parte B	<i>Eucalyptus globulus</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pinus pinea</i> , <i>Quercus suber</i>

A legislação pretende fomentar a transparência no mercado dos MFR, garantindo a sua qualidade por categorias, relativamente à qualidade exterior ou ao nível de seleção e de melhoramento genético a que foram submetidos, assim como a sua origem geográfica. Para o efeito, esta legislação permite implementar um sistema de aprovação dos materiais de base, a partir dos quais se pode colher sementes ou partes de plantas para uma posterior produção de plantas, assim como, os mecanismos de certificação e de controlo que permitem rastrear o percurso dos materiais ao longo do processo produtivo e de comercialização até ao utilizador final.

2.3.1 Definição e características dos materiais florestais de reprodução (MFR) e dos materiais de base

Os **materiais florestais de reprodução (MFR)** referem-se ao conjunto de estruturas, órgãos e tecidos mediante os quais uma espécie florestal garante a reprodução de novos indivíduos. São constituídos por:

- **unidades de sementes:** pinhas, infrutescências, frutos e sementes destinadas à produção de plantas para arborização;
- **plantas para arborização:** plantas produzidas a partir de unidades de sementes, de partes de plantas ou de plantas obtidas por regeneração natural;
- **partes de plantas:** estacas caulinares, estacas foliares e estacas radiculares, explantes ou embriões para micropropagação, gomos, alporques, raízes, garfos, estacas enraizadas e outras partes de uma planta destinadas à produção de plantas para arborização.

Os **materiais de base**, a partir dos quais são produzidos os MFR, abrangem populações naturais, plantações e clones, são agrupados nos seguintes tipos:

- **bosquetes** – árvores situadas numa determinada área de colheita de sementes e de frutos, com uma superfície que contenha um ou mais grupos de árvores em número e densidade suficiente para assegurar uma adequada polinização; no caso de espécies com distribuição dispersa, ter-se-á que ter em conta a natureza das barreiras (físicas, fenológicas, entre outras), assim como a idade, o sexo dos indivíduos e o sistema de reprodução;
- **povoamento** – população de árvores delimitada, com uma composição suficientemente uniforme;
- **pomar de semente** – plantação de famílias ou clones selecionados, isolada ou gerida de forma a evitar ou reduzir a polinização a partir do exterior e conduzida de forma a produzir sementes com frequência, em abundância e de fácil colheita; é possível obter pomares com gerações mais avançadas, comprovadamente melhores no seu desempenho recorrendo à avaliação da performance da descendência dos progenitores presentes no pomar;
- **progenitores familiares** – árvores utilizadas para a obtenção de descendência por meio de polinização controlada ou livre: quando um progenitor feminino identificado é polinizado por um progenitor masculino identificado, obtemos uma descendência de irmãos completos; quando o progenitor feminino é polinizado por uma série de progenitores identificados ou não identificados, obtemos uma descendência de meios-irmãos;
- **clone** – grupo de indivíduos (rametos) resultantes originariamente de um único indivíduo (orteto) por propagação vegetativa, designadamente por meio de estacas ou de micropropagação, enxertia, alporquia ou divisão da planta;
- **mistura clonal** – mistura de clones identificados, em proporções definidas.

Nos sistemas de comercialização foram estabelecidas **quatro categorias de MFR**, para cada categoria corresponderá uma determinada cor da etiqueta de identificação dos materiais:

- a) material de fonte identificada** - MFR obtido num bosque ou povoamento localizado numa única região de proveniência que satisfaça os requisitos mínimos estabelecidos no Anexo II do D.L. nº 205/2003; os materiais de base não são submetidos a qualquer seleção, no entanto a maioria das árvores deve satisfazer os critérios relativos à conformação, sanidade, origem e acessibilidade (etiqueta amarela);
- b) material selecionado** - MFR obtido num povoamento localizado numa única região de proveniência, selecionado fenotipicamente ao nível da população e que satisfaça os requisitos estabelecidos quanto à origem, isolamento, dimensão efetiva da população, idade e desenvolvimento, uniformidade, adaptabilidade, sanidade e resistência, produção em volume, qualidade da madeira, na forma ou porte, descritos no Anexo III do mesmo Decreto-Lei (etiqueta verde);
- c) material qualificado** - MFR obtido em pomares de semente, progenitores familiares, clones ou misturas clonais, cujos componentes tenham sido fenotipicamente selecionados a nível individual e que satisfaçam os requisitos estabelecidos no Anexo IV do mesmo Decreto-Lei, não sendo necessário que tenham sido realizados ou completados testes (etiqueta rosa);
- d) material testado** - MFR obtido em povoamentos, pomares de semente, progenitores familiares, clones ou misturas clonais, cuja superioridade tenha sido demonstrada por testes comparativos¹⁴ ou por uma estimativa da superioridade dos materiais de reprodução efetuada com base na avaliação genética dos componentes dos materiais de base e que satisfaçam os requisitos, relativamente ao delineamento experimental, recolha e análise de dados e critérios de aprovação, estabelecidos no Anexo V do mesmo Decreto-Lei (etiqueta azul).

No Quadro 2.4 são esquematizadas as várias combinações possíveis de categorias de MFR com os tipos de materiais de base, sendo também apresentado o tipo de propagação e de cruzamento associado a cada uma delas. As características genéticas que os MFR apresentam estão associadas ao nível de seleção a que foram sujeitos e às características dos materiais de base dos quais são obtidos, sendo decisiva a diversidade genética dos materiais de base que lhes dão origem.

Para defesa da qualidade dos produtos das fileiras associadas ao *Quercus suber* L., ao *Pinus pinaster* Ait., ao *Pinus pinea* L. e ao *Eucalyptus globulus* Labill, em Portugal, a comercialização dos MFR destas espécies é restrita às categorias “selecionada” ou superiores a esta.

¹⁴ Refere-se a campos experimentais em que são confrontados os comportamentos de famílias (ensaios de descendência) ou clones (testes clonais).

QUADRO 2.4 – Combinação das categorias dos Materiais Florestais de Reprodução e tipos de Material de Base de acordo com o Decreto-Lei nº 205/2003.

TIPO DE MATERIAL DE BASE	CATEGORIAS DOS MATERIAIS FLORESTAIS DE REPRODUÇÃO (COR DA ETIQUETA)				PRODUÇÃO DE MATERIAIS FLORESTAIS DE REPRODUÇÃO
	Fonte Identificada (amarela)	Selecionada (verde)	Qualificada (rosa)	Testada (azul)	
Bosquete	x				Propagação sexuada / Polinização livre
Povoamento	x	x		x	Propagação sexuada / Polinização livre
Pomar de Sementes			x	x	Propagação sexuada / Polinização livre
Progenitores Familiares			x	x	Propagação sexuada / Polinização livre ou controlada
Clone			x	x	Propagação vegetativa
Mistura de Clones			x	x	Propagação vegetativa

2.3.2 Níveis de diversidade genética e de ganho genético nos MFR

Às diferentes categorias de MFR correspondem diferentes níveis de diversidade genética e de seleção. A manutenção da diversidade nos MFR utilizados nas ações de repovoamento florestal num contexto multifuncional, nomeadamente de proteção contra a erosão e de recuperação dos solos, mas também num contexto de alterações climáticas, está relacionada positivamente não só com o desempenho das populações de árvores, mas também com o funcionamento e a resiliência do ecossistema onde estas estão integradas.

Na generalidade dos estudos que visam a avaliação da diversidade genética entre ou dentro das populações são utilizados marcadores moleculares neutros, como as isoenzimas, os RFLP (Random Fragment Length Polymorphism), os RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), os microssatélites e, mais recentemente, os SNP (Single-nucleotide polymorphism). Estes marcadores são seletivamente neutros, ou seja, as variações aferidas resultam de diferenças entre genótipos que não afetam a sua capacidade de sobrevivência e de se reproduzirem (Konnert *et al.*, 2015). Vários estudos com diversas espécies, nomeadamente *Pinus sylvestris*, *Pinus contorta*, *Quercus petraea* e *Quercus suber*, têm mostrado que a diferenciação encontrada entre populações relativamente a características adaptativas, como o abrolhamento das folhas, a formação de gomos, o crescimento, a eficiência do uso da água, a morfologia, é muito maior do que a aferida por marcadores do tipo isoenzimas (Eriksson *et al.*, 2013; Porth e El-Kassaby, 2014).

Na gestão dos materiais florestais de reprodução, a avaliação da variação neutral não possibilita qualquer informação relativa à variação fenotípica ou adaptativa das populações, o que é limitativo quando se avalia a transferência de MFR num cenário de alterações climáticas. No entanto, os marcadores neutros possibilitam a obtenção de informação relativa ao nível da diversidade genética, às rotas de colonização das espécies

e são também eficientes na confirmação da origem dos MFR. No sul da Alemanha, a diversidade genética dos povoamentos de *Pseudotsuga menziesii* e de *Abies alba* é avaliada com recurso a isoenzimas e a microssatélites, e se o nível de variação for considerado baixo, estes povoamentos são rejeitados como materiais de base (Konnert *et al.*, 2015). Os marcadores moleculares neutrais são também muito eficientes na identificação de clones e na gestão destes nos pomares clonais (Porth e El-Kassaby, 2014).

Para assegurar a qualidade dos MFR e a sua adaptação a distintas condições ambientais, é necessário proceder à sua avaliação para as características pretendidas, em ensaios de campo, onde as condições ambientais estão controladas de modo a permitir separar os efeitos genéticos dos ambientais. Os ensaios de campo são estabelecidos segundo protocolos e delineamentos experimentais previamente definidos, cumprindo os princípios básicos de casualização e da replicação, de modo a permitir a análise estatística posterior dos resultados obtidos. Por vezes são realizados ensaios precoces (ensaios em viveiro ou em câmaras climatizadas), para antecipar os resultados da avaliação, no entanto, deve ser garantido que os resultados assim obtidos traduzem o comportamento dos materiais em teste na fase adulta.

Consoante o delineamento experimental escolhido no estabelecimento dos ensaios de campo podem ser:

- **ensaios comparativos**, onde é efetuada a avaliação por comparação do desempenho de distintas entidades genéticas em avaliação (ao nível das populações, famílias ou indivíduos/clones) quanto às características pretendidas (sobrevivência, crescimento, características tecnológicas ou outras) relativamente aos lotes de controlo, para aferir a sua superioridade, e, em consequência, a sua admissão à categoria de “testado”;
- **ensaios de avaliação genética**, onde são comparadas entidades distintas sob um modelo genético prévio (com um tipo de cruzamento pré-existente, a relação de parentesco existente e o tipo de seleção que vai ser aplicado), podendo ser estimada a superioridade genética dos MFR que vamos obter a partir destes materiais de base.

De acordo com o tipo de materiais em avaliação, os ensaios podem ser classificados:

- de proveniências, ensaios de campo nos quais estão representadas amostras de populações representativas da uma área de distribuição de uma espécie, permitindo avaliar a amplitude da variabilidade genética da espécie para as características em avaliação, como se distribui essa variabilidade pela área de distribuição da espécie e identificar as proveniências com maior interesse silvícola;
- de descendência, que permitem avaliar as diferenças genéticas entre diferentes famílias, assim como o valor genético dos progenitores de uma família (apenas da mãe se a polinização foi aberta, dos dois progenitores se foi controlada) ou dos indivíduos selecionados em pomares de sementes. Podem ser estimados parâmetros genéticos como a heritabilidade em sentido restrito e/ou correlações genéticas entre as características estudadas;
- de clonais, que permitem avaliar o comportamento dos diferentes ramos de um mesmo clone e as diferenças genéticas entre clones; pode ser estimado o valor de cada clone, assim como parâmetros genéticos como a heritabilidade em sentido

amplo e/ou correlações genéticas entre as características estudadas.

A partir destes ensaios é possível comprovar-se a adequação destes materiais para uma determinada zona de utilização ou selecionar os melhores entre os diferentes tipos de material base. Os maiores níveis de diversidade são obtidos com a utilização de materiais de reprodução obtidos em bosquetes ou em povoamentos; no Quadro 2.5 são apresentadas as várias características dos materiais de base e a sua variação em função da categoria do MFR.

QUADRO 2.5 – Características dos materiais de base correspondentes às distintas categorias dos materiais florestais de reprodução a que dão origem, descritos relativamente à origem, à constituição, ao tipo de seleção, à formas de avaliação, à diversidade genética e ao ganho genético (Adaptado de Alía, 2006).

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS DE BASE	CATEGORIAS DOS MATERIAIS FLORESTAIS DE REPRODUÇÃO			
	Fonte Identificada (amarelo)	Selecionada (verde)	Qualificada (rosa)	Testada (azul)
Origem	Conhecida Uma região de proveniência	Conhecida Uma região de proveniência	Não aplicável	Não aplicável
Constituição	Conjunto de árvores ou população	População	Famílias / Indivíduos ou clones	População, indivíduos ou clones
Tipo de seleção	Sem seleção	Seleção ao nível da população	Seleção Familiar / Individual de cada elemento do pomar	Seleção ao nível da população / familiar / individual
Avaliação	Nenhuma	Fenotípica	Fenotípica	Genética
Ensaio	Não	Não	Não são obrigatórios ou em fase de experimentação	Obrigatórios
Diversidade genética	Elevada	Elevada	Estreita	Variável, em função do tipo de material de base
Ganho genético	Nenhum	Baixo	Médio	Alto

Os MFR provenientes de um pomar de sementes podem apresentar um nível de variação genética similar ao das populações originais, se a colheita de sementes ou de frutos foi realizada adequadamente num número elevado de indivíduos. Uma menor diversidade genética é obtida em MFR provenientes de progenitores familiares ou de mistura de clones. A uma menor diversidade genética apresentada pelos MFR obtidos a partir de progenitores familiares, de clones ou de mistura de clones, corresponde maior homogeneidade de comportamento dos materiais, maior ganho genético para as características para os quais foram selecionados, maior homogeneidade dos produtos obtidos, mas a estes materiais estão também associados maiores riscos na sustentabilidade destas plantações num horizonte de longo-prazo (Namkoong *et al.*, 1996). No entanto, é de salientar que numa plantação com objetivos produtivos, as condições proporcionadas pelas práticas culturais são distintas das existentes numa floresta natural ou de conservação, e são ajustadas aos MFR utilizados no curto prazo; a longo prazo, o risco pode ser minimizado com a utilização de novos MFR selecionados, em gerações mais avançadas dos programas de melhoramento para dar resposta a, por exemplo, fatores ambientais limitantes.

Nas plantações florestais de cariz predominantemente económico, são utilizados indivíduos ou clones altamente produtivos, que asseguram um ganho genético sig-

nificativo resultante do uso de MFR altamente produtivos, e/ou resistentes a pragas e doenças e que, igualmente, possam ter outras características de interesse. A legislação relativa à comercialização dos materiais florestais de reprodução impõe que os materiais testados sejam submetidos a testes de avaliação (para os MFR de categoria qualificado não é obrigatória a existência de testes), segundo protocolos internacionalmente reconhecidos que permitam comprovar a superioridade destes materiais face a outros materiais de controlo, para as áreas ou regiões onde se prevê que venham a ser utilizados (Quadro 2.5). Em Portugal, a disponibilização de materiais testados cinge-se a clones e sementes de *Eucalyptus globulus*, são comercializadas sementes de *Pinus pinaster* e *Pinus pinea* da categoria qualificada.

2.3.3 Região de Proveniência

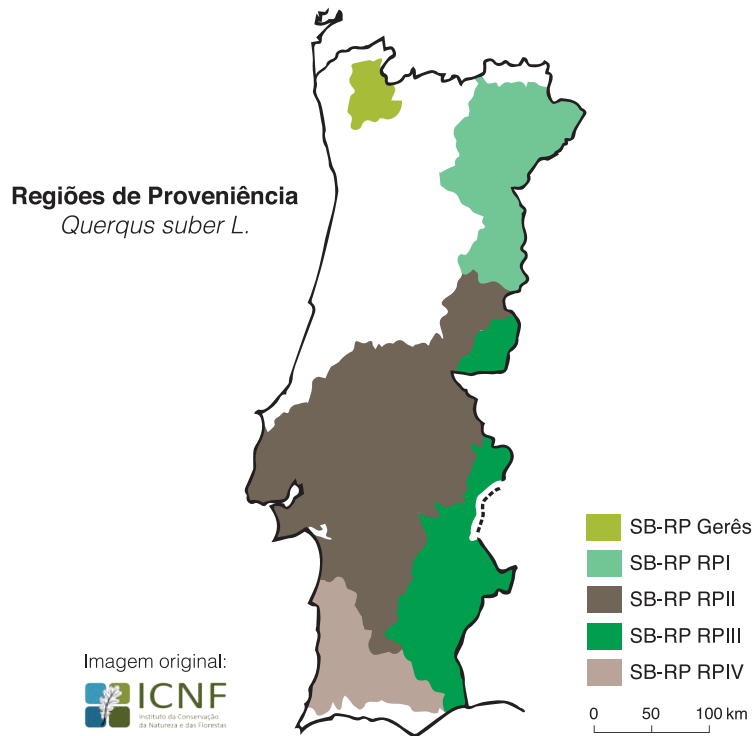
O desconhecimento relativo à estrutura genética das espécies florestais com maior relevância económica justifica que, na maioria dos países europeus incluindo Portugal, a delimitação das regiões de proveniências seja realizada com base nas condições ecológicas do local onde os povoamentos se desenvolvem (Muhs, 1995). Assim, o Decreto-Lei nº 205/2003 define região de proveniência para uma espécie ou subespécie como “a área ou grupo de áreas com condições ecológicas suficientemente uniformes onde se encontram povoamentos ou bosquetes com características fenotípicas ou genéticas semelhantes, tendo em conta limites altitudinais, quando adequado”.

Em Portugal, o limite geográfico das regiões de proveniência de 24 espécies florestais implicou a definição de unidades territoriais com limites referenciados (barreiras geográficas ajustadas aos limites das regiões administrativas dos concelhos) nas quais as condições ecológicas eram homogéneas e em que as populações nelas estabelecidas apresentassem características fenotípicas similares (Marques *et al.*, 2012).

A utilidade da definição da região de proveniência na certificação dos materiais das categorias “fonte identificada” e “selecionada”, consiste na identificação do material de reprodução pela sua localização geográfica precisa, pelo conhecimento das características ecológicas do clima e do solo de onde provêm e pelas suas características fenotípicas ou genéticas (quando esta informação existe) indicativas do crescimento e da capacidade adaptativa, facilitando a eleição dos MFR mais adaptados às áreas a arborizar. Com carácter exemplificativo, a Figura 2.9 reproduz o mapa das regiões de proveniência para o sobreiro e que foram consideradas na recolha de semente para o estabelecimento da rede de ensaios de proveniência da rede EUFORGEN (Varela, 2000).

A origem das sementes ou das plantas utilizadas nas ações de arborização no passado é frequentemente dificultada pela ausência de registos, contudo, atualmente, o recurso aos marcadores moleculares e bioquímicos pode contribuir para a reconstrução da história da introdução de algumas espécies exóticas, como é o caso do eucalipto (Borrallho *et al.*, 2007). No entanto, a impossibilidade de identificar a origem do material de base implica que possa haver MFR de espécies não autóctones da categoria “qualificados” e “testados”, com origem desconhecida.

FIGURA 2.9
Mapa das Regiões de
Proveniência para o
Quercus suber (Marques
et al., 2012).



O conhecimento prévio da região de proveniência que melhor se adapta às áreas a arborizar tem as seguintes vantagens:

- possibilita a determinação dos limites geográficos máximos dentro dos quais se pode utilizar os MFR obtidos a partir de bosquetes ou de povoamentos inseridos na mesma região;
- facilita a comercialização dos materiais florestais de reprodução ao possibilitar a identificação da região na qual se efetuou a colheita das sementes e frutos;
- facilita a recomendação de uso de semente nos programas de repovoamento que ocorram a nível nacional;
- possibilita que esta informação seja também utilizada no planeamento de ações de melhoramento genético e de conservação dos recursos genéticos; dentro de cada região são selecionados fenotipicamente os indivíduos que vão ser replicados nos pomares de sementes, podendo fazer parte de um programa de melhoramento; igualmente, algumas das regiões de proveniência incluem áreas de floresta de pequena dimensão que, pelas suas características peculiares, devem ser tidas em conta nas estratégias de conservação genética.

2.3.4 Registo e Catálogo Nacional de Materiais de Base

A utilização de materiais de base destinados à produção de MFR pressupõe uma autorização prévia a ser concedida pelo ICNF após parecer dos respetivos serviços regionais, e após verificação da existência dos requisitos mínimos estabelecidos na legislação e definidos em função do tipo de material de base. Os materiais de base aprovados são obrigatoriamente sujeitos a inscrição no Registo Nacional de Materiais de Base (RNMB). A organização, manutenção e atualização do RNMB, das espécies e híbridos artificiais listados no Decreto-Lei nº 205/2003, é da responsabilidade do ICNF.

15 <http://www.icnf.pt/portal/florestas/gf/ps/cnmb>

O Catálogo Nacional de Materiais de Base (CNMB), que tem como base os elementos constantes do RNMB, corresponde a uma lista nacional dos materiais de base aprovados para produzir materiais de reprodução a utilizar nas atividades de reforestação. O registo dos materiais de base aprovados em Portugal pode ser consultado na página da internet do ICNF¹⁵.

Em Portugal, a informação disponibilizada no catálogo relativamente a cada material de base aprovado é ainda muito limitada, cingindo-se a elementos de localização geográfica e a informação simplificada, como o tipo e a categoria do material base, a área ocupada (ha), a origem e a região de proveniência. No mesmo portal, é possível consultar, complementarmente, os mapas das regiões de proveniência para cada espécie.

2.3.5 Certificação e comercialização de sementes, partes de plantas e plantas

O processo de certificação consiste numa série de normas e numa sequência de procedimentos administrativos que mediante notificações e intervenções ao longo do processo de produção e de comercialização, permite que a identificação (origem) e a qualidade genética (categoria) atribuída a um determinado material florestal de reprodução durante o processo de colheita/obtenção (comprovada pelo certificado principal) não se altere, e que seja garantida que a sua qualidade externa cumpra os requisitos mínimos estabelecidos. O estabelecimento desta sequência de procedimentos vai garantir a proteção do utilizador do material florestal, face à quase impossibilidade de se aferir de uma forma objetiva e imediata a identidade e de avaliar a qualidade genética do material de reprodução.

Durante o processo de produção e de comercialização dos MFR deverá manter-se a identificação dos lotes, a fim de se conhecer em qualquer fase e momento o material base do qual foi obtido. Todos os fornecedores de MFR devem verificar que o material de base está inscrito no Registo Nacional de Materiais de Base (RNMB) e obter o respetivo número de registo; por outro lado, o estado sanitário e a qualidade exterior do MFR que se está a comercializar deve estar de acordo com o que for declarado.

Os fornecedores responsáveis pelas atividades desenvolvidas durante o processo de produção de MFR estão obrigados a notificar o ICNF das colheitas e produções de MFR que realizam, assim como o estabelecimento de campos-mãe; em todos estes procedimentos devem utilizar os modelos dos documentos de comercialização disponíveis na página de internet do ICNF. Devem manter os registos dos movi-

mentos de MFR e entregar anualmente declarações com as quantidades produzidas e comercializadas.

A emissão do **certificado principal** é da responsabilidade dos serviços do ICNF, e terá lugar nas seguintes situações: (i) colheita de MFR (frutos, sementes, partes de plantas ou plantas) provenientes de um material de base admitido, (ii) mistura de lotes de MFR, e (iii) obtenção de material de reprodução para propagação vegetativa posterior. Para garantir o processo de certificação, as entidades oficiais poderão realizar as inspeções que julgarem necessárias durante os trabalhos de colheita e ao longo do processo de produção e de comercialização, tanto no campo como nas instalações dos fornecedores.

2.3.6 Requisitos de qualidade exterior aplicáveis a plantas

De acordo com o Decreto-Lei nº 205/2003, a comercialização de plantas para arborização das seguintes espécies do Anexo I: *Quercus ilex*, *Q. suber*, *Eucalyptus globulus*, *Pinus pinaster*, *P. pinea*, *P. halepensis*, *P. nigra* e *P. leucodermis*; implica a obrigatoriedade de emissão de um **certificado de qualidade externa**, para além do **certificado principal**. A obtenção do certificado de qualidade externa pressupõe uma certificação morfológica ou da qualidade externa das plantas, que as classifique como “íntegras e comercializáveis”, considerando-se que devem ser cumpridos alguns requisitos nomeadamente: não devem apresentar desequilíbrios entre a parte aérea e a radicular; não terem caules múltiplos; não apresentarem um sistema radicular deformado; e ausência de sintomas de problemas sanitários. Paralelamente, para as 8 espécies já referenciadas, as plantas a certificar terão de obedecer, de acordo com a sua idade, a alturas mínimas e máximas e a medidas mínimas do diâmetro do colo, nos Quadros 2.6 e 2.7 são apresentadas as dimensões para as espécies *P. pinaster*, *P. pinea*, *Q. ilex*, *Q. suber* e *E. globulus*. É também definido um volume mínimo de alvéolo a considerar no processo de produção (Quadro 2.8). No processo de comercialização das plantas, no documento do fornecedor deve ser indicado o número do certificado de qualidade externa.

QUADRO 2.6 – Dimensões mínimas e máximas das plantas a cumprir, em função da idade, para 4 das 8 espécies *P. pinaster*, *P. pinea*, *Q. ilex* e *Q. suber*) para as quais é obrigatório o certificado de qualidade externa.

ESPÉCIE	IDADE MÍNIMA	ALTURA (cm)		DIÂMETRO MÍNIMO DO COLO (mm)
		Mínima	Máxima	
<i>Pinus pinaster</i>	1 ano	7	30	2
	2 anos	15	45	3
<i>Pinus pinea</i>	1 ano	10	30	3
	2 anos	15	40	4
<i>Quercus ilex</i>	1 ano	8	30	2
	2 anos	15	50	3
<i>Quercus suber</i>	1 ano	13	60	3

QUADRO 2.7 – Dimensões mínimas e máximas das plantas de *Eucalyptus globulus* que devem ser cumpridas, em função da idade, para obtenção do certificado de qualidade externa.

ESPÉCIE	IDADE (MESES)		ALTURA (cm)		DIÂMETRO MÍNIMO DO COLO (mm)
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
<i>Eucalyptus globulus</i> (semlal)	3	12	10	40	2
<i>Eucalyptus globulus</i> (estaca)	2	12	10	-	2

QUADRO 2.8 – Tamanho mínimo dos alvéolos durante o processo de produção das plantas.

ESPÉCIE	VOLUME MÍNIMO DO ALVÉOLO (cm ³)
<i>Pinus pinaster</i> / <i>Eucalyptus globulus</i>	120
Outras espécies	200

2.3.7 Passaporte fitossanitário

A livre circulação de materiais florestais de reprodução (MFR) impõe aos países da União Europeia (UE), a adoção de regras fitossanitárias específicas, com o objetivo de evitar a entrada e a dispersão de certos agentes bióticos nocivos nos ecossistemas florestais. De acordo com a legislação em vigor, designadamente o Decreto-Lei n.º 154/2005, de 6 de setembro, republicado pelo Decreto-Lei n.º 243/2009, de 17 de setembro, determinados vegetais e produtos vegetais, potenciais hospedeiros de pragas e doenças de quarentena, só podem circular no país e no espaço da UE, se devidamente acompanhados de passaporte fitossanitário, o qual atesta o cumprimento de um conjunto de requisitos fitossanitários específicos.

A Decisão da Comissão 2007/433/CE, de 18 de junho, veio estabelecer medidas de emergência provisórias contra a introdução e a propagação na Comunidade Europeia do fungo *Gibberella circinata*, restringindo a circulação na EU dos MFR das espécies hospedeiras deste fungo (*Pseudotsuga menziesii* e espécies do género *Pinus*), apenas se forem acompanhados de passaporte fitossanitário.

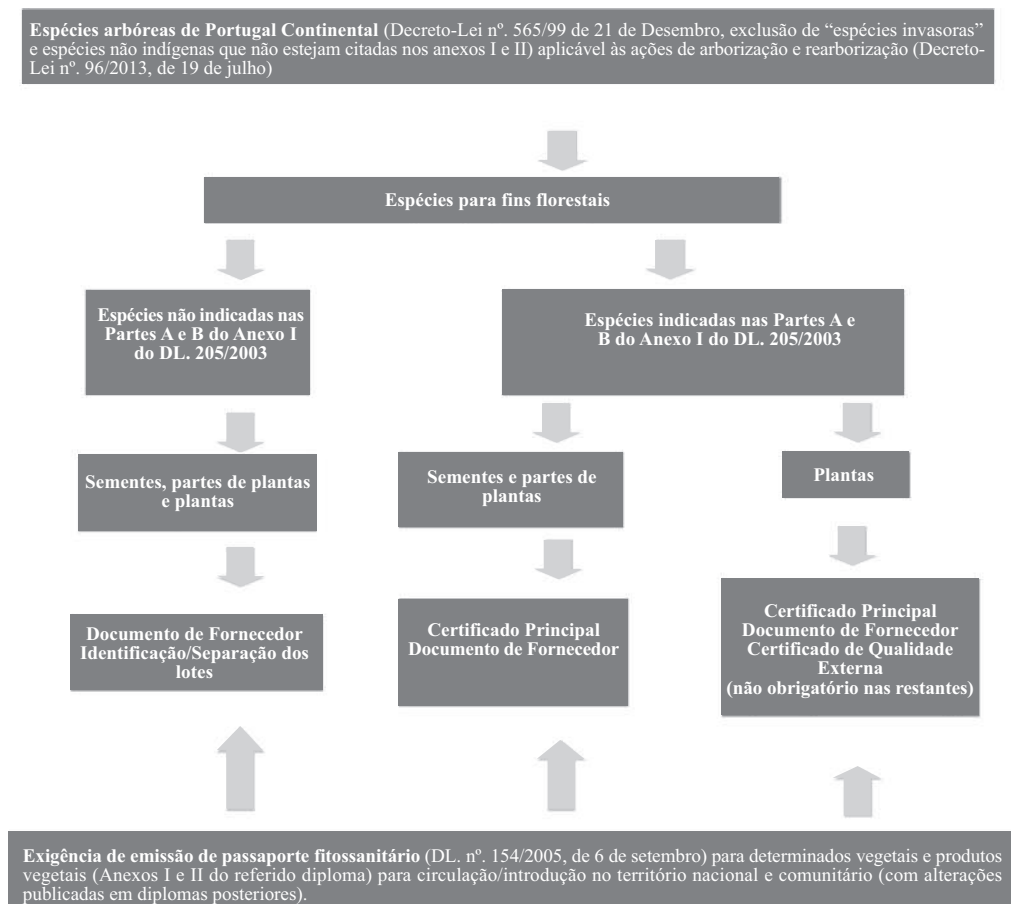
A emissão do passaporte fitossanitário pode ser realizada pelo fornecedor de MFR, implicando o registo na Direção Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV) e uma autorização prévia do Presidente do ICNF para o efeito, sendo a emissão de acordo com modelos oficialmente aprovados pela DGAV/ ICNF, e apenas para as espécies em que é obrigatória a emissão de passaporte fitossanitário.

De acordo com a legislação em vigor, as espécies florestais para as quais os fornecedores de MFR tem que emitir passaporte fitossanitário são apresentadas no Quadro 2.9. A listagem das espécies regulamentadas e dos organismos nocivos considerados estão em constante atualização, devendo ser consultada periodicamente na página de internet da DGAV.

QUADRO 2.9 – Espécies florestais para as quais é obrigatória a emissão de passaporte fitossanitário no processo de circulação e de comercialização de MFR.		
LEGISLAÇÃO	ESPÉCIE	GÉNERO
Sementes	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Pinus</i>
Plantas	<i>Aesculus hippocastanum</i> <i>Prunus laurocerasus</i> <i>Prunus lusitanica</i> <i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Abies</i> , <i>Acer</i> , <i>Alnus</i> , <i>Betula</i> , <i>Castanea</i> , <i>Cedrus</i> , <i>Crataegus</i> , <i>Fagus</i> , <i>Larix</i> <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> , <i>Platanus</i> , <i>Populus</i> , <i>Pseudotsuga</i> , <i>Pyracanta</i> , <i>Quercus</i> , <i>Sorbus</i> , <i>Tsuga</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Viburnum</i>

Na Figura 2.10 é apresentado um esquema simplificado do enquadramento legislativo e do sistema de certificação que regulamenta a produção e a comercialização dos materiais florestais de reprodução das espécies florestais. Os procedimentos e as exigências são diferenciados em função da inclusão da espécie florestal no Anexo I do Decreto-Lei nº 205/2003.

FIGURA 2.10
Esquema simplificado do enquadramento legislativo para as espécies florestais (Faria e Almeida, 2013).
(*Espécies com obrigatoriedade de Certificado de qualidade externa: *Quercus ilex*, *Q. suber*, *Eucalyptus globulus*, *Pinus pinaster*, *P. pinea*, *P. halepensis*, *P. nigra* e *P. leucodermis*)



CAPÍTULO 3

AS SEMENTES FLORESTAIS

3.1 INTRODUÇÃO

Na perspetiva do repovoamento florestal, a evolução do conhecimento relativo aos processos reprodutivos, à sua manipulação e à otimização das condições do processamento das sementes tem sido, ao longo dos tempos, muito matizada pelas diferenças das práticas regionais. Este facto explica um maior domínio no que respeita às espécies mais vulgarmente utilizadas nas arborizações das regiões temperadas, uma vez que, tanto a regeneração natural, como as (re)arborizações por sementeira direta ou por plantação, necessitam de disponibilidades adequadas de semente viável.

O conhecimento da biologia reprodutiva das espécies sustenta a previsão dos padrões de produção de sementes, facilitando a oferta de semente em quantidade e em qualidade. Este conhecimento é também essencial na gestão de áreas produtoras de sementes, ao orientar a organização de meios e de recursos humanos, cuja escala territorial, em função das espécies florestais que são alvo da colheita, pode ser regional ou mesmo alargada a todo o País. Para garantir a disponibilidade de semente necessária é fundamental que haja um planeamento atempado e a existência de infraestruturas de várias vertentes, quer naturais (povoamentos, pomares, etc.), quer instalações adequadas para realização das tarefas de processamento e para a conservação das sementes.

Para um processamento correto das sementes é essencial ter alguns conhecimentos da sua biologia. A utilização das sementes com fins de regeneração artificial pressupõe que o técnico florestal disponha de um considerável grau de controlo sobre as condições de colheita, processamento e armazenamento. No entanto, as características intrínsecas da semente resultam da evolução da espécie e da sua adaptação às condições em que ocorre a regeneração natural.

Neste capítulo é feita uma resenha sumária do processo reprodutivo e da biologia das sementes como introdução ao tema da colheita, processamento e armazenamento da semente, da avaliação da sua qualidade e é abordada a gestão de áreas florestais para produção de semente.

3.2 O PROCESSO REPRODUTIVO

Quando nos referimos ao processo reprodutivo, generalizamos o conceito de flor definindo-a como “um ramo curto determinado (ou seja, de crescimento definido) com esporófilos (*i.e.*, folha produtora de esporos)”, abrangendo desta forma tanto os órgãos reprodutores das gimnospermas (em que o óvulo não se encontra incluso num ovário com estigma), como o das angiospermas (em que os óvulos estão encerrados em ovários). Hoje é sabido que estas estruturas sofreram uma evolução desde o Jurássico, o período de pleno desenvolvimento das coníferas, durante o qual surgiram as primeiras angiospermas que tinham flores primitivas, em que o carpelo era pouco mais que uma folha dobrada sem estigma e apenas com uma fenda estigmática (Niu *et al.*, 2016).

Tradicionalmente, a gestão dos povoamentos florestais privilegia o crescimento vegetativo e somente no final da rotação o crescimento reprodutivo é promovido como garante da sua regeneração. As exceções ocorrem em áreas que, com carácter principal ou complementar, se destinam a produzir fruto com valor comercial ou semente para o repovoamento artificial.

Regra geral verifica-se uma competição entre o desenvolvimento reprodutivo e vegetativo, com correlação linear e negativa, no entanto, altera-se quando as produções de frutos são anormalmente elevadas (Pallardy, 2008). Assim, a iniciação floral está frequentemente associada à cessação do crescimento vegetativo, quer este suceda cedo ou tarde (Quadro 3.1). Este *timing* da iniciação floral pode ser uma resposta à diminuição da competição vegetativo-floral, de tal modo que em anos de vigoroso crescimento vegetativo a iniciação de gomos florais pode ser reduzida. Os tecidos reprodutores em desenvolvimento rápido são *sinks* fortes que monopolizam os nutrientes disponíveis, inibindo o crescimento cambial das raízes e o dos lançamentos (Cannell, 1985). A quantidade de energia despendida com a reprodução é dificilmente mensurável, mas as estimativas feitas apontam no sentido de que o material utilizado pelas árvores para a floração e frutificação reduz a quantidade disponível para a formação de lenho, influenciando consideravelmente as produções (Huxley, 1985). Uma estimativa do peso seco total dos materiais gastos anualmente em pólen, pinhas e sementes, realizada em estações de qualidade média durante uma rotação de 40 anos de *Pinus radiata* em Austrália, é de cerca de 454 kg o que equivale a $3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ou 16 % do acréscimo médio anual (Mathews, 1963). Dado que o pólen e as sementes são mais ricos em nutrientes do que o lenho, a quantidade de energia gasta anualmente na reprodução sexuada é provavelmente superior aos 16 % estimados com base no lenho. Podemos assim concluir que a maximização da produção de frutos e de lenho em essências florestais parecem ser em muitos casos objetivos opostos. Este facto é confirmado pela observação de várias situações em que foi observada a repressão do crescimento vegetativo em anos de grande produção de frutos (Kozlowski, 1971).

QUADRO 3.1 – Momento da iniciação floral determinada por observação microscópica dos gomos.Fonte: ¹ Bourgeois (2004); ² Stanley *et al.* (1974); ³ Giannini, *et al.* (1999); ⁴ Matyas (1969);⁵ Valdivieso *et al.* (2017); ⁶ Varela *et al.* (2016).

ESPÉCIE	LOCALIZAÇÃO	MOMENTO DA INICIAÇÃO FLORAL	
	País	Masculino	Feminina
<i>Castanea sativa</i> Mill. ¹	França	Primavera	Primavera
<i>Criptomeria japonica</i> Don ²	Japão	final Junho – final Set	meio Julho – meio Set
<i>Cupressus sempervirens</i> L. ³	Itália	Primavera	Outono
<i>Fagus sylvatica</i> L. ⁴	Europa	Junho – Julho	Outubro
<i>Pinus elliotii</i> Engelm. ²	EUA	final Junho – Julho	final Agosto
<i>Pinus pinea</i> ⁵	Portugal	Novembro	Novembro
<i>Pinus sylvestris</i> L. ²	Inglaterra	Agosto	meio Agosto – Set
<i>Pseudotsuga menziesii</i> Franco ²	EUA	Abril	Abril
<i>Quercus suber</i> L. ⁶	Portugal	início Março	final Março

A ocorrência de espécies com polinização anemófila aumenta com a latitude e a altitude, sendo mais comum nas florestas de folha caduca da região temperada e boreal, e muito rara nas florestas húmidas tropicais em que predominam as espécies com polinização entomófila (Pallardy, 2008). Este autor atribui às grandes perdas de pólen resultantes do carácter aleatório da dispersão pelo vento nas espécies anemófilas, a enorme diferença na quantidade de pólen produzido por estas espécies comparativamente com as entomófilas, em que os insetos têm uma ação polinizadora metódica entre flores. Uma vez que a dispersão do pólen nas espécies anemófilas ocorre com grande rapidez logo que as condições são propícias, não é tão dependente das condições meteorológicas (temperatura e humidade), como inicialmente se supôs (Mathews, 1963). Por sua vez, a distância da dispersão do pólen é muito variável, dependendo das suas características (densidade e dimensão) e da velocidade do vento no caso das espécies anemófilas, e do raio da ação dos insetos nas entomófilas. Contudo, para a maioria das espécies, a distância de dispersão do pólen raramente é superior a 100 metros.

A maioria das essências florestais das zonas temperadas têm mecanismos que inibem a autofecundação, frequentemente associada a perda de vigor dos indivíduos. A distribuição das flores femininas nos ramos do cimo da copa e das masculinas nos da base da copa, nas espécies monóicas como os pinheiros, ou o desfasamento no momento da recetividade do estigma e da libertação do pólen, como é o caso do *E. globulus*, são formas de evitar a autofecundação. No entanto, nem sempre a consanguinidade se traduz em decréscimo da taxa de crescimento ou perda de vigor, uma vez que este comportamento resulta da acumulação de genes deletérios recessivos mais do que da autofecundação em si. Assim, a baixa frequência de tais genes recessivos permite a realização de cruzamentos aparentados ou mesmo a autofecundação sem grande risco – daí o aforismo “a autofecundação é geralmente má, mas pode ser boa” quando cria indivíduos com elevado valor genotípico, como sucede em muitas espécies agrícolas.

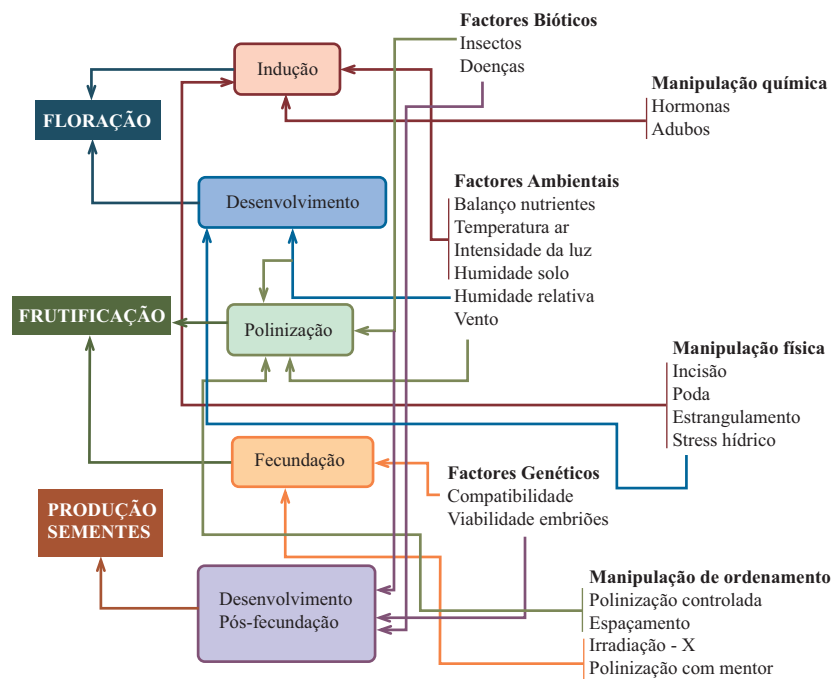
Geralmente as árvores estão em produção máxima de semente na meia-idade, depois de ultrapassada a fase juvenil na qual ocorre o período de mais rápido crescimento em altura. A existência de uma fase juvenil permite a uma planta perene, durante os primeiros anos, competir mais eficazmente no crescimento vegetativo com outras plantas. A duração desta fase é variável entre espécies, observando-se grandes diferenças na idade em que as árvores florescem pela primeira vez: regra geral, varia entre os 5 e os 10 anos nas espécies intolerantes ao ensombramento (pinheiros) e entre os 25 e os 30 anos nas tolerantes (como o sobreiro) (Quadro 3.2).

A capacidade reprodutiva das árvores individuais está sob forte controlo genético. Muitos estudos têm demonstrado que árvores de tamanho semelhante e crescendo em condições ambientais comparáveis, variam consideravelmente na produção de frutos (Dickman, 1985). A componente genética da fenologia e da precocidade da floração, assim como da capacidade reprodutiva, parece ser alta (Dicenta *et al.*, 1993; Matziris, 1994; Jones *et al.*, 2011; Eriksson *et al.*, 2013), e existem poucas dúvidas de que os melhoradores as não possam incorporar com sucesso num programa de seleção.

Uma boa produção de frutos e de sementes depende da conclusão, com sucesso, de várias etapas sequenciais do processo reprodutivo, que incluem (cf. Figura 3.1):

- iniciação de suficientes primórdios florais;
- conveniente desenvolvimento de óvulos e estames (floração);
- adequada polinização;
- fecundação bem-sucedida;
- adequado desenvolvimento do embrião,
- desenvolvimento dos frutos até à maturidade.

FIGURA 3.1
Relação das etapas do processo reprodutivo com os vários fatores naturais (ambientais, genéticos e bióticos) e as manipulações artificiais.



QUADRO 3.2 – Informação relativa à idade de frutificação, variação do número de sementes por grama, grau de pureza (%), capacidade germinativa (%), época de colheita e número de anos que medeiam duas colheitas abundantes de algumas espécies florestais.

Fonte: ¹ Alves (1982); ² Bachiller (1993); ³ Walter e Francis (2008); ⁴ Marques *et al.* (2012).

ESPÉCIE	IDADE	VARIAÇÃO Nº SEMENTES/ GRAMA	GRAU PUREZA (%)	CAPACIDADE GERMINATIVA (%)	ÉPOCA DE RECOLHA	Nº ANOS ENTRE COLHEITAS ABUNDANTES
RESINOSAS						
<i>Abies alba</i> ¹	45	17 - 22	90	40 - 60	Set - Out	3 - 4
<i>Abies pinsapo</i> ²	30 - 40	15 - 22	90	40- 70	Set - Out	n.d.
<i>Cedrus atlantica</i> ²	35 - 40	7,5 - 20	85 - 90	40 - 50	Nov	n.d.
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> ¹	20 - 30	280 - 390	80 - 90	50	Set - Out	n.d.
<i>Cryptomeria japonica</i> ³	15 - 20	700 - 1200	95	30	Out - Nov	n.d.
<i>Cupressus lusitanica</i> ¹	15 - 20	200 - 260	90 - 95	35 - 40	Ago-Set	n.d.
<i>Cupressus sempervirens</i> ¹	20 - 25	100 - 200	70 - 80	35 - 40	Ago-Set	n.d.
<i>Larix decidua</i> ¹	20 - 30	160 - 180	85 - 95	30 - 40	Outono	n.d.
<i>Picea abies</i> ¹	35 - 50	120 - 1500	90 - 95	80 - 90 ³	Outono	n.d.
<i>Pinus halepensis</i> ¹	15 - 20	50 - 60	95 - 98	70 - 80	Outono	1
<i>Pinus nigra sp. laricio</i> ¹	20 - 30	61 - 77	95 - 98	80 - 90	f. Outono	3 - 8
<i>Pinus pinaster</i> ¹	15 - 20	19 - 20	99	60 - 90	Outono	1-2
<i>Pinus pinea</i> ¹	15 - 20	1,5 - 2	100	70 - 90	Nov - Dez	3
<i>Pinus sylvestris</i> ¹	20 - 30	140 - 170	90 - 95	70 - 80	Outono	2 - 3
<i>Pseudotsuga menziesii</i> ¹	20 - 30	95 - 100	95	50	Agosto	3 - 6
<i>Taxus baccata</i> ¹	20 - 30	3 - 15	95 - 98	40 - 60	Set - Out	n.d.
FOLHOSAS						
<i>Acer negundo</i> ²	n.d.	18,2 - 42,7	92-97 ²	70 - 90	Ago - Out	1
<i>Acer pseudoplatanus</i> ¹	20 - 30	10 - 16	90-95 ²	60 - 70	Out - Nov	1
<i>Alnus glutinosa</i> ¹	20 - 25	500 - 700	60	35 - 40	Out - Nov	2
<i>Arbutus unedo</i> ²		374 - 570	n.d.	35 - 45	Out - Dez	1
<i>Betula celtiberica</i> ¹	15 - 20	1600 - 1900	42	25 - 30	Jul - Set	n.d.
<i>Castanea sativa</i> ¹	25 - 30	0,15 - 0,30	100	70 - 80	Out - Nov	1
<i>Ceratonia siliqua</i> ²	7 - 8	4.5 - 5,6	95-98	70 - 80	Agosto	n.d.
<i>Eucalyptus globulus</i> ¹	5 - 10	500 - 1000	> 90	70	Abr - Mai	1
<i>Fagus sylvatica</i> ¹	50 - 60	3.5 - 4,0	98	6 - 80	Ag - Set	2 - 3
<i>Fraxinus angustifolia</i> ¹	30 - 40	14 - 16	90 - 95	60 - 70	Outono ¹	n.d.
<i>Juglans sp</i> ¹	15 - 20	0,075 - 0,1	100	70 - 90	Outono	n.d.
<i>Prunus avium</i> ²	8 - 10	5 - 6,5	95 - 98	70 - 80	Verão	n.d.

QUADRO 3.2 – Informação relativa à idade de frutificação, variação do número de sementes por grama, grau de pureza (%), capacidade germinativa (%), época de colheita e número de anos que medeiam duas colheitas abundantes de algumas espécies florestais. (continuação)Fonte: ¹ Alves (1982); ² Bachiller (1993); ³ Walter e Francis (2008); ⁴ Marques *et al.* (2012).

ESPÉCIE	IDADE	VARIAÇÃO Nº SEMENTES/ GRAMA	GRAU PUREZA (%)	CAPACIDADE GERMINATIVA (%)	ÉPOCA DE RECOLHA	Nº ANOS ENTRE COLHEITAS ABUNDANTES
FOLHOSAS						
<i>Quercus pyrenaica</i> ⁴	60 - 80	0,13 - 0,33	100	80 - 90	Outono	n.d.
<i>Quercus ilex</i> ⁴	50 - 60	0,189	100	60 - 80	Out - Nov	7-8
<i>Quercus robur</i> ⁴	50 - 60	0,173	100	60 - 70	Outono	n.d.
<i>Quercus rubra</i> ⁴	>50	0,17 - 0,57	100	70 - 80	Outono	n.d.
<i>Quercus suber</i> ⁴	15-20	0,10 - 231	100	80 - 90	Nov	2-3

É mais frequente a ocorrência de anos com floração abundante do que anos de grande produção de frutos. Se por um lado, a interrupção/fracasso de qualquer uma destas etapas envolvidas no processo reprodutivo compromete a frutificação; por outro lado, um intervalo de repouso entre a indução floral e a antese prolongando o período reprodutivo por duas ou mais estações, vai reduzir o nível de competição para os nutrientes entre flores e partes vegetativas, permitindo uma distribuição mais eficiente de foto-assimilados entre os crescimentos vegetativo e reprodutivo, de acordo com as condições ambientais. A flexibilidade de alterar a via para a floração numa estação onde as condições se tornam desfavoráveis é possível quando a indução floral é um processo longo. Nas coníferas, o processo reprodutivo decorre num intervalo entre 1 e 3 anos, dependendo da espécie. No género *Pseudotsuga*, o ciclo reprodutivo estende-se por 17 meses: a indução dos gomos florais dá-se no início da Primavera, a polinização ocorre na primavera seguinte e as sementes estão maduras em agosto. No pinheiro manso, a duração do ciclo é de 3 períodos vegetativos; após a diferenciação dos gomos florais no fim do primeiro verão, a polinização verifica-se no fim da primavera seguinte. Só no ano seguinte acontece o desenvolvimento da flor feminina, ocorrendo a fecundação no final da primavera, sendo seguida da frutificação; o amadurecimento da semente verifica-se apenas no outono seguinte.

Quanto maior for o vigor das árvores e a exposição das suas copas à radiação solar, melhores serão as condições de produção de sementes, o que se explica por uma maior produtividade fotossintética e, em consequência, pela maior quantidade de hidratos de carbono disponíveis. Para além disso, verifica-se que as árvores isoladas, de copas mais expostas, frutificam normalmente mais cedo do que as árvores em povoamento, e as varas das talhadias mais cedo do que os pés de alto-fuste (sendo o efeito do isolamento mais reduzido neste caso). Apesar de as árvores isoladas serem geralmente as que produzem maior quantidade de semente, são de eliminar como árvores produtoras de semente (*seed bears* ingl.; *porte-graines* fr.), quer porque, sendo dioicas, haverá menor probabilidade de polinização ou risco de polinização cruzada com origens inconvenientes, quer porque, sendo monoicas, aumentam as possibilidades de autofecundação

dando origem a elevadas percentagens de sementes não viáveis. Devem também ser rejeitadas as árvores das margens dos povoamentos, as doentes, as pouco vigorosas, com troncos defeituosos, de copas estreitas ou pouco profundas ou desequilibradas, as muito novas (apenas 5-10 anos, na fase de início da frutificação) ou muito velhas, mesmo com frutificação abundante, mas com probabilidade de apresentarem grandes percentagens de semente inviável.

A floração precoce, casual, em algumas espécies não significa necessariamente que o estado adulto tenha sido atingido. Embora, regra geral, os tratamentos que estimulam a floração nas plantas adultas não sejam muito eficazes antes da mudança de fase (Wareing, 1970), certos tratamentos podem estimular a precocidade da floração em plantas juvenis (incisão anelar, adubações muito elevadas, poda radicular). Nas *Cupressaceae* e *Taxodiaceae*, a floração precoce pode ser induzida com GA₃ e acentuada se forem utilizadas auxinas (Pharis, 1976). A enxertia é outra técnica a que se recorre para antecipar a floração ou reduzir a duração das gerações, uma vez que as plantas enxertadas provenientes de árvores adultas não readquirem a fase de prefloração. Esta via é utilizada no estabelecimento de pomares de sementes e na cultura do pinheiro manso quando o objetivo é a produção de pinhão. Contudo, esta estratégia por vezes não surte o efeito desejado porque alguns clones, embora produzam pinhas femininas em grande quantidade, não produzem pinhas masculinas durante 10 ou 15 anos, ou apenas produzem um número reduzido na parte inferior da copa. Esta situação pode provocar atrasos de anos na utilização de semente melhorada produzida em pomares de sementes que resultaram da seleção de indivíduos superiores. Para evitar esta situação, têm sido aplicados tratamentos hormonais.

O Quadro 3.2 reúne informação relativa a espécies com interesse florestal, quanto à idade de frutificação, características das sementes, época da sua colheita e periodicidade de produção. Em algumas espécies monoicas das Pináceas esta periodicidade resulta da localização terminal dos gomos florais femininos nos raminhos, o que torna improvável a ocorrência de uma boa floração e, consequentemente, frutificação e produção de semente em intervalos inferiores a dois anos.

Contrastando com o que se observa num pomar de árvores frutícolas, o padrão de floração e frutificação em essências florestais é muito irregular e imprevisível. Por exemplo, a um ano de boa produção de semente podem seguir-se 2 a 5 anos de fraca ou nula produção de semente. É reconhecida a influência que as condições ambientais, em particular as meteorológicas, têm na grande produção de fruto, vulgarmente chamados anos de safra – *mast seeding* ingl.. Apesar dos anos de safra estarem frequentemente correlacionados com fatores ambientais e, muito provavelmente, estarem ligados com o sucesso da polinização e com a alocação de recursos, pouco se sabe como esses fatores interagem ou como eles influenciam a produção de sementes (Koenig *et al.* 2015). Também a competição entre o crescimento vegetativo e o reprodutivo evidencia que a safra não é explicada pela disponibilidade de recursos. Atualmente é admitido que a alternância de anos de grande produção de fruto (safra), com anos de fraca ou nula frutificação (contrassafra), é o resultado da evolução da estratégia reprodutiva das plantas (Kelly e Sork, 2002). A vantagem seletiva resulta da economia de escala, que torna os grandes investimentos no processo reprodutivo mais eficientes do que os pequenos,

¹ Distância média de polinização efetiva – distância na qual o pólen fecunda as flores e produz frutos.

e assim, as plantas que se reproduzem intermitentemente, alternando anos de safra e contrassafra, estão mais adaptadas. De facto, a concentração da frutificação num ano de safra permite:

- **maior eficiência da polinização**, ou seja, mais flores disponíveis implica maior sucesso da polinização; tem particular impacto nas espécies de polinização pelo vento (anemófilas) que são predominantemente de fecundação cruzada, como é o caso dos pinheiros e da maioria das espécies florestais do Hemisfério Norte;
- haver um excedente de sementes para a regeneração natural, após a satisfação das necessidades alimentares das populações animais cuja dimensão foi, entretanto, reduzida em virtude da escassez de alimentos nos anos de contrassafra; a ocorrência da intermitência na frutificação **reduz as perdas causadas pelos predadores**;
- **maior eficiência do investimento dos recursos disponíveis** das árvores no processo reprodutivo, porque há maior probabilidade de sucesso quando as condições ambientais favorecem a sincronização dos indivíduos da população.

A safra é um fenómeno de grupo que resulta da **sincronização** da atividade reprodutiva das árvores pertencentes a uma população, da **variabilidade** da frutificação dos seus indivíduos e da **periodicidade** da frutificação nela observada ao longo dos anos. Na tentativa de explicar a sincronização das árvores para a produção de sementes, Koenig e Knops (2005) apresentam três possíveis mecanismos:

- a **sinalização química** que pode ser transmitida entre árvores através de uma ligação física (raízes, estruturas fúngicas) ou pelo ar; é pouco provável se considerarmos que muitos indivíduos estão em populações fragmentadas sem possibilidade de contacto;
- na ausência de flutuações ambientais, **através do pólen**, pode admitir-se a sincronização da reprodução entre árvores de uma floresta; devido à reduzida distância média da polinização efetiva¹, que depende da espécie, este mecanismo pode explicar a sincronização das árvores relativamente próximas, talvez até alguns quilómetros, mas numa extensão de milhares de quilómetros quadrados é pouco provável que a sincronização da reprodução seja através do pólen;
- a sincronização da dinâmica das populações em **resposta a estímulos ambientais**, conhecida por **Efeito de Moran**, reside na resposta a um fator externo (condições climáticas, por exemplo) que ao atuar em populações separadas com ecofisiologias semelhantes, estas tendem a ter alterações correlacionadas na sua abundância e assim sincronizar os seus ciclos.

Considerando a influência que as condições climáticas têm na frutificação, Koenig e Knops (2000) colocam a questão do efeito que as alterações climáticas poderão ter na safra e contrassafra e, subsequentemente, no funcionamento dos ecossistemas. Admitem que a subida de temperatura, prevista na maioria dos cenários de alterações climáticas, possa ter impactes negativos, na medida em que as flutuações do tamanho das populações de predadores das sementes poderão ser menos pronunciadas, em consequência da menor variação da quantidade de floração e frutificação anual. Mutke *et al.* (2005) observaram uma tendência anual de perda do rendimento de pinhas de pinheiro manso, de 180 para menos de 100 kg ha⁻¹, inferior à prevista pelos modelos,

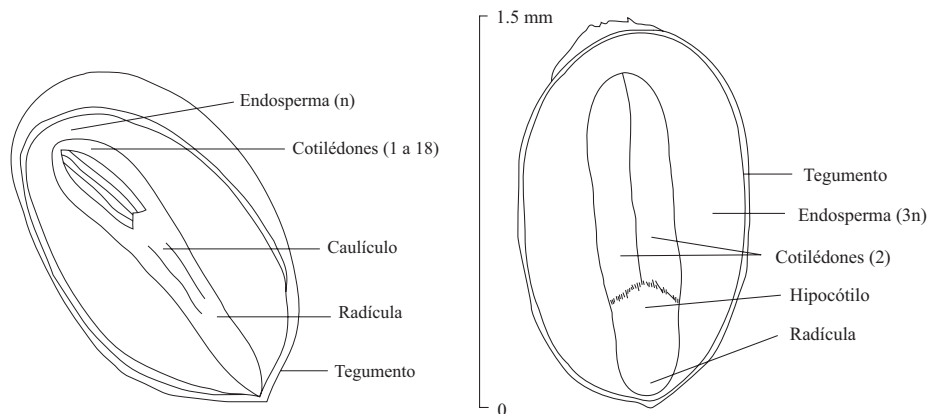
em consequência das alterações climáticas em curso. Este estudo permitiu identificar os fatores meteorológicos, particularmente a carência hídrica em diferentes estágios de desenvolvimento das pinhas e o efeito negativo das temperaturas elevadas no Verão, como os principais fatores limitantes no caso do pinheiro manso.

3.3 BIOLOGIA DAS SEMENTES

As sementes das Angiospérmicas e das Gimnospérmicas, enquanto organismos vivos resultantes da fusão de um gameta masculino e de um gameta feminino, podem dar origem a uma nova planta ao encontrarem as condições favoráveis. Do ponto de vista funcional, as sementes são compostas de uma cobertura protetora (**tegumento**), um tecido meristemático (**eixo embrionário**) e um tecido de reserva (**endosperma, cotilédones**).

Na Figura 3.2 estão representados os componentes das sementes de Gimnospérmicas (A) e das Angiospérmicas (B). O **eixo embrionário** é a parte vital da semente, que graças aos tecidos meristemáticos que se encontram nas suas duas extremidades, tem a capacidade de se desenvolver em dois sentidos permitindo, por meio das divisões celulares, dar origem às raízes e ao caule, criando uma plântula com condições de fixar-se ao solo e de fotossintetizar as substâncias necessárias ao seu desenvolvimento. Os **cotilédones**, juntamente com o eixo embrionário, formam o **embrião**. Estas estruturas têm origem no próprio zigoto e são também tecidos vivos, que dispõem das enzimas necessárias para promover a degradação e o transporte das suas próprias substâncias de reserva, que vão ser utilizadas no crescimento do eixo embrionário durante o processo de germinação. O **endosperma** funciona como tecido de reserva que vai ser utilizado, total ou parcialmente, no desenvolvimento do embrião. No caso das Gimnospérmicas, em que o óvulo não se encontra encerrado no ovário, o endosperma (haploide) é derivado diretamente do gametófito feminino; enquanto que nas sementes das Angiospérmicas, o endosperma (3n) resulta da fusão do núcleo espermático do grão de pólen com os núcleos polares do saco embrionário, seguido de um processo contínuo de divisões celulares.

FIGURA 3.2
Representação esquemática dos componentes de uma semente de Gimnospérmica (à esquerda) e de uma semente Angiospérmica (à direita) (Adaptada de Willan, 1991).



Como as sementes florestais variam bastante quanto a características de ordem morfológica, anatômica e fisiológica, surgiram muitas classificações. Por ter influência na ecologia das espécies e no processamento das sementes, apresentamos a classificação com base na **sensibilidade à desidratação**:

- **Ortodoxas**: suportam uma perda de humidade acentuada (com teor de humidade até 8 a 10%) e conservam a viabilidade por longos períodos, como é o caso dos géneros *Abies*, *Alnus*, *Betula*, *Fraxinus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Tsuga*, *Platanus*,

Pseudotsuga, Eucalyptus, Tília, Casuarina e Gmelina;

- **Recalcitrantes:** necessitam de manter um teor de humidade elevado (superior a 25%) e caracterizam-se por um metabolismo ativo mesmo a baixas temperaturas. Não suportam secagens excessivas e um ambiente fechado, mesmo a temperaturas negativas. É difícil manter a viabilidade destas sementes mesmo por períodos curtos de conservação, é o caso das sementes dos géneros *Quercus*, *Castanea*, *Acer*, cujo nível de humidade deve permanecer próximo dos 40%.

3.3.1 Maturação

A maturação envolve o conjunto de eventos **morfológicos, fisiológicos e bioquímicos** que se desenrolam desde a fecundação do óvulo até ao momento em que as sementes se tornam fisiologicamente independentes da árvore-mãe. A duração deste processo é muito variável nas espécies lenhosas, podendo estar completa num período de 4 e 6 semanas após a fertilização, como sucede nos freixos, aceres, choupos e ulmeiros; outras espécies necessitam de toda a estação de crescimento, e no caso dos pinheiros pode prolongar-se por 1 a 2 anos após a polinização.

Na fase inicial da maturação, tanto os frutos como as sementes, e estas em particular, são *sinks* fortes que competem, com sucesso, por produtos da fotossíntese com o crescimento vegetativo (Cannel, 1985). Além dos hidratos de carbono, os frutos também acumulam quantidades elevadas de nutrientes, como: N, P, K e Ca. A alteração da cor dos tegumentos, o aumento do tamanho ou/e o peso das sementes são os primeiros sinais da **maturação morfológica**, no entanto, uma característica importante deste processo é a desidratação das sementes (cf. Figuras 3.3 e 3.4).

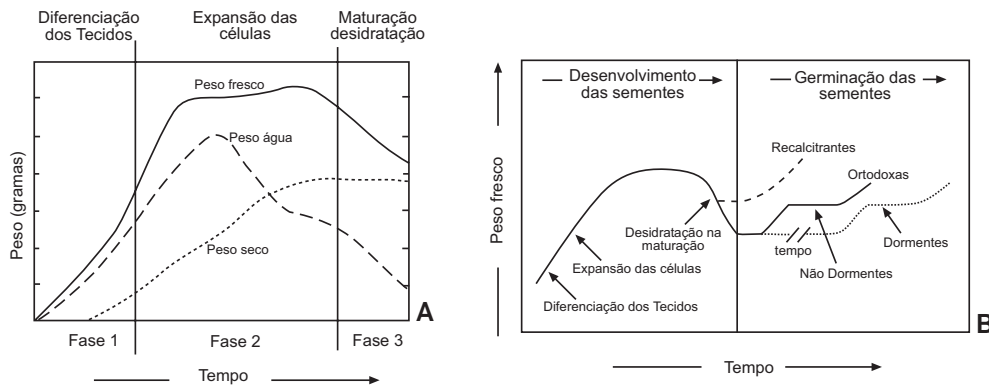


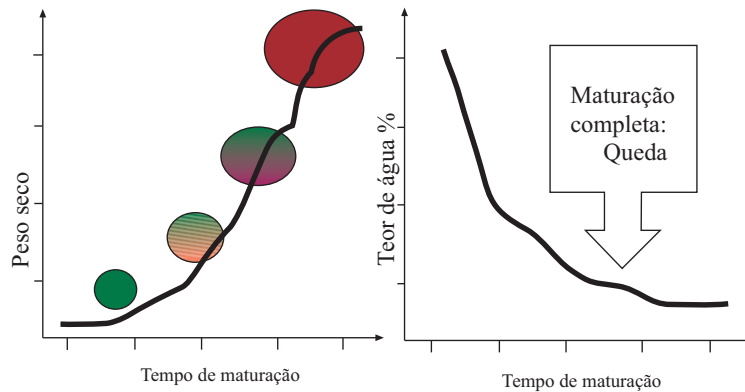
FIGURA 3.3
Identificação das fases de desenvolvimento das sementes: diferenciação dos tecidos, expansão das células e maturação (A); evolução do peso fresco em sementes recalcitrantes e ortodoxas (B) (Adaptada de Hartmann *et al.*, 2014).

As fases de desenvolvimento das sementes incluem a: **i) diferenciação dos tecidos** (o rápido aumento do tamanho da semente é devido predominantemente à divisão das células); **ii) expansão das células** (o incremento no tamanho da semente resulta da deposição de reservas nutritivas); **iii) desidratação na maturação** (a redução do peso fresco da semente resulta da perda de água) (Hartmann *et al.*, 2014). O valor do teor de água atingido no final da maturação varia com as espécies (daí a distinção entre ortodoxas e recalcitrantes), com as proveniências, entre indivíduos e de ano para ano

(Brookes e Wigston, 1979; Hong e Ellis, 1990; Finch-Savage, 1992; Merouani *et al.* 2001a, 2003).

FIGURA 3.4

Esquema da maturação morfológica das sementes: modificação da cor do tegumento, aumento do tamanho e peso seco (à esquerda); desidratação (à direita).



A Figura 3.5, utilizando a bolota de sobreiro como modelo de uma semente recalcitrante, apresenta a evolução do peso seco das bolotas de 4 sobreiros amostradas durante o processo de maturação. Por sua vez, a Figura 3.6 ilustra que a taxa da dessecação difere muito entre os tecidos que a constituem: o pericarpo e o embrião mostram uma perda de água relativamente inferior à dos cotilédones (Merouani *et al.*, 2003).

FIGURA 3.5

Evolução do peso seco das bolotas de quatro árvores amostradas durante o processo de maturação. Os valores são as médias e erro padrão de 10 bolotas (Adaptada de Merouani *et al.*, 2003).

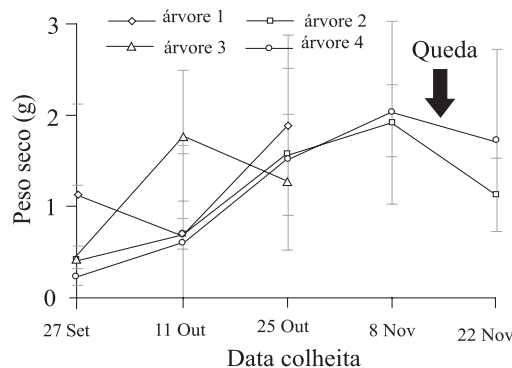
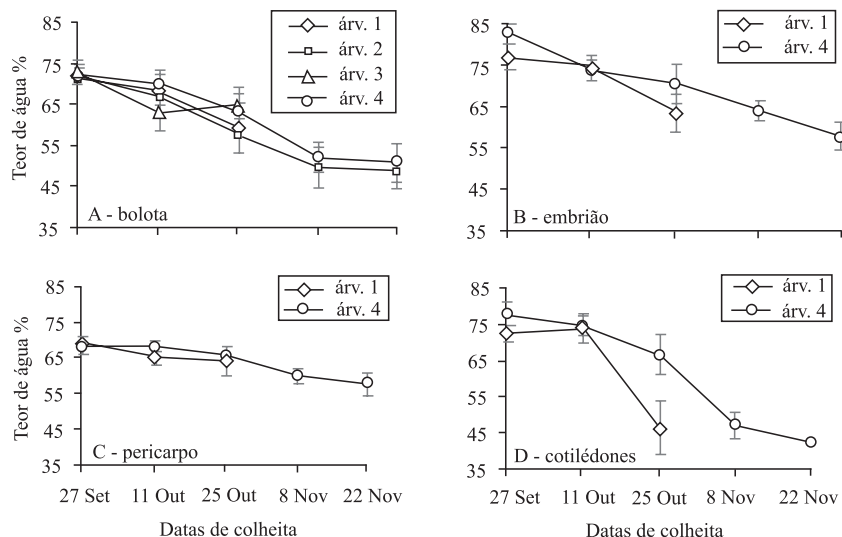


FIGURA 3.6

Evolução da desidratação, observada em bolotas de sobreiro e nos tecidos que as constituem, amostrados em diferentes datas de colheita: (A) bolota; (B) embrião; (C) pericarpo; (D) cotilédones; Os valores são as médias e erro padrão de 10 bolotas (Adaptada de Merouani *et al.*, 2003).



A avaliação do estado de maturidade fisiológica das sementes é feita através da sua capacidade germinativa², com valor máximo quando a maturação está completa. A Figura 3.7 evidencia que até à queda das bolotas se observa, em todos os sobreiros, um aumento da taxa de germinação e uma diminuição do tempo médio de germinação³. Também se constata que o estado de maturidade difere entre árvores, sendo o sobreiro nº 2 mais precoce, atingindo a germinação máxima a 8 de novembro, contrastando com o sobreiro nº 4 que só atinge a maturidade fisiológica a 22 de novembro.

2 Capacidade germinativa corresponde à percentagem de sementes germinadas por sementes testadas.

3 Tempo médio de germinação exprime a velocidade de germinação das sementes num intervalo de tempo, $TMG = \sum t_i / N$ em que n_i é o número de sementes germinadas no tempo t_i e N , o número total de sementes em teste.

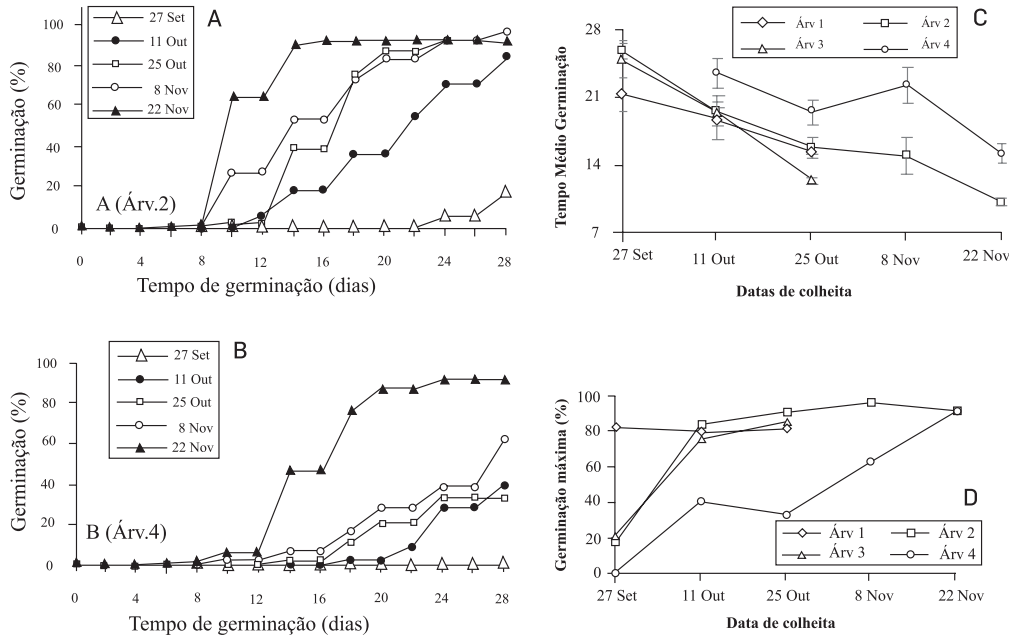
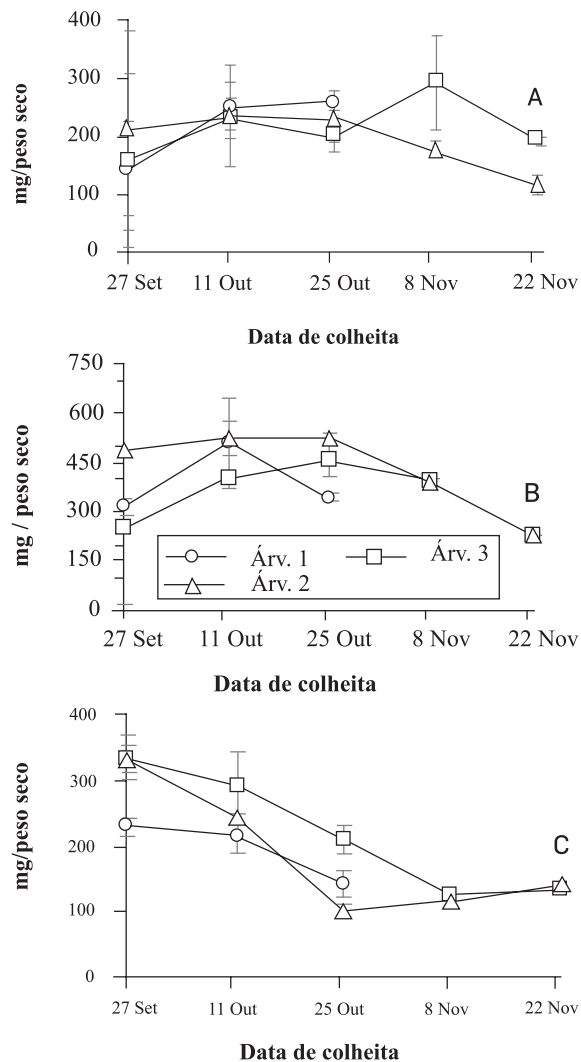


FIGURA 3.7
Relação entre a data da colheita e o estado maturidade da bolota de sobreiro avaliado através da percentagem de germinação (gráficos A e B), do tempo médio de germinação (gráfico C) e da germinação máxima (gráfico D) (Adaptada de Merouani *et al.*, 2003).

A maturação bioquímica, por seu turno, está associada às alterações dos compostos constituintes das sementes, dos quais destacamos os açúcares (Figura 3.8), particularmente os solúveis, que protegem o embrião da desidratação durante o processo de maturação, assim como as proteínas cuja síntese se inicia logo na fase de formação da semente e se acumula até a semente atingir a sua desidratação máxima.

FIGURA 3.8

Durante o processo de maturação da semente de sobreiro evolução: no eixo do embrião, do teor em açúcares (A) e amido (B); nos cotilédones do teor de açúcares (C) (Adaptada de Merouani *et al.*, 2003).



3.3.2 Dormência

As sementes maduras da maioria das espécies lenhosas das zonas temperadas não germinam imediatamente quando colocadas sob condições normalmente consideradas como favoráveis (temperatura, humidade, luz, oxigénio, ...), devido a fatores internos, como a demora na maturação ou a presença de produtos inibidores que desaparecem com o passar do tempo. Este comportamento, que corresponde a um estado de repouso das sementes, é designado por **dormência** (Bonner, 1984).

A amplitude de graus de dormência entre as espécies lenhosas é enorme, variando com a latitude e o local de origem da semente, ou seja, há sementes que permanecem no solo sem germinar durante anos, enquanto outras germinam passadas poucas semanas. São reconhecidas diversas causas de dormência, e por vezes verifica-se mais do que uma. Propomos a seguinte classificação relativamente ao tipo de dormência:

- a) **exógena** ou **dormência do tegumento/pericarpo** devida: à impermeabilidade do tegumento à água ou aos gases, à resistência mecânica ao aumento de volume do

embrião à medida que este absorve a humidade, ou à presença de inibidores da germinação no tegumento;

b) endógena ou dormência do embrião: causada pela presença de inibidores da germinação no eixo embrionário ou nos tecidos de reserva da semente, ou a dormência morfológica resultante do embrião não estar completamente formado no momento da queda da semente;

c) combinada, quando a dormência do tegumento e do embrião ocorrem ao mesmo tempo; pode haver dupla dormência quando a radícula e o epicótilo do embrião têm dormência e exigências distintas para a superar.

O tipo de dormência é uma característica controlada geneticamente, que determina o controlo do momento da germinação. Em termos evolutivos, é uma forma de evitar a emergência das plântulas fora da época (risco de geadas, secura estival, etc.) e, ao dispersar a germinação ao longo de muitas semanas ou mesmo anos, aumenta a probabilidade de sucesso da regeneração natural.

3.3.3 Germinação

A germinação consiste no retomar do crescimento ativo do embrião, que emerge da semente transformado numa plântula, tendo desenvolvido as suas estruturas essenciais à custa das substâncias de reserva. Para que este processo se inicie, é necessário que as condições intrínsecas (da própria semente) e extrínsecas (do ambiente) sejam favoráveis (Figura 3.9). Para além destas, a duração deste processo depende do estado fisiológico das sementes. A rapidez da germinação é geralmente desejável porque quanto mais curto for, menor é o risco de perda de viabilidade devido a desidratação e a probabilidade de predação por pássaros e roedores, de ataques por insetos e fungos.

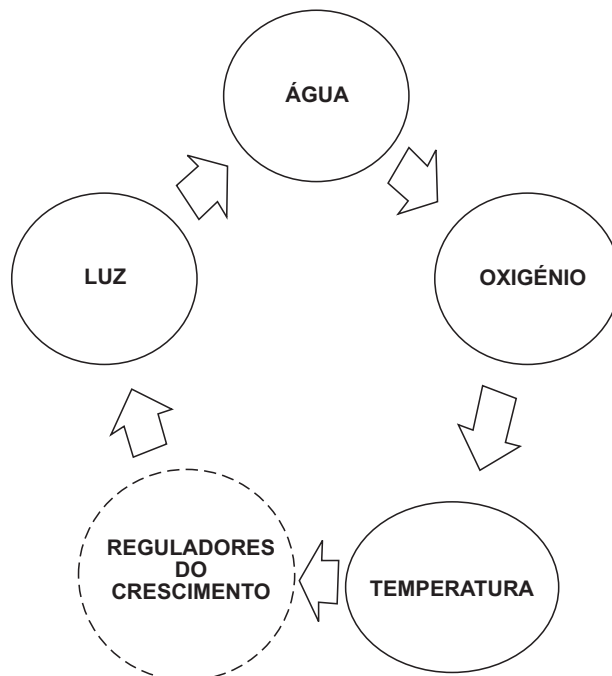


FIGURA 3.9
Restrições intrínsecas (tracejado) e extrínsecas (traço contínuo) à germinação.

As condições ambientais necessárias para a germinação são frequentemente mais críticas do que as indispensáveis para o crescimento das plantas. A Figura 3.9 evidencia os fatores ambientais que mais influenciam a germinação (água, temperatura, luz e oxigênio), nos quais destacamos:

- **Água:** a fase de embebição é a mais crítica uma vez que, após a absorção da água, se inicia a síntese das enzimas da respiração. A quantidade absoluta de água necessária para o início do processo é relativamente pequena, geralmente não superior a 2 ou 3 vezes o peso da semente (Koller, 1972).
- **Temperatura:** as sementes das espécies lenhosas da zona temperada germinam numa ampla gama de temperaturas entre os 2°C e os 45°C (Bonner, 2008). Este fator afeta todos os processos fisiológicos já que, frequentemente, temperaturas elevadas são necessárias para induzir a rápida germinação. As temperaturas ótimas (máximas e mínimas) variam com a espécie e com o seu local de origem. As sementes da zona tropical germinam melhor com temperaturas entre os 15 e os 30°C, as da zona temperada entre os 8 e os 25°C, e as das zonas alpinas entre os 5 e os 30°C (Gates, 1993). Embora as sementes de muitas espécies germinem a temperatura constante, a germinação da maioria das espécies é favorecida com a alternância da temperatura (Lin e Huang, 1994). Geralmente, a humidade do solo (substrato) interage com a temperatura regulando a germinação (Battaglia, 1993). De salientar que as sementes submetidas à temperatura ótima são menos sensíveis ao *stress* hídrico.
- **Luz:** tem um papel complexo na germinação das espécies lenhosas, estimula germinação em muitas, sendo indispensável para algumas, não sendo fácil des-trinçar o efeito da luz do da temperatura (Bonner, 2008). Enquanto a maioria das espécies da zona temperada germina indiferentemente à luz e à obscuridade, as sementes de algumas espécies da zona tropical germinam exclusivamente em presença da luz (Orozco-Segovia *et al.*, 1993). A explicação do comportamento das sementes à luz é atribuída à ação do sistema fitocromo (Bonner, 2008). O fitocromo é um pigmento que existe em duas formas dentro dos eixos embri-onários das sementes, em que uma forma tem uma absorção máxima a 660 nm, enquanto a outra forma tem uma absorção máxima a 730 nm (Bewley e Black, 1994). Consoante a forma em que se encontra, induz a quebra de dormência ou o retorno parcial de dormência, efeito demonstrado em sementes de numerosas espécies da zona temperada. O efeito do fitocromo requer apenas um período curto no comprimento de onda adequado (Bewley e Black, 1994). Vários géne-ros, como os *Abies*, *Picea* e *Pinus*, são sensíveis ao comprimento das ondas. A ati-vidade metabólica e a mitose no embrião são estimuladas pela luz vermelha, mas são inibidas pelos infravermelhos. O outro efeito da luz está relacionado com a duração do fotoperíodo. Nas espécies lenhosas sensíveis à luz, a germinação é mais rápida e a taxa mais alta quando o período de luz oscila entre as 8 e as 12 horas. As sementes de *Eucalyptus* germinam bem quando submetidas a 8 horas de luz, mas géneros como *Betula* e *Pseudotsuga* necessitam de 20h e 16h de luz contínua para germinar, respetivamente (Jones, 1961).

- **Oxigénio:** a respiração intensa é uma das características da fase inicial da germinação, não sendo surpreendente que o fornecimento do oxigénio afete a germinação. Em algumas espécies, o oxigénio está envolvido na inativação de um ou mais inibidores. A embebição das sementes em água por períodos até 48 horas favorece a germinação, no entanto, com intervalos mais longos, as sementes podem perder a viabilidade devido a redução da concentração do oxigénio dissolvido na água.

A germinação é descrita por uma sucessão de eventos, que pode ser resumida em 4 fases:

- **Embebição:** nesta primeira etapa dá-se a absorção da água, o que implica o aumento de volume das sementes e a rotura dos tegumentos macios de algumas espécies. Simultaneamente, algumas enzimas, principalmente as associadas à respiração, são sintetizadas;
- **Ativação:** esta fase é caracterizada por um aumento da atividade enzimática e da taxa de respiração. O consumo das reservas energéticas está associado ao incremento de ADP;
- **Mitose:** é uma fase de divisões celulares caracterizada por um aumento dos ácidos nucleicos;
- **Elongação:** corresponde à fase de distensão das células e diferenciação dos tecidos e órgãos.

Consoante os cotilédones permanecem no solo ou ficam acima da superfície do solo, a germinação designa-se **hipógea** ou **epígea**, respetivamente (Figura 3.10).

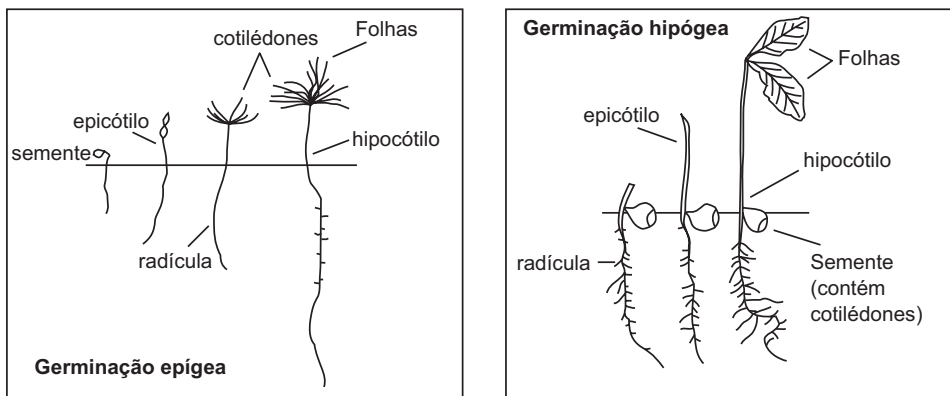


FIGURA 3.10
Representação da germinação epígea e hipógea (Adaptada de Landis *et al.*, 1998).

Na germinação **hipógea**, os cotilédones mantêm-se no interior da terra após a saída da radícula, que atinge grande desenvolvimento antes do aparecimento da planta à superfície. Este tipo de germinação é comum nas espécies que produzem sementes grandes, como os carvalhos, nogueira, castanheiro e *Ginkgo biloba*. Na germinação **epígea**, os cotilédones acompanham para fora da terra o desenvolvimento das plântulas, como acontece na maioria das coníferas (pinheiros, píceas e abetos) e folhosas (eucaliptos, por exemplo). Neste tipo de germinação, quando a radícula se alonga um pouco, começa o crescimento do hipocótilo e dos cotilédones que acabam por vir para a superfície pelo alongamento do hipocótilo.

3.4 RECOLHA DE SEMENTES FLORESTAIS

A disponibilidade de semente para as ações de arborização está condicionada pela periodicidade da produção de semente, que sua vez depende do bom desenvolvimento de um conjunto de processos biológicos e de fatores bióticos e abióticos que estão representados na Figura 3.1. Assim, para garantir um abastecimento regular de semente torna-se necessário recorrer a várias estratégias:

- concentração da colheita de semente em anos de boa produção de semente (anos de safra);
- gestão de áreas produtoras de semente para promover as melhores condições de floração e frutificação e a apanha da semente em árvores selecionadas pela sua superioridade;
- armazenamento de semente de modo a satisfazer a procura no intervalo dos anos de boa produção de semente.

3.4.1 Planeamento da recolha de semente

Em termos económicos, a vantagem de concentrar a recolha de semente em anos de boa produção resulta num encargo por kg de semente colhida mais baixo, reforçado pela melhoria de qualidade da semente do ponto de vista genético e fisiológico. Num ano de safra ocorre a sincronização da atividade reprodutiva das árvores pertencentes a essa população, que associado a um maior número de árvores a participar no processo reprodutivo, vai garantir uma maior diversidade genética. Assim, é relevante uma previsão antecipada dos anos de boa produção de semente e uma estimativa das quantidades de semente disponíveis, de modo a que a colheita e o processamento das sementes possam ser organizados previamente.

Quando se planeia uma campanha de colheita de semente é necessário conhecer as necessidades, estabelecer o momento da apanha e escolher o método da colheita. São esses os temas que abordaremos em seguida: “quanto”, “quando” e “como”; posteriormente, discutiremos o “onde”.

Previsão das necessidades de sementes

O cálculo das necessidades de sementes de uma dada espécie e/ou proveniência depende da área que se prevê arborizar, da sua localização, do compasso e da técnica a utilizar (sementeira ou plantação), da sua capacidade germinativa, das quebras de produção em viveiro e da taxa de mortalidade após a arborização. A título exemplificativo, apresenta-se no Quadro 3.3 a estimativa da necessidade em semente de pinheiro bravo (ortodoxa) e sobreiro (recalcitrante), considerando uma arborização anual de 1000 e 4000 ha, respetivamente.

QUADRO 3.3 – Estimativa das necessidades em pinheiro e lande de sobreiro para uma previsão de áreas a arborizar de 1000 ha de pinheiro bravo e 4000 ha de sobreiro.
Fonte: ¹ Correia *et al.* (2014); ² Merouani *et al.* (2003).

1. ESPÉCIE	Pinheiro bravo	Sobreiro
2. BASE PARA ESTIMATIVA (ORIGEM)	Leiria ¹	Alcácer do Sal ²
3. Nº PLANTAS / ha		
a) Nº plantas plantadas	1111	400
b) Taxa de retanchar (%)	10	50
c) Nº plantas necessárias para retanchar (=a*b)	111	200
d) Necessidade total plantas plantáveis (a+c)	1222	600
e) Outras perdas em viveiro (%)	30	50
f) Nº plantas perdidas (=d*e)	367	300
g) Necessidade total plântulas germinadas (=d+f)	1589	900
4. ESTIMATIVA DE Nº PLÂNTULAS GERMINADAS / kg DE SEMENTE RECEBIDA		
h) Nº de sementes/kg	20000	120
i) Capacidade germinativa %	70 ¹	70 ¹
j) Nº de plântulas germinadas por kg semente (=h*i)	14000	84
5. QUANTIDADE SEMENTE NECESSÁRIA (kg) / ÁREA DE PLANTAÇÃO (ha) (=g/J)	0,113	10,71
6. SUPERFÍCIE DE PLANTAÇÃO ANUAL (ha)	1000	4000
7. NECESSIDADES ANUAIS DE SEMENTES (kg) (=5*6)	113	42840

Efeito da periodicidade, estimativas e classificação da frutificação

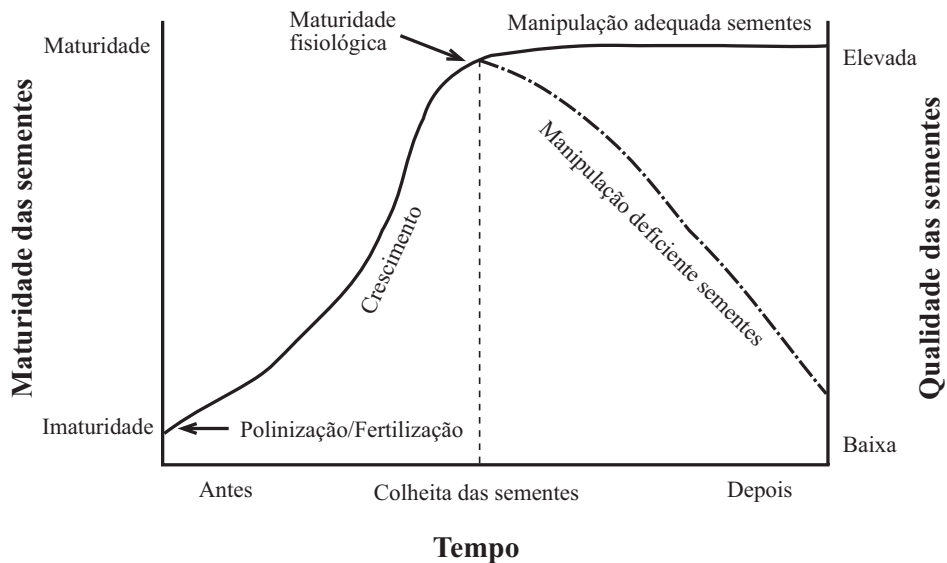
Para além da **previsão das necessidades** de semente de uma determinada espécie e/ou proveniência para a arborização, a quantidade de semente a colher numa campanha está também dependente da periodicidade, da abundância da frutificação (Quadro 3.2) e da eficácia do processo de conservação da semente por períodos mais ou menos longos (Figura 3.11).

A colheita da semente é o primeiro passo no processo de obtenção de lotes de sementes de qualidade. O ajustamento do período de colheita, face ao período em que a maturidade fisiológica é atingida, é determinante no sucesso desta prática: colher demasiado cedo, pode determinar produções mais baixas e sementes ainda imaturas; uma colheita tardia também deve ser evitada, prevenindo a perda de sementes por ter havido uma prévia abertura dos frutos, a predação destes por animais e insetos, ou a deterioração das próprias sementes. Contudo, nalgumas espécies, as sementes amadurecem após a queda natural, como a *Ginkgo biloba* e algumas do género *Fraxinus* spp.

A **periodicidade** e a variação da **quantidade da frutificação** são reguladas tanto por fatores genéticos das árvores, como fatores ambientais onde estas se desenvolvem, dependendo se estão isoladas ou em povoamento e do regime silvicultural. Consoante a espécie, os gomos florais formam-se terminal ou lateralmente na axila das folhas, e esta posição no lançamento pode influenciar a periodicidade da floração. No caso

dos géneros *Picea* e *Tsuga*, à semelhança de outros géneros com espécies monóicas das *Pinaceae*, o estróbilo diferencia-se a partir do meristema apical, tornando remota a probabilidade de haverem fortes produções de flores, frutos e sementes a intervalos inferiores a dois anos.

FIGURA 3.11
período de colheita e
o acondicionamento
das sementes afetam a
qualidade das sementes
(Adaptada de Karrfalt,
2008).



Esta irregularidade no padrão de produção justifica que a primeira tarefa a realizar numa campanha de colheita de sementes seja a avaliação da frutificação nos potenciais locais de colheita, antes de se iniciar toda a logística relativa aos meios humanos, materiais e financeiros, associada à apanha propriamente dita. Esta previsão é particularmente útil para as espécies de semente recalcitrante, ou para as ortodoxas com um período curto de apanha da semente, como é o caso da *Pseudotsuga* (cerca de 4 semanas). O facto de uma floração abundante não estar obrigatoriamente associada a um ano de boa frutificação, pode dificultar as avaliações e obrigar a várias visitas prévias de pessoal especializado às áreas de colheita. Por outro lado, essa avaliação deve ser feita tão cedo quanto possível para permitir o adequado planeamento de todo o processo.

A seleção do método a utilizar na **estimativa da frutificação** depende da espécie e do valor atribuído à semente, que no caso de espécies raras pode ter um valor comercial interessante. É frequente o recurso a binóculos ou outros instrumentos óticos, que combinem a visão ampla com uma capacidade de ampliação moderada, facilitando a contagem dos frutos de uma zona das copas das árvores que são consideradas representativas das “árvores produtoras de sementes” e que se encontram no interior dos povoamentos. A conversão desta contagem do número de frutos numa zona da copa para o valor da frutificação total da árvore é feita através de um fator de correção que depende da proporção da copa avaliada, da espécie, da idade das árvores e da abundância dos frutos. Por exemplo, no caso da *Picea abies* o fator de correção é de 2,5 quando o número de pinhas é superior a 70, e de 1,4 quando esse valor varia entre 1 e 40 pinhas; já no caso da *Abies alba*, em que as pinhas se concentram no terço superior da copa, o que facilita a sua contagem, o fator de correção é constante e igual a 1,6 (Willan, 1991).

O **número de árvores a amostrar**, por outro lado, depende da espécie e da dimensão

da área em que se faz a recolha. No Reino Unido, por exemplo, em áreas inferiores a 0,5 ha são amostradas 5 árvores; este número aumenta progressivamente até atingir 20 árvores em áreas superiores a 4 ha; outra opção consiste em amostrar várias parcelas e, em cada uma delas, o operador subir a 5 árvores dominantes e avaliar a frutificação das 10 a 15 árvores que estejam mais próximas (Willan, 1991).

De um modo geral, a **classificação da frutificação** é feita em termos qualitativos, podendo ir desde **inexistente** a **abundante**, nos anos de safra. Podem ser consideradas 5 classes, correspondendo a cada uma delas uma descrição que depende da espécie e pode respeitar a totalidade da copa ou apenas o terço superior da copa. A decisão de efetuar ou não a colheita de semente está dependente da classificação obtida, que traduz a qualidade e a quantidade da semente e os encargos com esta operação.

Estado de maturação dos frutos e sementes

O estado de maturação traduz-se por um processo de dessecação, associado a uma diminuição de peso, aumento de dureza e a alteração de cor, variando com o tipo de semente. No caso dos frutos carnudos (por exemplo, do género *Taxus*, *Juniperus*, *Celtis*, *Morus*, *Prunus*) ou de frutos secos (como os dos géneros *Quercus*, *Castanea*, *Fagus*, *Acer* e *Fraxinus*), é detetável a mudança de cor e, por isso, relativamente fácil a determinação do momento da colheita. Este processo é mais complexo para a maioria das coníferas, nas quais a alteração da cor das frutificações não está necessariamente correlacionada com a maturação das sementes; é o caso, por exemplo, dos *Cupressus* spp., que em gábulas ainda verdes contêm sementes já maduras. A verificação do **estado de maturação dos frutos** poderá ser feita visualmente, com base em vários indicadores (Willan, 1991):

- a) **alteração de cor dos frutos** – corresponde geralmente à passagem de verde a castanho, podendo ser acompanhado pelo endurecimento das escamas das pinhas ou do pericarpo dos frutos deiscentes ou lenhosos;
- b) **abscisão dos frutos** – pode ser um indicador do estado de maturação;
- c) **exame do estado das sementes** – a observação do estado das sementes é realizada em frutos ou pinhas cortadas longitudinalmente; quase todos os embriões e endospermas passam por uma fase imatura com aspeto leitoso, a que se segue outra fase com os tecidos mais firmes com um aspeto de massa. As sementes maduras possuem um endosperma branco e firme (quando existe) e um embrião firme e desenvolvido;
- d) **peso específico dos frutos** – diminui à medida que se reduz o seu teor de humidade, isto é, altera-se a relação entre a unidade de peso e a unidade de volume. Através do seu comportamento (flutuando ou afundando), quando mergulhados num líquido de peso específico conhecido, é possível estimar no campo o seu teor de humidade (Stein *et al.*, 1974).

Determinações laboratoriais nos frutos, como o peso seco, o teor da humidade, a composição química ou o uso de raios X, permitem, isoladamente ou em conjunto, confirmar o momento em que é atingida a maturidade fisiológica e morfológica da semente.

Em Portugal, a maturação da bolota de sobreiro ocorre geralmente entre a 2ª e a 4ª semana de novembro, quando o teor em água das sementes varia entre 43 e 50%, valor considerado como um bom indicador do estado de maturação da bolota de sobreiro

4 Energia germinativa é um indicador da vitalidade da semente, medida pela rapidez de germinação. É avaliada pela percentagem de sementes germinadas num período curto de tempo (geralmente 7 dias, no caso das sementes em que os testes de germinação duram 28 dias).

por Merouani *et al.* (2003). Nos pinheiros e abetos, a identificação do momento da maturação é dificultada por ocorrerem situações muito variadas: por exemplo, a *Abies alba* deixa cair as pinhas fechadas no final do outono/inverno, devendo por isso serem recolhidas antecipadamente, no final de setembro/outubro; já a *Picea abies* permanece com as pinhas aderentes após a abertura destas e da queda das sementes, o amadurecimento das pinhas ocorre no final do outono, permanecendo fechadas até ao final do inverno/início da primavera, havendo muito tempo para a recolha; por seu turno a maioria dos pinheiros mediterrâneos têm pinhas que usualmente abrem quando ainda estão aderentes à árvore, a maturação ocorre no final do outono, e apenas libertam as sementes no final do inverno/primavera, sob ação do tempo mais quente e seco (no caso do *Pinus halepensis* pode ser mais tarde, em agosto), circunstâncias que permitem que o período de recolha seja alargado.

Habitualmente, as sementes são colhidas quando atingem a maturação, pois possuem mais energia germinativa⁴ e têm maior longevidade do que as imaturas, em condições de armazenamento. No entanto, a colheita de sementes imaturas permite ampliar o período de recolha de semente e minimiza os danos que os insetos e outras pragas causam nas sementes. No caso da *Pseudotsuga*, por exemplo, em que o período entre a maturação das sementes e a sua dispersão é curto, a possibilidade de colher as pinhas ainda imaturas reduz a pressão sobre a mão-de-obra temporária no período estival.

3.4.2 Métodos de recolha da semente

É essencial uma boa **organização da colheita de semente**, desde a decisão quanto ao número de elementos da equipa até à garantia de condições de segurança dos operadores, para que a operação ocorra de uma forma rápida, particularmente importante no caso das sementes recalcitrantes (sensíveis à perda de humidade). Depois dos frutos serem ensacados, os sacos não devem ser empilhados para evitar que aqueçam muito por respiração ou ganhem bolor. O transporte deve realizar-se num curto espaço de tempo, evitando-se a exposição direta ao sol, a temperaturas elevadas e a danos mecânicos, e garantindo a capacidade de processamento da semente. Consoante a natureza das espécies e as quantidades de semente necessárias, podem distinguir-se dois tipos de colheita: (i) recolha direta nas árvores em pé ou após abate e (ii) recolha após a queda das sementes no solo. Fundamentalmente, 4 fatores básicos determinam essas soluções:

1. **dimensão** das sementes;
2. **disseminação pelo vento** dos frutos ou sementes;
3. **abertura de frutos**, aderentes ou não às árvores;
4. **maior ou menor facilidade de recolha da semente**, determinada pela altura das árvores e pelo posicionamento dos frutos ou sementes.

A sincronização da colheita de grandes quantidades de semente com o abate das árvores, devido a desbastes ou cortes comerciais realizados nos períodos em que a semente está madura, permite que os operadores no solo recolham os frutos ou sementes diretamente da copa, a um menor custo e com a máxima segurança. Esta operação também disponibiliza semente de melhor qualidade quando as árvores com o melhor fenótipo, previamente selecionadas e marcadas, são cortadas antes do abate geral.

A recolha direta na copa das árvores é uma necessidade quando se trata de sementes pequenas, de difícil apanha no chão e facilmente dissemináveis pelo vento, ou quando se torna indispensável a recolha dos frutos que ficam presos antes que se dê a sua abertura. Pode dizer-se que, na generalidade das espécies, a recolha das sementes deverá ser feita nas árvores em pé. Esta colheita permite maiores possibilidades de seleção das sementes, por haver recolha nas melhores árvores, procedimento que também envolverá maiores encargos, já que as árvores melhores serão também as mais altas.

Podem destacar-se três tipos de colheita:

1. em árvores com frutos nos andares inferiores, podendo o coletor realizar a colheita diretamente do chão e com o auxílio de pequenos utensílios de colheita;
2. em árvores de dimensões médias, com frutos localizados até 7-8 metros, onde o coletor executa as operações com recurso a escadas, ou plataformas mecânicas, e instrumentos próprios de colheita;
3. em árvores mais altas, com a localização de frutos acima dos 8 metros é necessário subir às árvores.

O equipamento de colheita consiste vulgarmente em varas simples (de cana ou feitas em alumínio ou material plástico), destinadas simplesmente a “agitar” os ramos e a favorecer a queda, ou em varas com um instrumento cortante (serra, machado ou tesoura de poda) na extremidade superior (Figura 3.12). Geralmente, estas varas têm um alcance de 4 a 6 metros. Recorre-se frequentemente a escadas, produzidas para uso florestal em ligas de alumínio com um lança ou extensíveis, que permitem chegar a alturas de 8 a 11 metros. A subida às árvores, operação difícil e arriscada, realiza-se com recurso a cintos e cordas e exige pessoal especializado e treinado.

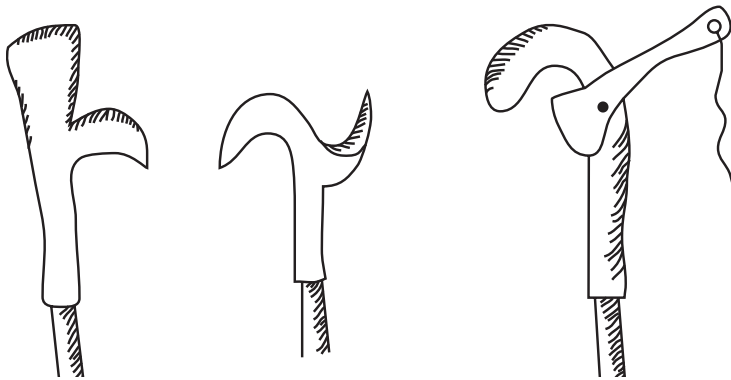


FIGURA 3.12
Ferramentas para colheita
de semente (Adaptada de
Alves, 1982).

Tradicionalmente, a colheita da lande de sobreiro consiste em recolher as sementes do chão ao longo de várias semanas. No entanto, o risco de perda de viabilidade, de predação pelos animais e a ocorrência de pré-germinação vai aumentando com o tempo. Para evitar estes riscos e reduzir o tempo e os custos, a colheita deve ser planeada e realizada quando se dá a queda maciça da semente, preservando a sua qualidade inicial. Assim, atualmente é recomendada uma colheita controlada, semelhante à realizada na apanha da azeitona, em que são instaladas redes por baixo das copas das árvores selecionadas, ou são previamente removidas as sementes já caídas. Posteriormente, a copa dos sobreiros é abanada ligeiramente, com recurso a cordas colocadas à volta dos ramos finos, facilitando a queda da semente (Merouani *et al.*, 2001a). Uma equipa de

apanha, adequadamente dimensionada, permite reduzir ao máximo o tempo de colheita e realizar uma primeira seleção das sementes, pela sua cor e morfologia, indicativas da sua viabilidade. Assim, de uma forma simplificada, uma cor castanha clara indica que a semente esteve no chão bastante tempo e está desidratada, uma cor castanha escura pode indicar infestação por fungos, a observação de buracos podem corresponder a ataques do *Curculio elephas*, que consome as reservas e afeta negativamente o desenvolvimento posterior das plantas, e a alteração da forma pode sugerir um ataque de insetos (Branco *et al.*, 2002).

3.5 PROCESSAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES FLORESTAIS

As sementes são particularmente suscetíveis a sofrer danos, abióticos e bióticos, no período que decorre desde a colheita da semente na árvore até ao local em que a semente é processada e preparada para um uso imediato, ou armazenada para uma sementeira posterior. Os riscos na mata resultam das flutuações do clima (temperatura e humidade, que não podem ser previstas ou impedidas), da predação por animais, dos ataques de pragas, mas também podem ser provocados danos no transporte como consequência das condições que lhes são propiciadas.

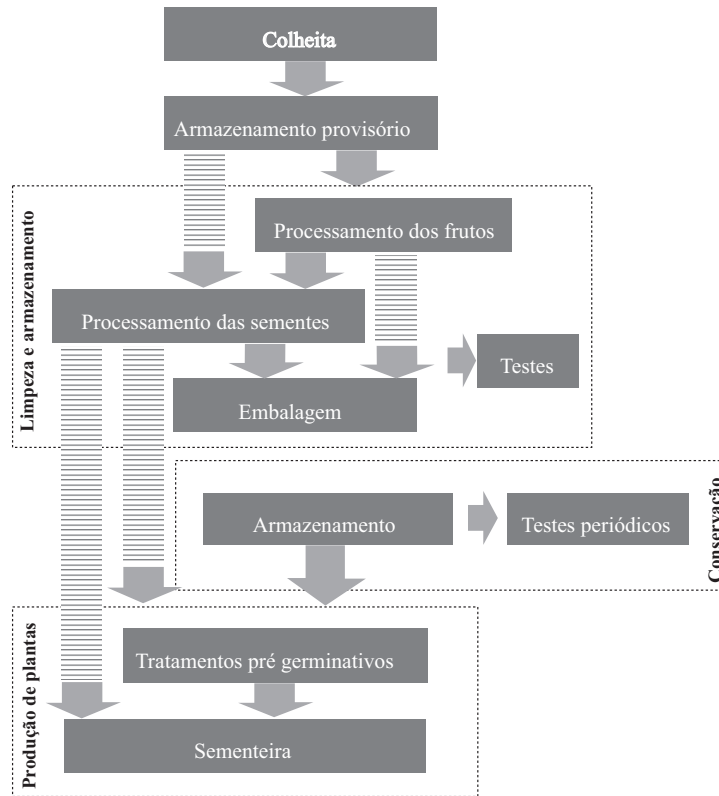
Um planeamento detalhado dos tratamentos a que as sementes são sujeitas e o controlo do seu estado é indispensável, porque caso percam parcialmente a sua viabilidade antes de se iniciar o seu armazenamento, estes danos são irreversíveis, comprometendo o comportamento no final independentemente das condições de tratamento e armazenamento oferecidas posteriormente. A maior sensibilidade das sementes recalcitrantes à dessecação aconselha que estas beneficiem de um cuidado e uma atenção máxima.

3.5.1 Processamento das sementes no período pós-colheita

O processamento das sementes engloba o conjunto de tarefas realizadas desde a sua colheita até à sua conservação para um uso posterior, e que condicionam a sua qualidade. Genericamente consiste nas seguintes fases: **armazenamento provisório, extração e limpeza das sementes e secagem final para o armazenamento**. Esta sequência de fases deve ser ajustada à espécie, periodicidade da frutificação e às necessidades de semente, de modo a prevenir problemas sanitários, ocorrência de danos mecânicos e degradação fisiológica durante a manipulação e a conservação (Figura 3.13). De preferência deve ser realizado em espaços secos e frescos, ou em câmaras de frio.

A identificação do lote de sementes, obrigatória para as espécies constantes no Decreto-Lei nº 205/2003, é importante e condiciona a sua utilização futura e deve ser mantida em todo o processo, desde o momento da recolha até ao seu armazenamento. As condições de preparação e de conservação dependem das características das sementes das diferentes espécies. Essencialmente, devemos considerar: i) características de ordem morfológica e anatómica, frutos secos e frutos carnudos, frutos múltiplos, com o caso das pinhas como o mais destacado e ii) características de ordem fisiológica, ligadas principalmente à tolerância à dessecação.

FIGURA 3.13
Sequência de
procedimentos desde a
colheita até à sementeira
(Adaptada de Prada, 2009).



No que se refere à preparação das sementes, em relação com a sua morfologia e anatomia, deve distinguir-se o caso das sementes que podem ser deitadas na terra sem preparação prévia, daquelas em que é necessário haver um processo de extração, caso dos frutos das coníferas como as pinhas, e das gálbulas. Na Figura 3.14 são apresentados, de uma forma esquemática, os diferentes **protocolos de manipulação das sementes** normalmente utilizados em arborizações na zona mediterrânica, propostos por Prada (2009), em função das características dos frutos e sementes. Esta classificação agrupa-as em quatro grandes tipos:

- sementes que não precisam de ser extraídas dos frutos (géneros *Acer*, *Fraxinus*, *Quercus* e *Ulmus*);
- sementes em cápsulas e frutos secos indeiscentes (géneros *Cistus* e *Colutea*);
- sementes em pinhas e frutos deiscentes (*Pinaceae*, *Cupressaceae*, muitas *Fabaceae*, géneros *Alnus*, *Atriplex*, *Betula*, *Carpinus*, *Carya*, *Casuarina*, *Eucalyptus*, *Fagus*, *Liquidambar*, *Platanus*, *Populus* e *Tilia*);
- sementes em estróbilos carnudos (*Caprifoliaceae*, *Rosaceae*, *Rhamnaceae*, *Oleaceae*, géneros *Juniperus*, *Taxus*, *Cornus* e *Ribes*).

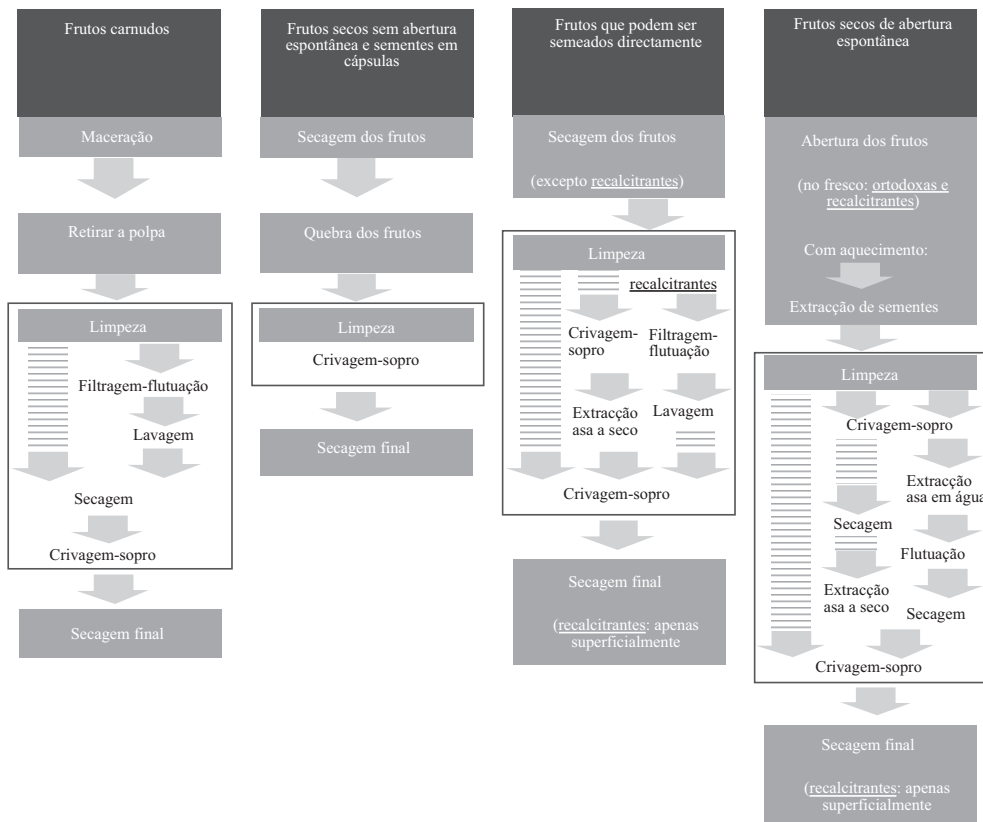


FIGURA 3.14
Etapas do processamento das sementes em função do tipo (a existência de setas não contínuas indica que alguns passos podem ser ignorados; a secagem final pode não ser necessária se houver sementeira ou estratificação imediata) (Adaptada de Prada, 2009).

O **armazenamento provisório** deve tendencialmente ter uma duração curta e ajustada às características das sementes. Como prevenção, antes de se iniciar a limpeza do material, este deve ser mantido à sombra, num local fresco ou numa câmara de frio. No caso das sementes recalcitrantes, este período deve ser o mais curto possível exigindo um cuidado especial na manutenção da humidade, evitando ou controlando a proliferação de fungos. Em geral, também é conveniente reduzir o tempo de armazenamento dos frutos carnudos, prevenindo e minimizando as perdas de humidade e, simultaneamente, evitando a sua fermentação (Prada, 2009). No caso das espécies com frutos secos e sementes recalcitrantes, o processo de secagem pode ser mais gradual, sendo até conveniente ser precedido por um período de arejamento para permitir a maturação das sementes (*Fraxinus angustifolia*, *F. excelsior*), ou para permitir uma secagem prévia dos frutos antes de estes serem abertos com a utilização do calor. A fase de **extração e limpeza das sementes** compreende todas as operações que se realizam com os frutos e com as sementes até ser obtido um lote de sementes limpo e preparado para ser armazenado ou semeado. É um procedimento utilizado na maioria das espécies, em resultado do próprio fruto constituir um impedimento físico à germinação das sementes que estão no seu interior, ou porque podem conter inibidores químicos impeditivos da germinação, ou ainda para evitar apodrecimentos no caso de frutos carnudos.

A extração das sementes pode ser realizada com metodologias muito distintas em função das características dos frutos, se estes são secos ou carnudos. Bachiller (1993) divide os procedimentos em quatro grandes grupos:

- A. secagem dos frutos (exemplo das coníferas e dos géneros *Eucalyptus*);
- B. pelo corte ou quebra dos frutos (leguminosas, género *Catalpa*);
- C. por maceração dos frutos em água (*Crataegus monogyna*, espécies com fruto comestível);
- D. sementes que não necessitam de serem extraídas (géneros *Ulmus* e *Acer*).

A. A **secagem das pinhas e dos frutos deiscentes** pode ser realizada por exposição direta ao sol ou por ação de aquecimento artificial, através da circulação de ar quente. No pinheiro bravo, tradicionalmente recorria-se ao primeiro processo, por simples exposição das pinhas em eiras ou em secadores próprios, que embora mais demorado é muito mais económico (poupança de energia) do que o recurso a processos de aquecimento artificial em estufas, que são mais rápidos e independentes das condições climáticas exteriores.

A secagem em eiras faz-se dispondo as pinhas em camadas não muito espessas, procedendo-se a frequentes mexidas para colocar todas as pinhas em condições idênticas, e retirando aquelas que vão abrindo. Dependente da forma como o tempo decorre, a abertura das pinhas faz-se em 1 a 2 semanas, variando também este período com a data da colheita, isto é, com a proximidade com a época de abertura natural. Quando a secagem não é realizada em condições controladas, os materiais colhidos devem ser protegidos da chuva, e no caso de serem expostos ao sol, as sementes devem ser retiradas à medida que se vão soltando dos frutos. Os frutos com uma abertura explosiva, como é o caso de algumas leguminosas, devem ser cobertos com estruturas que evitem a sua dispersão.

A extração com a exposição ao ar quente permite baixar a humidade relativa das sementes para valores da ordem dos 10%, que permitem a sua eficaz conservação, devendo ser garantido o devido arejamento e a temperatura de secagem não deve exceder, regra geral, os 40°C. Este valor deve ser ajustado às temperaturas máximas e mínimas que as pinhas ou os frutos, das diferentes espécies, podem suportar de modo a não perderem a sua vitalidade. A utilização de tabuleiros em rede, que retenham os frutos e permitam a queda das sementes para um outro recipiente, podem facilitar as tarefas posteriores de limpeza.

Atualmente, nos centros de processamento e conservação das sementes, como é o caso do CENASEF, a tendência é privilegiar a secagem artificial, recorrendo a estufas ou secadores. Posteriormente, a extração das sementes é feita por meios mecânicos, através de tambores rotativos por exemplo. Determinadas espécies exigem o recurso a este processo, como sejam as sementes de *Larix* e *Picea*; as temperaturas utilizadas, principalmente numa primeira fase em que se procura reduzir a humidade das pinhas de 40 para 10%, variam entre 20 a 30°C, durante uma a duas semanas. Paralelamente, no caso das pinhas de *Abies* e de *Cedrus*, quando apanhadas em plena maturação, é suficiente estendê-las em lugar seco, abrigado, debaixo de uma cobertura para que se dê a sua abertura, que se completa depois facilmente à mão, sem ser necessário recorrer à secagem com fonte de calor.

A eliminação das asas das sementes é necessária em grande número de coníferas, de um modo geral nos *Pinus*, *Abies*, *Larix*, *Pseudotsuga* e *Cedrus*, sendo dispensável (e mesmo quase impossível) para as sementes muito pequenas das Cupressáceas. O peso

das asas pode representar um valor significativo no peso total do lote de sementes: 30% no caso da *Picea abies*, 25% no *Larix decídua* e 34% no *P. pinaster* e *P. sylvestris* (Alves, 1982). Podem utilizar-se máquinas próprias para realizar esta operação (com crivos cilíndricos, cujo movimento de rotação força a separação da asa, passando as sementes sem asa através dos orifícios duma rede externa do cilindro). No entanto, quando o tratamento mecânico não é cuidado, pode dar origem a danos nas sementes, com perda de vitalidade dos embriões. Vulgarmente, recorre-se ao processo simples de “açoitamento” dos sacos onde se recolhem as sementes, com posterior passagem por crivos.

Por seu turno, as sementes de *Eucalyptus* extraem-se facilmente com a exposição das cápsulas ao sol. Em relação às vagens das leguminosas, como a *Ceratonia siliqua*, devem ser secas ao sol antes de serem armazenadas, não necessitando a semente (que é de tegumento duro) de ser seca logo quando é extraída da vagem.

B. A quebra ou corte de frutos indeiscentes faz-se normalmente com recurso a meios mecânicos, nomeadamente trituradoras, debulhadoras ou batedoras mecânicas, com sofisticação variada e com níveis de intensidade em função da dureza da casca da semente da espécie-alvo; são exemplo deste tipo de extração, as sementes de *Gleditsia triacanthos*, *Robinia pseudoacacia*, *Cercis siliquastrum*, *Catalpa* sp., *Carpinus* sp., entre outras (Bachiller, 1993).

C. A casca e a polpa dos frutos carnudos podem extrair-se com recurso à **macerção em água** seguida de uma fricção manual numa peneira ou num saco, podendo adicionar-se areia para aumentar o atrito durante o processo de fricção. Num contexto de pequena escala são utilizados instrumentos mecanizados, do tipo betoneira ou batedora, e em grande escala utilizam-se maceradoras industriais especialmente concebidas para este efeito, com sistema de crivagem em água que permite separar as sementes da polpa e da casca.

D. As sementes que não necessitam de serem extraídas podem necessitar apenas da limpeza de algumas impurezas, constituídas por ramos ou folhas, que se faz manualmente ou com recurso a máquinas sopradoras.

3.5.2 Conservação das sementes

A **conservação das sementes** é uma operação indispensável sempre que, após a sua recolha, não se proceda à sementeira no curto prazo de tempo, e deve iniciar-se no menor lapso de tempo possível de forma a evitar a perda da viabilidade do lote de sementes.

A conservação das sementes deve decorrer em condições adequadas, ambientais e sanitárias, a fim de evitar o desenvolvimento de fermentações e o ataque de insetos. No caso das sementes recalcitrantes, o sucesso desta etapa está dependente da manutenção dos processos vitais (de respiração e de transpiração dos tecidos vivos a níveis muito baixos, com a proporcional diminuição dos gastos em reservas) e da hidratação dos tecidos (teor de humidade das sementes deve ser próximo dos 40%), bem como das condições de colheita e da manipulação da semente (danos mecânicos, fisiológicos). Pelo contrário, as sementes ortodoxas toleram baixos teores de humidade (7 a 10%) e a suspensão dos processos vitais durante o período de armazenamento.

As condições de conservação e os meios necessários são distintos consoante o período de conservação que se pretende considerar. Quando o ciclo de produção do fruto é anual, o período de conservação pode ser até um ano, mas nas espécies de frutificação irregular, a conservação até cinco anos é desejável. Quando o objetivo é o estabelecimento de um banco de sementes como forma de conservação dos recursos genéticos, o período de tempo a considerar é mais longo e as metodologias utilizadas mais sofisticadas. Caso os lotes de sementes sejam conservados durante longos períodos é conveniente realizar, anualmente, testes de viabilidade ou de germinação (Figura 3.13) para controlar a qualidade destes.

Alguns casos particulares são a seguir referenciados:

- As sementes dos géneros *Salix* e *Tamarix* são das mais sensíveis, e a perda total da sua viabilidade pode ocorrer se mantidas à temperatura e à humidade ambiente durante uma semana;
- As sementes de sobreiro, como as de outros carvalhos, são muito sensíveis à desidratação tornando muito difícil a sua conservação por longos períodos. Tradicionalmente, as sementes são armazenadas em sacos de rede sem qualquer tratamento prévio, exceto a aplicação de fungicida. A porosidade excessiva dos sacos leva a elevadas trocas gasosas, que origina a desidratação das sementes, e à perda da viabilidade das sementes no final de um período de conservação de quatro meses (Merouani *et al.*, 2001c). No entanto, é possível conservar sementes de sobreiro até, pelo menos, 17 meses após a colheita sem perda da qualidade destas (Merouani *et al.*, 2001b, 2001c, 2005) se for realizada uma colheita controlada garantindo:
 - o estado inicial da semente (colheita em fase de maturação adequada e garantido um teor de humidade da bolota da ordem dos 44 – 47%);
 - o momento e as condições de colheita;
 - o tratamento das sementes após a colheita (termoterapia e as condições de secagem);
 - o seu acondicionamento em saco de polietileno que permita as trocas gasosas e a colocação num ambiente com controlo de temperatura com controlo de temperatura a cerca de 0°C.

A forma mais corrente de conservação é a realizada em ambientes pouco húmido e a temperaturas baixas, mas importa referir os seguintes processos de conservação:

1) Conservação em ambiente seco a temperaturas baixas: para a maioria das coníferas, assim como para a maioria das folhosas recomenda-se o armazenamento em recipientes fechados, em ambiente seco e fresco. É frequente recorrer-se às caves onde a temperatura é baixa e mais ou menos constante ao longo do ano.

2) Conservação em câmara fria: para as sementes ortodoxas utilizam-se recipientes herméticos colocados em câmaras frigoríficas a temperatura constante, geralmente, entre 2 e 5°C. As sementes a conservar só devem entrar na câmara fria depois de o seu teor em água ter descido para 7 - 10% (teor de H₂O em % peso). Na conservação a mais longo prazo, por exemplo, quando o objetivo é a conservação de recursos genéticos, as condições de temperatura da câmara e o teor de humidade das sementes é de -18°C e 4%, respetivamente. No caso das sementes recalcitrantes (carvalhos, castanheiro ou

sobreiro), mais sensíveis às baixas temperaturas, esta deve ser mantida próxima dos 0°C, de modo a reduzir ao máximo a atividade metabólica, mas em recipientes (sacos de polietileno) que permitam algumas trocas gasosas, de modo a evitar situações de anaerobiose. Os recipientes/sacos devem ser colocados em paletes ou prateleiras de forma a permitir a circulação de ar suficiente para evitar a condensação da humidade nas paredes dos sacos.

3) Estratificação (ambiente húmido): as sementes de algumas folhosas, como a magnólia, carvalhos, castanheiros, aceres, ulmeiros, nogueiras, faias, entre outras, com elevado teor em água, perdem totalmente a sua viabilidade quando sofrem alguma desidratação. Assim, para o armazenamento destas espécies, recorre-se normalmente à estratificação que consiste em dispor camadas alternadas de sementes e areia humedecida, para apressar a germinação quando se aproxima a época de sementeira. A estratificação pode fazer-se em silos, vasos ou caixas de madeira.

4) Conservação em água corrente: este processo pode ser aplicado em sementes de grandes dimensões, como é o caso das castanhas, sendo indispensável que a água seja corrente e circule livremente nas caixas imersas com as sementes.

3.6 CARACTERIZAÇÃO DOS LOTES DE SEMENTE

Ao abordar este tema no contexto das arborizações, não é demais salientar que a qualidade da semente abrange as vertentes: genética, física, fisiológica e fitossanitária. A componente **genética** condiciona a produtividade e a qualidade dos produtos, na medida em que a árvore é a expressão final da interação da sua constituição genética (o potencial para um certo tipo de desenvolvimento) e do meio, que vai condicionar o nível de concretização desse potencial. A integridade **física** da semente está relacionada com o seu processamento (colheita, limpeza, transporte e armazenamento), que se decorrer sem provocar danos mecânicos, o lote mantém a sua qualidade. Por sua vez, o estado **fisiológico** das sementes está dependente da fisiologia da espécie, das condições de produção (quer bióticas, quer abióticas) e da sua manipulação. É esta última componente, a fisiológica, que os técnicos florestais abordam quando pretendem ter uma estimativa precisa da capacidade de um determinado lote de sementes para produzir plantas sãs, vigorosas e que sobrevivam no campo. Finalmente, a vertente **fitossanitária**

dependente do resultado de ataque de pragas ou doenças e que irá condicionar o futuro desempenho da semente. Contudo, ao contrário dos materiais inertes, não biológicos, não é fácil prever com precisão o comportamento das sementes (organismos vivos). Os testes de avaliação da sua qualidade foram desenvolvidos para minimizar os riscos de insucesso da sementeira. No entanto, a qualidade da semente é um conceito composto por diferentes atributos, e com significados diferentes na perspetiva do produtor, do processador, do armazenista, do comerciante, do florestal, da autoridade de certificação ou da agência responsável pelo controlo da semente. Em última análise, todos estarão de acordo que a qualidade da semente é uma medida da sua capacidade de originar plantas vigorosas. Assim, a realização de testes para estimar o valor da semente para a arborização é uma forma de avaliação reconhecida por todos.

A essência de um bom ensaio de sementes é a aplicação de métodos normalizados e fiáveis, de modo a que os resultados que se obtêm sejam uniformes e reproduzíveis. Atualmente, a normalização tornou-se muito mais fácil uma vez que muitos países adotaram as regras internacionais de análises de sementes, desenvolvidas pela *International Seed Testing Association* (ISTA). Deste modo, a caracterização dos lotes de sementes relativamente à sua viabilidade e capacidade germinativa, i.e., a probabilidade de estas sementes darem origem a plantas sãs, é realizada através de diferentes métodos e segundo normas internacionais definidas pela ISTA. Regra geral, nas transações comerciais os lotes de sementes são acompanhados de um certificado, emitido por um laboratório devidamente credenciado, onde consta a:

- **identificação** do local e data da colheita, sua dimensão em peso e as condições de armazenamento;
- **caracterização** relativamente ao grau de pureza, número de sementes por quilo, número de sementes por litro, peso de 1000 sementes, viabilidade e capacidade germinativa. Por vezes é também disponibilizada informação relativa ao teor de humidade, estado sanitário e valor cultural.

De facto, os técnicos florestais, os viveiristas e os comerciantes de sementes necessitam de conhecer a qualidade da semente que manipulam por se tratar do elemento chave dos projetos de florestação. O sucesso das arborizações por sementeira direta,

da produção de plantas em viveiro e o sucesso do seu estabelecimento posterior em plantações depende, em grande medida, da qualidade das sementes utilizadas. Também o conhecimento do número de sementes por quilo, a estimativa precisa da taxa de germinação e o estado de dormência de cada lote de sementes:

- **influencia** a realização de tratamentos pré-germinativos e a densidade da sementeira no campo, reduzindo os custos ao evitar uma utilização excessiva ou deficitária das sementes, o que acarretaria encargos extras com limpezas (redução das densidades de árvores nas primeiras idades quando o número de sementes foi excessivo) ou obrigando a novas sementeiras (insucesso da sementeira devido à baixa germinação);
- **permite** ao viveirista prever as necessidades em semente considerando o número de plantas a produzir (Quadro 3.3), e também a densidade da sementeira (evita a repicagem e/ou alvéolos vazios nos tabuleiros de sementeira).

A realização dos testes de semente pressupõe a recolha de amostras, cuja dimensão depende da dimensão do lote e está regulamentada pela ISTA. Esta é uma etapa fundamental já que os resultados obtidos são relativos apenas à qualidade da amostra submetida a análise; consequentemente, devem ser feitos todos os esforços para garantir que a amostra enviada para teste represente fielmente a composição do lote de sementes em avaliação.

Os elementos que caracterizam um lote de sementes são os seguintes:

A. Identificação botânica

A identificação dos lotes de sementes aquando da sua circulação e/ou comercialização é obrigatória pela legislação vigente e abrange todas as espécies com fins florestais. Obrigatoriamente, a sua comercialização deve ser realizada em embalagens seladas e acompanhadas por um documento da responsabilidade do fornecedor, devidamente numerado, onde devem constar: dados do Fornecedor e do Destinatário, a designação botânica e comum, a quantidade, o local e ano da colheita. As sementes de espécies florestais não abrangidas no Anexo I do Decreto-Lei nº 205/2003, que se destinem a fins não florestais, devem estar identificadas com uma etiqueta que declare a finalidade.

B. Grau de Pureza

Este atributo pretende determinar: 1) a composição percentual em peso da amostra em teste e, por inferência, a composição do lote de sementes e 2) a identidade das diferentes espécies de sementes e partículas inertes que constituem a amostra.

O grau ou coeficiente de pureza (GP) do lote de semente define-se como a relação percentual, em peso, entre as quantidades de semente pura ou limpa e da semente misturada com todo o tipo de elementos estranhos que a podem acompanhar (desde terra a areia até sementes doutras espécies, asas, cascas, folhas...).

Assim, numa determinada amostra (pelo menos resultante de duas amostragens, segundo as normas da ISTA):

$$GP(\%) = \frac{\text{peso da semente pura da amostra}}{\text{peso total da amostra}} \times 100$$

Nas sementes florestais, admitem-se percentagens de impurezas da ordem dos 10 a 40%, consoante o tipo de semente: para as coníferas, o grau de pureza não deve ser muito inferior a 90%; para as sementes de eucaliptos, bétula, amieiro e casuarina, pelas suas pequenas dimensões e dificuldade de limpeza, admitem-se valores de 60%; enquanto para sementes de carvalhos e castanheiros, sendo de grandes dimensões, de um modo geral as tolerâncias são muito menores.

C. O peso de 1000 sementes (tamanho das sementes)

As características de grandeza, número e peso das sementes, são muito importantes na estimativa da produção das plantas. Independentemente das qualidades germinativas, o número de sementes por unidade de peso (kg, normalmente) permite prever o número de plântulas a produzir de cada lote de sementes. Este valor depende do tamanho da semente que varia consoante a origem (Região de Proveniência), as condições climáticas, a produtividade do local, entre outras. No planeamento da colheita, e também na identificação das áreas ou de povoamentos necessários a gerir para a produção das sementes, é muito importante saber o rendimento em semente pura por hectare. A título de exemplo é apresentado o caso da *Cryptomeria japonica*⁵ na Região Autónoma dos Açores, onde é calculada a relação entre a área de colheita de sementes de criptoméria em povoamentos de S. Miguel, e o número médio de plantas de criptoméria produzidas (Quadro 3.4 e 3.5).

QUADRO 3.4 – Produção de semente em 6 povoamentos de <i>Cryptomeria japonica</i> na ilha de São Miguel (Açores).		
LOTES	VOLUME ESTRÓBILOS (L/kg SEMENTE)	PESO SEMENTES (kg/ha)
S. Miguel 4	40,1	7,14
S. Miguel 5	28,3	9,46
S. Miguel 6	34,1	5,21
S. Miguel 7	30,9	9,59
S. Miguel 8	30,8	7,07
S. Miguel 11	38,2	n.d.
Média	33,7	7,7
Coefficiente de variação	0,1	0,2

O Quadro 3.4 indica que, em termos médios por hectare, são colhidos cerca de 7,7 kg de semente de criptoméria. Com base nos dados disponibilizados no Quadro 3.5, o peso médio de 1000 sementes é de 2,64 g, correspondendo a cerca de 2700883 sementes de criptoméria a obter por hectare, assumindo uma pureza de 92,6 % e uma capacidade germinativa média de 30%, são produzidas aproximadamente 810250 plantas. De

referir que se verifica uma menor variabilidade no peso de 1000 sementes (coeficiente de variação de 0,19) e grau de pureza (coeficiente de variação 0,08), do que na taxa de germinação (coeficiente de variação de 0,39), cujo valor médio de 30% é semelhante ao referido na bibliografia (Walter e Francis, 2008).

QUADRO 3.5 – Caracterização de 9 lotes de semente de *Cryptomeria japonica* colhidos na ilha de São Miguel (Açores) quanto ao grau de pureza, peso de 1000 sementes e taxa de germinação.

LOTES	VOLUME ESTRÓBILOS (L/kg SEMENTE)	PESO SEMENTES (kg/ha)	TAXA DE GERMINAÇÃO
S. Miguel 4i	92,9	2,8	33
S. Miguel 5	90,9	3,22	25
S. Miguel 6	78,1	2,02	27
S. Miguel 7	95,4	3,25	44
S. Miguel 8	85	2,07	11
S. Miguel 9	99,5	3,09	45
S. Miguel 10	98,8	2,18	30
S. Miguel 11	94,3	2,41	16
S- Miguel 12	98,7	2,78	40
Média	92,6	2,64	30
Coefficiente de variação	0,08	0,19	0,39

D. Teste de germinação

De todas as avaliações de um lote de sementes, nenhuma tem tanta importância como os testes de germinação que estimam o potencial máximo de germinação, permitindo comparar a qualidade de diferentes lotes e prever também o seu desempenho no campo. Os testes de germinação realizados em condições de campo não são satisfatórios, uma vez que os resultados não podem ser repetidos com fiabilidade. Por consequência, foram desenvolvidos métodos laboratoriais em que as condições ambientais são controladas, de forma a promover uma germinação mais uniforme, rápida e completa da maioria das amostras de uma determinada espécie. Estas condições foram estandardizadas pela ISTA⁶ para permitir que os resultados das repetições dos testes, do mesmo lote, estejam dentro de limites tão próximos quanto possível daqueles obtidos por variação da amostra aleatória.

Segundo a ISTA, a **germinação da semente**, avaliada num teste de laboratório, é definida como o recomeço do crescimento ativo do embrião de uma semente, que se manifesta com a emergência da radícula e com o desenvolvimento das estruturas essenciais, que indicam a capacidade das sementes para a produção de uma planta normal, sob condições favoráveis de solo, humidade, temperatura e luz. Os órgãos da planta considerados essenciais são os meristemas e o sistema radicular (*root system* ingl.; *système racinaire* fr.; *sistema radicular* cast.), o eixo caulinar (*shoot axis* ingl.; *tige* fr.; *tallo* cast.), os cotilédones (*cotyledons* ingl.; *cotylédons* fr.; *cotilédones* cast.) e os gomos terminais (*terminal buds* ingl.; *bourgeons terminaux* fr.; *yemas terminales* cast.). A **percentagem de germinação** indica a proporção do número de sementes que produziram plântulas consideradas normais, sob as condições e o tempo definidos pela ISTA para aquela espécie. Alguns autores exprimem esta aptidão como **faculdade**, **capacidade**, **poder** ou **potência germinativa**, entendida como a relação percentual entre o número de

⁶ A ISTA publica as regras internacionais para a avaliação das sementes

sementes que germinam, independentemente de um período de tempo fixo, e o número total de sementes colocadas a germinar em boas condições do meio.

Por outro lado, de acordo com a hipótese de que só as sementes que germinam com rapidez e vigor nas condições favoráveis do laboratório serão capazes de produzir plântulas vigorosas nas condições que existem no campo, o que implica que uma germinação fraca e irregular pode conduzir a um falhanço (Aldhous e Mason, 1994), há a necessidade de avaliar a influência do fator tempo, estimada através:

a) Energia germinativa, que corresponde à relação percentual entre o número de sementes que germinam e o número inicial, num intervalo de tempo determinado, que poderá ser 10 dias, 2 semanas, 1 mês, normalmente um período inferior ao ensaio completo prescrito pela ISTA.

b) Tempo médio de germinação (TMG), que traduz a velocidade a que as sementes germinam num intervalo de tempo,

$$TMG = (\sum n_i \times t_i) / N$$

com n_i é o número de sementes germinadas no tempo i (t_i) e N é o número total de sementes germinadas.

c) Taxa de germinação a 50% (TG_{50}), que refere o número de dias necessários para atingir os 50% da percentagem de germinação.

E. Testes de viabilidade

Em termos práticos é necessário distinguir entre **viabilidade** e **germinação** da semente, a primeira entende-se como a capacidade que esta tem de desenvolver os processos essenciais de germinação; por seu turno, a **germinação** é o sucesso da implementação desses processos, levando à produção de uma plântula capaz de se estabelecer e vingar no viveiro (ou no campo).

Os testes de viabilidade são utilizados para obter uma rápida estimativa do potencial de germinação. Esta informação pode ser necessária por diversas razões:

- as sementes têm de ser semeadas logo após a colheita;
- manifestam uma dormência profunda;
- têm uma germinação muito lenta;
- para avaliar a viabilidade individual das sementes, após os testes de germinação, quando se suspeita de dormência;
- para esclarecer resultados dos testes de germinação, i.e., a proporção de sementes anormais ou para detetar a presença de vários tipos de danos ocorridos durante a colheita e/ou processamento da semente.

Apresentamos de seguida, resumidamente, os testes de viabilidade mais utilizados:

a) Teste de Tetrazolium (TT)

Trata-se do teste mais comum para uma avaliação rápida da viabilidade das sementes (resultados em 24 horas). Depende da experiência do analista, implica a remoção do embrião baseia-se na capacidade das enzimas desidrogenases da semente reagirem com a solução incolor de cloreto ou brometo do 2,3,5 de trifeniltetrazólio. Se os tecidos do embrião e do endosperma estiverem sãos, em contacto com o reagente vão adquirir

uma coloração avermelhada, dando a indicação de que a semente é viável; quando os tecidos estão mortos ou danificados, não sofrem alteração de cor. Em teoria deveria haver uma correspondência total entre os resultados do teste de viabilidade do tipo TT com um teste de germinação com qualquer lote de sementes não dormentes. Na prática, esta concordância nem sempre se verifica, porque os resultados do TT tendem a exceder os obtidos com a germinação, havendo por isso uma sobrevalorização.

b) Teste de embriões excisados (Excised embryo test)

Outro método expedito de avaliação da viabilidade das sementes é o aplicado a sementes que germinam lentamente ou que mostram dormência nos testes de germinação. Este método baseia-se no princípio de que os embriões viáveis extraídos das sementes avaliadas permanecerão saudáveis e poderão inclusive crescer durante um período de incubação, enquanto que os embriões mortos, moribundos ou fracos se deterioraram durante o período de incubação. De acordo com as regras da ISTA, o método é aplicado a 400 sementes que não germinaram previamente, em que os embriões são excisados e colocados a incubar num período entre 5 e 14 dias, sobre filtro humedecido ou papel absorvente em placas de Petri, a uma temperatura constante de 20 a 25°C. Os embriões viáveis mantêm-se firmes e frescos ou mostram sinais de crescimento, os embriões não viáveis mostram sinais de deterioração.

c) Teste com o Raio X (X-Ray Test)

É um método de contraste com raios X, que tem sido aplicado com êxito a espécies dos géneros *Pinus* e *Picea* (Willan, 1991). Baseia-se na absorção distinta de raios X pelos diferentes tecidos das sementes em função da sua espessura e/ou densidade, que pelas características morfológicas evidenciadas numa radiografia permite a **distinção rápida e não destrutiva** entre sementes cheias, vazias, ou com danos físicos ou atacadas por insetos, e a criação de um **registo fotográfico** e permanente da proporção dessas sementes.

d) Condutividade elétrica do exsudado dos embriões

Este método baseia-se no facto das membranas das células dos tecidos danificados libertarem mais eletrólitos do que as células dos tecidos intactos. Permite uma estimativa da viabilidade em menos de 48 horas. A Figura 3.15 ilustra a libertação de eletrólitos do embrião (LEE) no sobreiro, que exibiu uma boa correlação ($r^2=0,93$; $P=0,05$) entre o teste de germinação e o 1/LEE e com valores de LEE superiores a 30% a indicarem que a viabilidade é afetada negativamente.

A expressão utilizada no cálculo de LEE é:

$$LEE = (C_1 - C_w) / (C_2 - C_w) \times 100$$

em que:

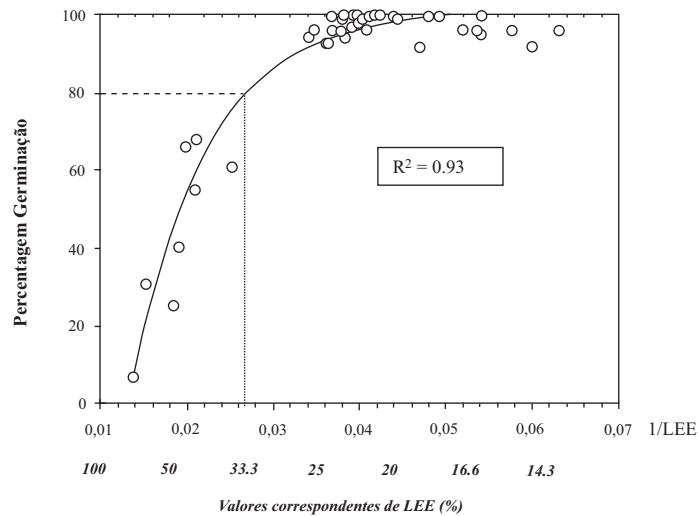
Cw – condutividade elétrica da água desionizada;

C1 – condutividade elétrica do exsudado do embrião após 24h a 25°C;

C2 – condutividade elétrica do exsudado do embrião após autoclavagem a 120°C durante 10 minutos.

FIGURA 3.15

Resultados obtidos em ensaios com o teste de condutividade elétrica de exsudados de embriões de sobreiros seguidos de testes de germinação (Adaptada de Merouani *et al.*, 2001a).



F. Estado sanitário

7 Decreto-Lei n.º 154/2005, de 6 de setembro, republicado pelo Decreto-Lei n.º 243/2009, de 17 de setembro.

Um aspeto importante a considerar num lote de sementes é o seu **estado sanitário** que se refere principalmente à presença ou ausência de organismos causadores de doenças, tais como fungos, bactérias e vírus, às pragas de animais, incluindo nemátodos e insetos. Os testes sanitários devem ser efetuados utilizando os métodos e o equipamento ajustados aos objetivos. O método depende do agente patogénico, das condições, da espécie e da finalidade.

A livre circulação de materiais florestais de reprodução (MFR), decorrente das exigências do mercado único, impõe aos países da União Europeia (UE) a adoção de regras fitossanitárias específicas, cujo objetivo é evitar a entrada e a dispersão de certos agentes bióticos nocivos nos ecossistemas florestais. De acordo com a legislação em vigor⁷, determinados vegetais e produtos vegetais, potenciais hospedeiros de pragas e doenças de quarentena, só podem circular no país e no espaço da União Europeia, se devidamente acompanhados de passaporte fitossanitário, o qual atesta o cumprimento de um conjunto de requisitos fitossanitários específicos.

G. Teor de humidade

O **Teor de Humidade (H)** influencia o comportamento das sementes desde a sua colheita até ao final da conservação e é muitas vezes um bom indicador da qualidade de germinação. Já foi referida anteriormente a dependência da viabilidade das sementes recalcitrantes do teor de humidade. No Quadro 3.6 apresentam-se para as sementes ortodoxas os processos biológicos associados a vários intervalos de teor de humidade.

QUADRO 3.6 – Processos biológicos associados a diferentes intervalos de Teor de Humidade em sementes ortodoxas (Adaptado de Novembre, 2001).

TEOR DE HUMIDADE	EVENTOS
Mais de 45% – 60%	Início da germinação
Mais de 18% – 20 %	Taxa de respiração elevada e libertação de energia
Mais de 12% – 14%	Possível desenvolvimento de fungos
Menos de 8 – 9 %	Importante redução da atividade de insetos
4 – 8%	Armazenamento sem perigo em condições herméticas
1 – 5%	Armazenamento prolongado

O teor de humidade das sementes é avaliado pela perda de peso, isto é, perda de humidade em estufa aquecida a 105°C durante 24 horas. O valor é expresso como percentagem de peso fresco da semente no início e é calculado através da expressão:

$$TH (\%) = (\text{Peso Fresco} - \text{Peso Seco}) \times 100 / \text{Peso Fresco}$$

Valor cultural

Um dos interesses práticos resultante das avaliações da qualidade da semente é a estimativa da densidade de sementeira a aplicar com os lotes de semente, de modo a não desperdiçar semente valiosa nem atribuir mais espaço de viveiro do que o necessário. O **Valor Cultural** (V.C.) é um atributo que nos indica, em peso, a percentagem de sementes suscetível de germinar:

$$V.C. (\%) = \text{Grau Pureza} (\%) \times \text{Capacidade Germinativa} (\%) / 100$$

O conhecimento da capacidade germinativa, da percentagem de viabilidade e do grau de pureza do lote de sementes permite ao viveirista estimar o número de plantas que irão ser produzidas. No entanto, estas estimativas baseiam-se em avaliações efetuadas em condições ótimas que não são reproduzidas em viveiro.

Em certa medida esta previsão pode ser feita através do **vigor das sementes**, que é a soma das propriedades que determinam a atividade e o comportamento dos lotes de sementes com uma germinação aceitável, numa ampla gama de ambientes. O vigor das sementes não é uma propriedade única mensurável, mas é um conceito que descreve as características associadas com os seguintes aspetos do desempenho do lote de sementes:

- a) taxa e uniformidade de germinação das sementes e o crescimento das plântulas;
- b) capacidade de emergência das sementes sob condições desfavoráveis do ambiente;
- c) comportamento depois do armazenamento, particularmente a capacidade de germinar.

Um lote de sementes vigoroso é aquele que é potencialmente capaz de ter um bom desempenho mesmo sob condições que não são ótimas para a espécie.

Avaliação expedita da qualidade das sementes

De uma forma resumida, são referenciados alguns ensaios expeditos, a que é possível recorrer quando não é possível realizar os testes laboratoriais:

- a) O **corte da semente** com um canivete (caso das sementes grandes), que devem aparentar bom aspeto interior (amêndoa branca, enchendo completamente a casca);
- b) O **esmagamento das sementes** de pequenas dimensões sobre um papel, que deverá provocar o aparecimento de uma mancha húmida e oleosa;
- c) O **ensaio na água**, método usado para sementes com peso específico superior à unidade, que requer o uso de sementes frescas que ainda não tenham sofrido qualquer desidratação. Segundo Pourtet (1964) este método funciona bem para o carvalho americano e para os pinheiros, como o pinheiro manso, que têm sementes grandes, sendo menos fiável no caso do pinheiro bravo, dos carvalhos do domínio atlântico e do castanheiro. **Sementes** que flutuam, que se apresentam «**chochas**», desidratadas e moles devem ser eliminadas.

3.7 TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVOS DAS SEMENTES

O viveirista pretende uma germinação rápida e uniforme para produzir plantas homogêneas e de qualidade, num período tão curto quanto possível, tendo por isso que eliminar a dormência das sementes. A germinação das sementes dormentes pode ser induzida, num intervalo de tempo razoável, se certas condições pré-determinadas forem satisfeitas através de **tratamentos pré-germinativos**. No Quadro 3.7 são apresentados os tratamentos recomendados para a eliminar dormências.

QUADRO 3.7 – Procedimentos para eliminar a dormência da semente consoante o tipo e a causa de dormência (Adaptado de Nikoaleva, 1977 e Gordon e Rowe, 1982).

TIPO DE DORMÊNCIA	CAUSAS	TRATAMENTO PARA ELIMINAR	ESPÉCIES
Exógena	Impermeabilidade do tegumento à água e trocas gasosas	Escarificação	<i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Sophora L.</i>
Exógena	Presença de inibidores da germinação no pericarpo (ex. fenóis)	Remoção do pericarpo	<i>Fraxinus chinensis</i> <i>Acer pseudoplatanus</i>
Exógena	Resistência do tegumento ao crescimento do embrião	Remoção do pericarpo	<i>Pinus taeda</i> <i>Pinus koraiensis</i>
Endógena	Imaturidade do embrião	Armazenamento, estratificação	<i>Fraxinus nigra</i> <i>Fraxinus excelsior</i>
Endógena	Presença de inibidores (ABA, citoquininas,...)	Conservação (frio húmido)	<i>Acer platanoides</i> <i>Quercus rubra</i> <i>Quercus robur</i>

A **Escarificação** é utilizada para quebrar a dormência devida ao tegumento, no entanto, deve ser aplicada de forma progressiva e ajustada a cada caso, podendo variar desde a imersão em água fria, à imersão em água quente, ao escaldão, ao recurso a ácidos (como por exemplo, o ácido sulfúrico) ou ser realizada com instrumentos abrasivos.

No caso da **dormência interna**, são utilizados métodos que induzem alterações fisiológicas no embrião provocando uma germinação rápida. Os tratamentos pré-germinativos que simulam as condições naturais são, normalmente, os que têm maior sucesso:

A. A Estratificação é o tratamento mais utilizado em espécies da zona temperada, e consiste em colocar as sementes em camadas alternadas com areia, em ambiente húmido e fresco. Regra geral, as sementes são previamente embebidas em água e posteriormente estratificadas entre 1 e 5°C durante 1 a 6 meses. Este procedimento simula as condições a que as sementes da zona temperada estão expostas após a sua queda no solo, induz a ativação dos sistemas enzimáticos, a mobilização das reservas para formas solúveis e altera os balanços dos inibidores/promotores da germinação. Para os viveiristas a grande vantagem da estratificação é o aumento da uniformidade da emergência que provoca. Enquanto as sementes dormentes estão submetidas às mudanças internas necessárias à germinação, as baixas temperaturas utilizadas na estratificação inibem a germinação das que não estão dormentes. Assim, quando é realizada a sementeira dá-se a germinação e a emergência é rápida e generalizada, o que é crucial para o desenvolvimento de plantas homogêneas. A estratificação aplicada durante

curtos períodos (1 a 2 semanas) em sementes de espécies sem dormências, induz uma germinação mais rápida e mais completa.

B. A Incubação/Estratificação em espécies que exibem uma dormência complexa do embrião, ou dormência morfológica, as sementes germinam mais rapidamente se um período de incubação quente e húmido preceder a estratificação fria. O período de incubação vai favorecer o crescimento do embrião.

C. Os Tratamentos Químicos com agentes como peróxido de hidrogénio, ácido cítrico e hormonas vegetais (giberelinas), são aplicados em algumas espécies com germinação mais rápida. No entanto, estes tratamentos raramente são aplicados nos viveiros tradicionais.

D. Os Tratamentos Combinados são aplicados em algumas espécies com dormências combinadas, endógenas e exógenas, que podem requerer 2 tipos de tratamentos: escarificação por causa do tegumento impermeável e estratificação devido à dormência do embrião, por exemplo.

3.8 GESTÃO DE ÁREAS PRODUTORAS DE SEMENTE

A semente colhida em áreas selecionadas e geridas para a produção de semente, resulta de uma seleção massal⁸ apresenta uma superioridade genética relativamente à semente comercial, no que respeita à adaptabilidade, às características do fuste, da copa e da resistência a pragas. O ganho obtido com esta semente poderá atingir os 5% em altura e diâmetro (medido a 1,30m), no entanto, em termos de volume de madeira, pode atingir os 20%, o que justifica que mais de 90% dos Materiais Florestais de Reprodução utilizados mundialmente, de espécies com interesse económico, pertençam à categoria selecionada (Zobel e Talbert, 1984). Esta superioridade acentua-se positivamente quando à seleção das árvores superiores está associada a eliminação dos indivíduos de pior qualidade, aumenta quando a seleção está ancorada no valor genotípico dos indivíduos como sucede nas gerações avançadas de programas de melhoramento genético.

As áreas florestais que têm como objetivo de gestão a produção de semente são classificadas em **povoamentos produtores de semente** (*seed stands* ingl.; *peuplements à graines* fr.; *rodiales selectos* cast.) ou em **pomares de semente** (*seed orchards* ingl.; *vergers à graines* fr.; *huertos semilleros* cast.), estando estas estruturas inscritas no Catálogo Nacional de Materiais de Base. Em ambos os casos é valorizada a qualidade genética dos progenitores, sendo gerida de forma a rentabilizar a colheita de semente, evitando a depressão por consanguinidade⁹ e a contaminação por pólen de povoamentos próximos.

8 Seleção massal consiste na escolha dos melhores indivíduos da população (árvores plus), com base nos seus fenótipos relativos às características com interesse.

9 Depressão de consanguinidade – redução de vigor de indivíduos resultantes do cruzamento entre indivíduos aparentados.

Povoamentos produtores de semente

O **povoamento produtor de semente** é um povoamento **adulto em plena capacidade reprodutiva**, sendo selecionado pela superioridade fenotípica dos indivíduos que o constituem. No caso dos povoamentos produtores de semente, sem prejudicar a sua produção principal, a gestão é feita de forma a beneficiar os indivíduos dominantes, com boa forma, com copas completamente expostas à luz, em bom estado sanitário e adaptados ao local. Estas áreas produzem a custos moderados semente bem adaptada, com uma melhoria na forma e no crescimento. Os povoamentos produtores de semente podem ser:

- **Temporários:** são selecionados quando os povoamentos estão próximo do termo da rotação, coincidindo a colheita da semente com o abate das árvores, representando para o proprietário um rendimento extra. Na fase final do ciclo destes povoamentos pode ser favorecido o processo reprodutivo, eliminando-se os indivíduos inferiores por desbaste.
- **Permanentes:** são geridos de forma a favorecer o aumento das copas, através da aplicação gradual de desbastes, em que são removidos os indivíduos inferiores. Estes desbastes devem garantir uma distribuição das árvores no terreno de forma a não comprometer o cruzamento entre os indivíduos e, ao mesmo tempo, evitar o risco por derrube pelo vento. Por vezes, justifica-se a adubação após o desbaste para recuperação das árvores selecionadas, assim como o controlo de infestantes.

A qualidade genética da semente colhida nos povoamentos produtores de sementes permanentes é cerca do dobro da que é obtida nos temporários, na medida em que nos primeiros é favorecido o cruzamento entre indivíduos superiores, já que através dos

10 População de propagação de um programa de melhoramento genético de uma espécie florestal é constituída pelas árvores ou plantas que contribuem para a propagação, sexuada ou vegetativa, dos indivíduos selecionados ou em processo de seleção.

desbastes é realizada a seleção em ambos os sexos, ou seja, as árvores nas quais é feita a colheita de semente são também fornecedoras de pólen.

No caso dos povoamentos circundantes serem da mesma espécie ou de espécies suscetíveis de hibridar, justifica-se a criação de uma **zona de diluição de pólen** onde são eliminadas as árvores com características inferiores para evitar que participem na polinização. De facto, a obtenção de semente geneticamente superior requer a minimização da contaminação por pólen de povoamentos circundantes. Este risco de contaminação depende da capacidade de dispersão dos grãos de pólen, variável não só com as espécies (Quadro 3.8), mas também com a densidade da vegetação e com as características dos locais (relevo, condições atmosféricas no momento da libertação do pólen, da direção e intensidade do vento).

QUADRO 3.8 – Distância de dispersão do pólen em áreas florestais (Adaptado de Wright, 1976).	
ESPÉCIE	DISTÂNCIA PERCORRIDA POR 91% DO PÓLEN (m)
<i>Cedrus atlantica</i>	733
<i>Cedrus libanii</i>	44
<i>Cryptomeria japonica</i>	500
<i>Picea abies</i>	> 913
<i>Pinus taeda</i>	69
<i>Pinus silvestris</i>	> 61
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	> 152

Para a maioria das coníferas, admite-se que grande parte do pólen se dispersa a distâncias inferiores a 200 metros (Mosseler, 1998). Facto que explica a recomendação de 300 metros para a largura mínima da faixa de isolamento, feita com espécies que não se cruzam com a espécie presente na área que se pretende isolar (Pires *et al.*, 2011). Outra alternativa é provocar a “precipitação do pólen”, através da plantação de cortinas de abrigo cujo efeito depende da distância destas ao povoamento, que é condicionada pela altura das copas e pela velocidade média do vento (Di-Giovanni e Kevan, 1991).

Pomar produtor de semente

O **pomar de semente** é uma plantação de famílias ou clones selecionados instalados num local, em que são minimizadas as probabilidades de cruzamentos com indivíduos exteriores, e cujo objetivo é a produção de semente. Geralmente, um pomar de sementes está associado a um programa de melhoramento genético, onde está presente parte ou a totalidade da população de propagação¹⁰ (isto é, a infraestrutura desse programa que tem como função disponibilizar as sementes das árvores superiores). Na Figura 3.16 está representado um detalhe da enxertia realizada no Pomar de sementes clonal de pinheiro bravo estabelecido na Mata Nacional do Escaroupim.

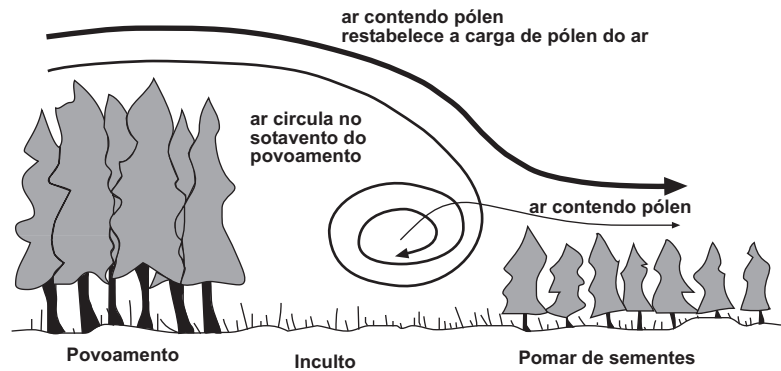


FIGURA 3.16
Pomar de sementes clonal
de pinheiro bravo na Mata
Nacional do Escaroupim.

A necessidade da existência de zonas de diluição de pólen tem maior acuidade no caso de pomares de semente, em que foi feito um maior investimento na seleção das árvores superiores (árvores *plus*), particularmente quando estamos perante vários ciclos de seleção. Neste caso, o diferencial de valor dos indivíduos selecionados pode ultrapassar mais de 50% do valor dos indivíduos dos povoamentos vizinhos e, por isso, a contaminação por pólen tem um grande impacto na perda de qualidade das sementes.

Há um grande debate relativamente à eficiência das zonas de isolamento. Di-Giovanni e Kevan (1991) estimaram taxas de contaminação com pólen estranho, entre os 5% e os 90%, em pomares de sementes de coníferas, avaliadas através de marcadores bioquímicos. Estes autores evidenciaram a elevada proporção de carga de pólen que é transportada nas camadas acima das copas resultante da ação das correntes convectivas que transportam o pólen para cima (Figura 3.17). Têm sido utilizadas, com algum sucesso, algumas medidas para reduzir a contaminação por pólen estranho nos pomares, tais como o estabelecimento de cortinas de abrigo para reforçar a retenção do pólen, técnicas de gestão promovendo a floração dessincronizada das árvores dos pomares relativamente às das áreas circundantes e ações de recolha e armazenamento de pólen para reforçar artificialmente a polinização.

FIGURA 3.17
Representação
esquemática das principais
vias de fluxo de pólen
de um povoamento para
um pomar de sementes
(Adaptada de Di-Giovanni e
Kevan, 1991).



Um pomar de semente pode ser classificado de **clonal** ou **seminal** consoante na sua instalação foram utilizados clones ou famílias, respetivamente. Uma das vantagens do pomar clonal reside no facto de um indivíduo superior poder estar representado tantas vezes quanto o número de rametos utilizados, enquanto no pomar seminal só poder estar representado uma vez, porque cada indivíduo é único. As vantagens e desvantagens de se optar por um pomar seminal *versus* um pomar clonal dependem, fundamentalmente, do comportamento das árvores enxertadas relativamente às seminais segundo três fatores:

- sucesso no estabelecimento das plantas no campo;
- precocidade da floração;
- ganho genético obtido.

O estabelecimento de um pomar de sementes requer um compromisso de longo prazo, com um elevado investimento financeiro. A sua conceção e gestão, para além de exigir o isolamento já referido, deve ter em conta outros fatores:

- **Localização:** tratando-se de um investimento a longo prazo, a escolha do local deve reunir condições socioeconómicas que favoreçam o desenvolvimento da atividade comercial. Estas condições dependerão do plano de desenvolvimento para a zona e devem garantir a disponibilidade da área no período em que se prevê a duração do pomar, uma boa acessibilidade e a existência de mão-de-obra disponível. Também as condições ambientais da área devem favorecer o processo reprodutivo com boas condições de luz, protegida de ventos fortes, com uma posição topográfica que favoreça a circulação do ar e minimize o risco de correntes de ar frio ou a ocorrência de nevoeiros, disponibilidade de água para a rega ou para o combate ao fogo, boa textura e fertilidade do solo (sem ser demasiado fértil de modo a que a produtividade do pomar possa ser controlada pelo gestor através de adubações e da rega), e baixo risco de ataque de pragas, doenças ou animais destrutivos.
- **Distribuição das famílias/clones no pomar:** esta distribuição dever minimizar a probabilidade de cruzamento entre as árvores da mesma família ou rametos do mesmo clone. O número ideal de famílias/clones é aquele que permite, após o desbaste dos piores génotipos, ter um espaçamento para uma polinização adequada, assegurando que a consanguinidade é mínima, garantindo a maximização da produção de semente. A distribuição das árvores na fase de conceção (delineamento) deve garantir a manutenção da viabilidade do processo reprodutivo

(qualidade da semente) após o abate das árvores de qualidade genética inferior (desbaste genético¹¹).

- **Condições biológicas:** um primeiro aspeto a considerar, dependente da espécie em causa, é a avaliação da antecipação da produção de semente que resulta da utilização da enxertia como técnica de instalação do pomar. No delineamento do pomar deve atender-se ao número e à fecundidade relativa das famílias/clones presentes (i.e., a capacidade dos indivíduos de produzirem sementes e/ou pólen) e à sincronização da sua biologia reprodutiva promovendo a panmixia (i.e., os cruzamentos aleatórios entre todos os indivíduos) para que se alcance o ganho genético previsto. Este ganho também é afetado quando há incompatibilidades ou seleção em qualquer das fases desde a polinização até à germinação da semente (ver Figura 3.1), em consequência de nem todos os indivíduos instalados no pomar participarem efetivamente no processo reprodutivo.

Para assegurar uma máxima produção de semente é certamente vantajoso utilizar indivíduos superiores, que tenham a floração sincronizada e que sejam bons produtores de semente. No entanto, é igualmente importante conhecer a influência dos fatores ambientais e as práticas silvícolas que permitem maximizar a produção de semente. A gestão de um pomar de sementes é realizada no sentido de favorecer o processo reprodutivo, semelhante à de um pomar de fruta. As árvores devem estar espaçadas para assegurar a luz para a produção de semente e facilitar as tarefas no pomar, e a forma das árvores também é controlada para facilitar a colheita das pinhas e dos frutos. A adubação e o controle das ervas daninhas aumentam a produção de semente, e os inseticidas e fungicidas são utilizados quando necessário. Para promover a floração e a produção de semente, são por vezes utilizados tratamentos hormonais (aplicações de giberelinas), podas e incisões anelares nos troncos ou ramos. Os procedimentos dependem da localização, da espécie e das condições climáticas que são variáveis de ano para ano.

A importância da manutenção de registos relativamente ao pomar enquanto unidade, e relativos às árvores no pomar, não pode ser subestimada por constituir um instrumento de apoio para a avaliação da influência que o ambiente e as práticas de gestão exercem sobre o pomar, como foi tratado e quais as respostas biológicas das árvores. Esta informação permite conhecer a história do pomar, na qual as ações presentes e futuras se baseiam.

No pomar é conveniente dispor de uma estação meteorológica, que registre as variáveis climatológicas que afetam os processos reprodutivos e de crescimento (e.g. precipitação, temperatura e vento). Os tratamentos e práticas culturais devem igualmente ser registados: subsolagens (data, profundidade, direção), fertilizações e correções aplicadas (formulação, taxa, data e método de aplicação), regas (datas e quantidade), controlo de pragas e doenças (qual o tratamento aplicado, concentrações utilizadas, data e métodos de aplicação, e eficiência), desramações (data e o tipo), desbastes (data, as famílias/clones e as árvores removidas).

Relativamente aos indivíduos do pomar, dão-se como exemplo algumas informações que deverão ser registadas:

- o método e data de propagação, assim como o grau de incompatibilidade;
- aplicação de tratamentos hormonais e físicos (incisão, estrangulamento);
- quanto à floração: idade em que se iniciaram as flores femininas e masculinas,

¹¹ Desbaste genético – abate dos piores indivíduos realizado com base nos resultados de ensaios de descendência ou clonais.

12 Polinização controlada

– É uma polinização artificial feita pelo Homem. É garantido que as flores femininas não são fecundadas por pólen estranho, frequentemente através do seu isolamento antes de estarem recetivas. O pólen do indivíduo com que se pretende cruzar é aplicado nas flores femininas na fase de máxima recetividade.

13 *One stop pollination* – É

uma técnica de polinização controlada utilizada em *Eucalyptus* em que não é necessário esperar pela maturação do estigma e pela recetividade, para efetuar uma fecundação com sucesso. Numa única visita à flor feminina é realizada a sua emasculação, efetuada a polinização e o isolamento do estilete, impedindo que as abelhas voltem a polinizar esta flor.

14 <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/gf/ps/cnmb> (consulta realizada no portal do ICNF em Janeiro de 2018)

proporção da floração feminina e masculina, data da libertação do pólen e da recetividade da flor feminina;

- relativamente à produção de frutos e de semente: a data da maturação dos frutos, quantidade de semente, o número médio de sementes por fruto e a capacidade germinativa;
- suscetibilidade da semente e dos frutos a doenças e a ataque de pragas;
- casos especiais dos rametos do clone: anomalias de crescimento e desenvolvimento dos frutos.

Em todas as fases de colheita e processamento da semente, esta deve manter-se identificada e registada no que diz respeito à localização geográfica, incluindo altitude, número de árvores amostradas, método de colheita e extração e condições de armazenamento.

Com a semente proveniente dos pomares de semente deve ser facultada informação relativa à superioridade dos progenitores, à probabilidade de autofecundação e à contribuição relativa de cada clone/família para o lote conjunto de sementes.

Nos pomares de sementes de programas de melhoramento de gerações avançadas, são realizadas polinizações controladas¹² para criar indivíduos com novas combinações genéticas mais interessantes, que são posteriormente sujeitas a teste. No entanto, há que referir que a simplificação do processo de polinização controlada do *Eucalyptus globulus*, com uma única operação *one stop pollination*¹³ (Harbard *et al.*, 1999) permite que o Programa de Melhoramento desta espécie na Altri, produza semente de famílias de irmãos completos que é utilizada nos viveiros do Furadouro (Óbidos) para produção em larga escala de eucaliptos para as ações de arborização.

No delineamento de um pomar de sementes, a decisão relativa à sua dimensão está dependente da previsão da procura, periodicidade da produção e da necessidade de dispor de semente armazenada. É por vezes discutida a vantagem da concentração da produção de semente num só pomar, próximo da sede da empresa ou do viveiro associado *versus* a opção de estabelecer dois ou mais pomares, em diferentes regiões, correspondendo a encargos maiores, mas permitindo reduzir o risco das perdas provocadas por catástrofes naturais.

Em 2013, havia na Europa mais de 1000 pomares de semente, de 40 espécies florestais, cobrindo uma área superior a 6900 ha (Pâques, 2013). Em Portugal, estão registados no Catálogo Nacional de Materiais de Base¹⁴ na categoria qualificado e testado os seguintes MFR:

- na espécie *Pinus pinaster*, um pomar de sementes com 7,22 ha de categoria qualificado, associado ao programa de melhoramento genético;
- na espécie *Pinus pinea*, dois pomares de sementes num total de 17,12 ha, de categoria qualificado;
- na espécie *Eucalyptus globulus*, um pomar de sementes com uma área de 1,7 ha, um parque de hibridação com 14,4 ha com 36 progenitores familiares e ainda 12 clones, todos eles na categoria de testado, associados aos programas de melhoramento genético desta espécie.

CAPÍTULO 4

TÉCNICAS DE PRODUÇÃO DE PLANTAS

4.1 INTRODUÇÃO

O acréscimo de importância da produção de plantas que acompanhou a evolução das técnicas de silvicultura nas últimas décadas do século passado, diferenciou esta atividade como um novo sector da fileira florestal. De facto, o interesse da instalação de novos povoamentos a partir de Materiais Florestais de Reprodução (MFR) de reconhecida qualidade genética e fisiológica, tem concedido cada vez maior destaque à adoção de técnicas de viveiro – *nursery* ingl.; *pepinière* fr.; *vivero* cast. – seleccionadas em função das condições de arborização. Assim, a qualidade das plantas produzidas num viveiro está dependente da integração de uma vasta gama de conhecimentos que, para além da silvicultura, se apoia na botânica, na fisiologia, na patologia, na proteção das plantas contra pragas, entre outros.

Assente-se, entretanto, na ideia de que a produção de plantas é um encargo básico, inicial, das arborizações, unicamente recuperável através da qualidade elevada do material a produzir. Em termos gerais, podemos afirmar que o viveirista pretende produzir plantas uniformes e de qualidade a um custo moderado. A sua contribuição para o sucesso das arborizações não é medida apenas através da sobrevivência das plantas, mas também do seu crescimento vigoroso nas primeiras etapas de vida do povoamento, o que depende do genótipo, do estado fisiológico e das técnicas de produção (Figura 4.1).

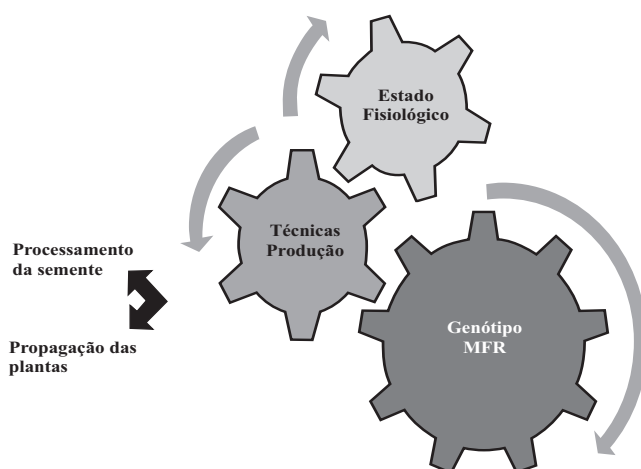
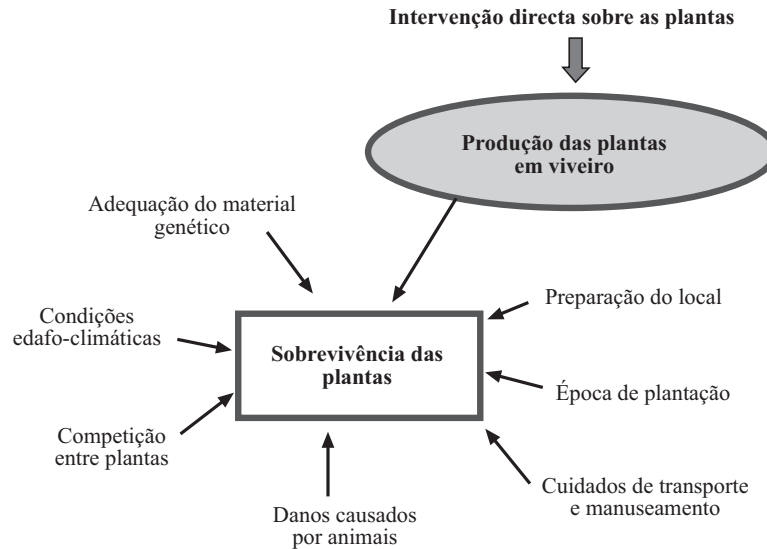


FIGURA 4.1
Interligação dos fatores de produção de plantas em viveiro.

É de salientar que ao contrário das plantas ornamentais ou das hortofrutícolas, as plantas florestais são instaladas em meios mais adversos e, regra geral, não lhes são dispensados cuidados especiais, quer após a plantação, quer nos primeiros anos, daí que a sua capacidade de emissão de novas raízes seja muito importante para a sobrevivência das plantas e o seu estabelecimento no terreno. Cabe ao viveirista através da manipulação das técnicas de produção, garantir o equilíbrio entre as condições ambientais, entre os fatores que promovem o crescimento e aqueles que o retardam, mas também o controlo das doenças e dos ataques de pragas, de forma a disponibilizar plantas de qualidade para a arborização. Contudo o sucesso das plantações é influenciado por uma série de fatores que podem atuar isoladamente ou interagir, como por exemplo as condições ambientais em que decorrem as arborizações, a qualidade das plantas utilizadas e a adaptação das espécies/proveniências seleccionadas (Figura 4.2).

FIGURA 4.2
Fatores que condicionam a sobrevivência das plantas após a plantação.



Ao abordar as técnicas de produção de plantas por via seminal e vegetativa mais comuns, este capítulo analisa os fatores que condicionam o processo de produção, caracteriza os principais tipos de viveiros florestais e refere os tratamentos culturais a que os viveiristas recorrem para garantir a produção de lotes de plantas homogêneas e de qualidade a um custo moderado. A avaliação da qualidade das plantas é também abordada, ainda que a multiplicidade de objetivos das arborizações associada a uma grande diversidade de situações dificulte a definição de “qualidade da planta florestal” e a sua avaliação, que está associada à sua capacidade de sobrevivência e de crescimento previstos para um local particular.

4.2 OS VIVEIROS FLORESTAIS

Os viveiros florestais são as áreas onde se produzem as plantas utilizadas nas ações de arborização e restauro de ecossistemas, diferenciando-se pela sua estrutura e organização, e assumindo formas de funcionamento e modelos distintos (Caixa IV).

CAIXA IV – O testemunho de uma viveirista

Nos anos 90 do séc. XX, a produção de plantas florestais em Portugal era feita em viveiros constituídos por estufas de plástico tradicionais ou mesmo ou ar livre. Por essa altura, Paul Cotterill, Diretor Florestal da Celbi, lançava um desafio, entusiasmando muitas mentes e incomodando outras: “Se os holandeses produzem com tanto sucesso plantas ornamentais e hortícolas em estufas tecnologicamente avançadas, porque é que não podemos produzir plantas florestais seguindo os mesmos métodos?”.

Em 1992 começaram a funcionar os Viveiros do Furadouro, com capacidade para produzir, pelas vias seminal e vegetativa, mais de 7 milhões de plantas por ano. A produção é feita ao longo de todo o ano e todas as áreas (interiores e exteriores) estão equipadas com bancadas móveis que facilitam a movimentação das plantas, nas diversas fases de desenvolvimento. O ambiente de produção é rigorosamente definido em função do tipo de planta e respetiva fase de desenvolvimento. No interior da estufa, o sistema de controlo ambiental computadorizado regula a ventilação, aquecimento, humidade, luz e fertirrigação, alguns dos fatores que determinam a “qualidade fenotípica” das plantas em desenvolvimento, permitindo a ótima expressão do seu genótipo.

A observação de todos os parâmetros que intervêm no desenvolvimento harmonioso das plantas é particularmente cuidada em qualquer das fases da sua produção: utilização de semente de qualidade testada, substratos de elevada qualidade (principalmente à base de turfa) e ensaiados no viveiro, controlo da nutrição e do estado fitossanitário das plantas, aclimação adequada às espécies e à época do ano e rigoroso controlo de qualidade pré-plantação. Nesta atividade nada se pode copiar, o que se passa no viveiro do vizinho (ou da grande empresa além-mar), pode apenas servir de inspiração. O que que cada um faz no seu espaço não é copiável e, por isso, a troca de experiências e de conhecimento não prejudica, pelo contrário, enriquece.

Os condicionalismos ambientais, a localização, a qualidade da água, a especificidade dos materiais que produzimos, a disponibilidade das matérias-primas, as competências operacionais e de gestão, e a própria cultura dum país ou duma região são fatores determinantes que temos que conhecer para que possamos desempenhar a nossa atividade com a qualidade que a floresta e os nossos clientes merecem. É, sem dúvida, uma aprendizagem contínua, uma campanha de produção nunca é igual à anterior. Curiosidade, empenho e entusiasmo são ingredientes

que não se esgotam e que empurram para a mudança: melhoram-se equipamentos, experimentam-se técnicas de produção, inova-se mesmo que as alterações possam conduzir temporariamente ao desconforto. O sucesso de qualquer empresa passa pela sua viabilidade económica. O que se vai produzir, em que quantidades, para quando, para quem e para onde, são questões fundamentais para os responsáveis pelo planeamento e que nesta atividade ficam muitas vezes sem resposta ou com soluções fora de tempo.

Finalmente, tão ou mais importante que produzir as melhores plantas é a contribuição de um viveirista para que sejam plantadas na estação e na época mais adequadas. Apesar de parecer simples e clara, esta missão nem sempre é fácil de atingir. Faz todo o sentido que as plantações sejam feitas quando as condições sejam ideais (humidade no solo, ausência de ventos fortes ou temperaturas extremas, etc.), ou tão próximas disso quanto possível – esta verdade inquestionável dificulta a gestão interna do viveiro, já que origina a sobreposição dos pedidos de saída de plantas para os mesmos períodos, muitas vezes muito curtos e com impossível capacidade de escoamento simultâneo.

Para além da qualidade das plantas há uma multiplicidade de fatores que contribuem para o sucesso ou insucesso das florestas, muitos deles de controlo difícil. O solo, a preparação do terreno, as condições ambientais, a disponibilidade de máquinas e equipamentos, as pragas e doenças, entre outros.

Ivone Neves

Desde a década de 60 do século passado até à atualidade, registou-se uma grande evolução dos viveiros florestais. Num período de 30 a 40 anos, passou-se do saco de polietileno transparente para os sistemas de produção atuais (Figura 4.3).

4.2.1 Caracterização e Classificação

Os sistemas de produção de plantas em larga escala – especializados, direta e intensamente dirigidos para objetivos de arborização de grandes áreas, nos quais se dá importância aos acréscimos de produtividade do trabalho e ao abaixamento de custos – são distintos dos sistemas polivalentes de produção de plantas, nos quais se valoriza a diversidade de espécies, utilizadas nas arborizações mais dispersas em que são propagadas um número mais elevado de espécies florestais.

Atualmente, de acordo com o critério de classificação dos viveiros florestais quanto à sua duração, os viveiros em Portugal têm um caráter permanente. Em contraste com o **viveiro permanente** existiram, até há pouco tempo, **viveiros temporários** – *viveros volantes* cast. – normalmente de menores dimensões e exigindo pequeno investimento de capital em infraestruturas definitivas e com o objetivo direto de satisfação das necessidades de determinada área a arborizar, dentro de um curto período de tempo. Assim,

**FIGURA 4.3**

Evolução dos viveiros florestais desde a década de 60 do século passado à atualidade: enchimento do saco de plástico transparente, num viveiro dos serviços florestais no Sul do País (canto superior esquerdo); ensombramento do canteiro, com rama de pinheiro, após repicagem num viveiro dos serviços florestais no Sul do País (canto superior direito); produção de estacas de eucalipto no Viveiro de Espirra (canto inferior esquerdo); fase de enraizamento em casa de sombra no Viveiro de Espirra (canto inferior direito).

estes viveiros caracterizavam-se pelo provisório das instalações (eram abandonados após o termo da arborização), pelos tratamentos culturais largamente extensivos (a fertilização mais rara ou inexistente), pelas suas reduzidas dimensões, mas, principalmente, pela sua localização o mais próximo possível do centro da área a arborizar. Em Portugal, estes viveiros deram lugar a entrepostos de aclimação das plantas aos locais definitivos.

Os viveiros podem também ser classificados de acordo com o mercado que satisfazem:

- **viveiros industriais:** produzem anualmente milhões de plantas para plantações florestais, que geram a matéria-prima destinada à indústria de base florestal;
- **viveiros comunitários:** produzem anualmente centenas de milhares de plantas, que se destinam a florestas comunitárias, cujos benefícios são realizados localmente;
- **viveiros de investigação:** numa escala mais reduzida, estão associados a atividades de melhoramento genético, de conservação de recursos genéticos e de preservação de espécies raras ou ameaçadas.

Para além da opção dos métodos de **propagação seminal** *versus* **vegetativa**, relativamente às condições de produção de plantas, há que considerar outro critério de classificação dos viveiros florestais: **viveiros de produção de plantas de raiz nua** – *bareroot nursery* ingl.; *planta a raíz desnuda* cast. – e **viveiros de produção de plantas em contentor** – *ballroot nursery* ingl.; *planta en envase* cast. – ilustradas na Figura 4.3. De referir que, por vezes, é possível encontrar os dois procedimentos no mesmo viveiro. No entanto, as condições de cultivo de raiz nua ou em contentor são um critério básico de classificação das plantas florestais.

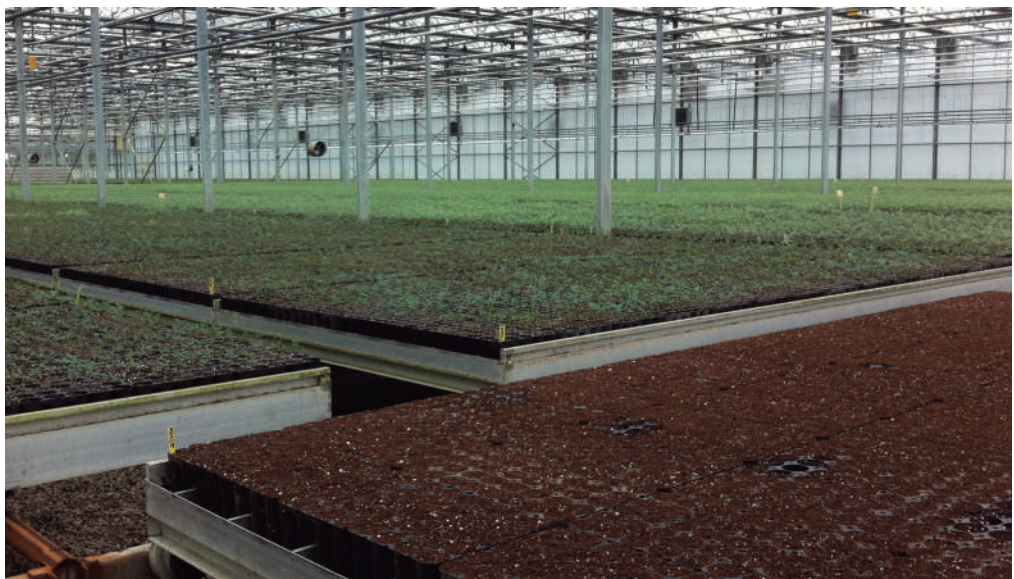
Em Portugal Continental, a produção de plantas é maioritariamente, ou quase exclusivamente, feita em contentores, uma vez que este processo não só permite uma

produção mais intensiva, em que a produção de plantas é realizada num período de tempo mais curto, mas também reduz o choque de transplantação, pois as raízes estão protegidas por um torrão de substrato, havendo por isso menos danos diretos no sistema radicular.

Tradicionalmente, a produção de plantas nos viveiros florestais era realizada ao ar livre (Figura 4.4, em cima), no entanto, nas últimas duas décadas a propagação de Materiais Florestais de Reprodução (MFR) proveniente de programas de melhoramento genético, de origem seminal ou clonal, vulgarizou o recurso a estufas que foram evoluindo tecnologicamente, de tal modo que, atualmente, os sistemas de controlo de temperatura e humidade são totalmente automatizados e ajustados às condições do exterior (Figura 4.4, em baixo). Assim, os viveiros têm evoluído da sua forma mais artesanal para uma forma mais industrial, acompanhando o desenvolvimento e evolução

FIGURA 4.4

Pinheiros de raiz nua, produzidos ao ar livre num canteiro sujeito às condições ambientais do local num viveiro na Galiza (em cima) e plantas produzidas em contentor numa estufa com ambiente controlado nos Viveiros do Furadouro (Óbidos, Portugal) (em baixo).



dos pressupostos da produção de plantas florestais. Para esta evolução contribuíram diversos fatores:

- a **escassez de mão-de-obra** no sector primário;
- a **grande evolução das técnicas de produção** de plantas (por ex. fertirrigação, controlo das condições ambientais em estufa, evolução dos substratos), cuja implementação, devido aos custos, obriga a investimentos que pressupõem a produção em larga escala, nomeadamente com a produção de plantas a ser feita em contentores. Consequentemente, a dimensão dos atuais viveiros contrasta com a dos antigos viveiros, que estavam localizados próximos das frentes de arborização devido a limitações associadas ao transporte das plantas;
- a **logística de transporte** que foi facilitada não só pela renovação e ampliação da estrutura viária, mas também pela evolução técnica dos meios de transporte;
- o investimento no **melhoramento florestal**, pedra basilar duma silvicultura moderna, apenas compatível com uma produção em grande escala.

Mais adiante, ao abordarmos o tema da qualidade das plantas florestais, iremos constatar que uma causa comum da perda de qualidade é o crescimento excessivo das plantas num contentor de volume limitado, implicando a destruição de lotes de plantas com consequentes prejuízos económicos. Assim, independentemente das técnicas de produção utilizadas, a qualidade das plantas produzidas é limitada temporalmente, devendo o viveirista associar o planeamento da produção à organização e coordenação das operações culturais¹ no viveiro e aos objetivos da plantação, de modo a baixar os custos unitários, sem diminuir a qualidade do material produzido (Figura 4.5).

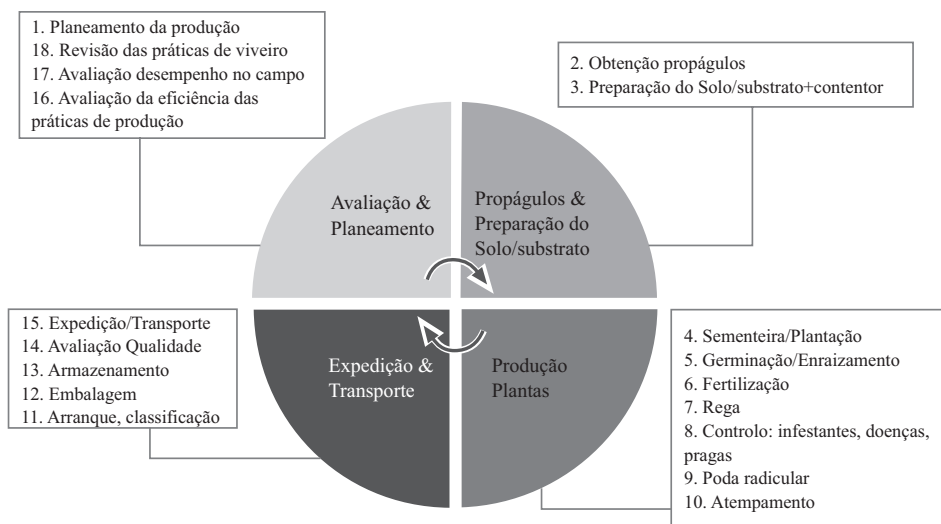


FIGURA 4.5
Organização do ciclo de produção de plantas em viveiro em quatro fases com as etapas de cada fase apresentadas sequencialmente (Adaptada de Colombo, 2001).

A produção de uma espécie ou grupo de espécies afins, segue um modelo pré-definido que integra várias fases, a cada uma das quais estão associadas características morfológicas que traduzem o desenvolvimento e o estado fisiológico das plantas (Landis, 1995). Estas características são incluídas numa calendarização ou planificação geral da produção, que numa versão mais simples, será um esquema com as condições que terão que ser mantidas e das operações que têm que ser realizadas no viveiro, desde a

sementeira até à saída da planta (Brissette *et al.*, 1991). O período de produção integra diferentes fases de desenvolvimento da planta em viveiro, que normalmente se restringe a três: fase de germinação e/ou estabelecimento, fase de crescimento ativo (ou rápido) e fase de atempamento de preparação para a plantação.

4.2.2 Localização

A escolha do local para instalação de um viveiro, para além da análise de mercado, deve obedecer a condições diversas, em que se procuram conjugar o maior número de condições favoráveis à produção de plantas e à gestão deste processo, tais como:

- **condições climáticas propícias à produção vegetal:** são de evitar os locais em que a ocorrência de fenómenos meteorológicos como as geadas (duração e intensidade), nevoeiros e grandes amplitudes térmicas são frequentes, embora por vezes parte do ciclo de produção se realize em ambiente com condições controladas (temperatura e humidade);
- **localização e acessibilidade:** tratando-se de uma atividade integrada, a localização terá que estar relacionada com o mercado que pretende satisfazer, apesar deste fator estar fortemente diluído com a evolução do transporte de plantas em contentor; considerando a expedição das plantas, as acessibilidades devem permitir o acesso de veículos com grandes dimensões, i.e., compatível com as maiores dimensões de transporte deste tipo de material na Europa;
- **disponibilidade de mão-de-obra:** embora os trabalhos sejam cada vez mais mecanizados e a mão-de-obra mais reduzida e especializada, é sempre de vital importância estar na proximidade de centros populacionais, para efeito de recrutamento de pessoal e de apoio logístico às atividades do viveiro;
- **energia elétrica e água:** sendo uma atividade de grande consumo destes recursos, a sua disponibilidade é essencial; a possibilidade de dispor duma fonte de água em abundância, facilmente utilizável e de qualidade adequada, pode considerar-se uma das primeiras condições de escolha do local de um viveiro, já que nas nossas condições climáticas, o recurso à rega é imperioso, independentemente dos sistemas de rega a utilizar. A eventual falta de água num viveiro, particularmente no período de desenvolvimento das plantas, pode ser causa de insucesso total das sementeiras ou plantações, sendo este facto crítico nas regiões sujeitas a mais forte influência mediterrânica, em que a precipitação é irregular e tende a ter períodos mais frequentes e longos de seca (Pereira *et al.*, 2006). A utilização na rega de uma água com boas propriedades, é um requisito essencial na produção de plantas de boa qualidade, pelo uso constante e regular das regas e a permanência das plantas no mesmo local. Os principais parâmetros a considerar na qualidade da água são a salinidade, o pH, a dureza e a presença de macronutrientes e de micronutrientes, afetando diretamente estes parâmetros o crescimento das plantas – criando toxicidade (provocada por Na⁺, Cl⁻, Boro e metais pesados) e deficiências – ou indiretamente – alterando a disponibilidade de outros nutrientes para as plantas. A avaliação da água da rega deve sempre incluir os testes de pH e de alcalinidade: um teste de pH por si só não é uma

indicação de alcalinidade – água com alcalinidade elevada (isto é, níveis elevados de bicarbonatos ou carbonatos), muitas vezes tem um valor de 7 ou superior, mas água com pH elevado nem sempre tem elevada alcalinidade (importante porque a elevada alcalinidade exerce efeitos significativos sobre a fertilidade do substrato e a nutrição das plantas); deve também ter-se em consideração a facilidade de acesso à água, sendo de preferir as situações de nascentes de água corrente;

- **tecnologias de comunicação:** o acesso a redes telefônicas e internet são indispensáveis para permitir dispor da informação no momento; é atualmente fundamental para viabilizar não só os processos de produção, bem como a coordenação comercial e logística.

No que se refere à **localização em altitude**, admite-se como preferível uma situação de altitude intermédia, capaz de disponibilizar as plantas adequadas para as situações de altas e baixas altitudes das zonas a arborizar. Naturalmente, são contraindicadas as localizações em cotas muito elevadas, em consequência dos curtos períodos de crescimento vegetativo aí verificados, sendo de evitar as deslocções de plantas entre regiões muito diversas, em especial no que se refere à duração e data de início e fim dos períodos de crescimento vegetativo, pela suscetibilidade às geadas.

No que se refere à **situação topográfica** do local, geralmente, procuram-se áreas de encosta, com inclinação moderada, de modo a evitar grandes movimentações de terra para os nivelamentos. Convém que as áreas úteis de viveiro tenham declives moderados de 1 a 2%, sendo necessário construir terraços quando a inclinação do terreno é superior a 5%. A localização no fundo dos vales corresponde, quase sempre, a uma maior garantia de abastecimento de água, solos de maior profundidade e mais planos, embora tal situação seja também maioritariamente acompanhada por elevados riscos de danos provocados pelas neves e geadas tardias, e pela permanência de nevoeiros mais demorada, de cuja humidade e frio resultam prejuízos nas fases iniciais de vida das plantas.

Nas últimas décadas tem sido notório o aquecimento da atmosfera atribuível às alterações climáticas, sendo normal que a planificação das rearborizações seja afetada e a localização dos viveiros condicionada. Também, a ocorrência de invernos e primaveras mais quentes, irão ter influência na fenologia (datas de abrolhamento e frutificação), podendo levar a uma “subida” em altitude dos genótipos agora típicos de cotas mais baixas.

Quanto à **exposição**, e no que se refere ao Hemisfério Norte, são sempre contraindicadas as exposições marcadamente a Sul, em que há a temer a excessiva insolação, especialmente nos climas quentes e secos. Algo semelhante acontece com a exposição a Nascente, na medida em que são de recluir os danos provocados pelas geadas. Nos climas mais quentes, são preferíveis as exposições Norte e Nordeste, rodando até Sudoeste nos climas e situações mais frias.

4.2.3 Aspectos particulares de viveiros de raiz nua

Para além das considerações gerais acima referidas quanto à localização, as especificidades de um viveiro de raiz nua resultam basicamente da sua maior dependência dos fatores ambientais, particularmente do solo. O **tipo de solo** é um fator prioritário a atender neste tipo de viveiros e, regra geral, são de preferir os solos fundos e leves franco-arenosos, por poderem ser trabalhados durante quase todo o ano. Devem ser evitados os solos de textura arenosa, por terem fraca capacidade de retenção de água e nutrientes, e os solos argilosos pela dificuldade em serem trabalhados no Inverno, pelas limitações criadas ao desenvolvimento radicular, por serem pouco permeáveis e fendilharem na época seca podendo “descalçar” as plantas. Quanto à **reação do solo**, o intervalo mais adequado situa-se entre os 4,5 e 5,5 (Hierro, 2000). Os solos com pH básico e neutro favorecem o desenvolvimento de fungos causadores do damping-off e dificultam a micorrização, e os solos calcários devem ser sempre rejeitados.

Quanto à **fertilidade**, as situações intermédias são as mais indicadas. Embora, os solos mais férteis possam garantir maior possibilidade de produção de plantas bem desenvolvidas, podem induzir conformações de raizame contraindicadas e demasiado superficiais, aumentando as dificuldades de transplantação e levando ao insucesso das plantações. Por outro lado, a fertilidade pode ser aumentada artificialmente, através de adubações.

Mais importante que uma elevada fertilidade são as **propriedades físicas** como a textura, boa profundidade e reação do solo. As propriedades mais vantajosas de um solo para viveiro são uma profundidade razoável, 70 cm a 1 m com subsolo permeável e uma certa frescura natural, reduzida pedregosidade e razoável presença de matéria orgânica. Os terrenos agrícolas satisfazem as condições acima referidas, no entanto, terrenos de horta ou de prado, muito férteis, com elevadas percentagens de matéria orgânica, por vezes muito ácidos, e com microrganismos portadores de doenças, são geralmente contraindicados.

A elevada utilização de mão-de-obra e a natureza do trabalho desenvolvido nos viveiros de raiz nua de pequena dimensão, em que as operações culturais são realizadas manualmente, explica a tendência observada nas últimas décadas de uma drástica redução do número destes viveiros e a manutenção apenas daqueles em que a sua dimensão permite a mecanização. Assim, o terreno deve permitir a utilização de maquinaria, normalmente constituída por tratores agrícolas de tração às quatro rodas, com tomadas de força múltiplas, com capacidade para acoplar diversas alfaias específicas, como fresas, charruas e grades de discos, amontoadores, semeadores, plantadores, fertilizadores e pulverizadores, entre outros. Regra geral, estes viveiros de raiz nua mecanizados têm proporcionalmente menos custos e empregam menos mão-de-obra em consequência da mecanização das operações culturais, no entanto necessitam de uma área de cultura superior, sendo vulgar haver uma área de produção de plantas envasadas nestes viveiros.

4.2.4 Estrutura funcional

Os viveiros tendem a ter contornos retilíneos o que facilita a sua organização e respetiva mecanização. Nos viveiros de raiz nua, no dimensionamento dos canteiros, é conveniente um comprimento de terra lavrada superior a 150 metros, de forma a reduzir os tempos mortos dos tratores ou das alfaías em geral. A distribuição e arranjo das partes constituintes de um viveiro variam muito em número e em tipo, consoante os objetivos específicos de cada viveiro. De uma forma geral, a produção de plantas num viveiro permanente envolve, basicamente, a existência de:

- a) **infraestruturas** que incluam escritório, instalações para os funcionários, armazéns para recolha de maquinaria e material de exploração do viveiro ou para recolha e conservação de sementes, ou de acondicionamento e embalagem de plantas;
- b) uma **rede de caminhos**, que permita o acesso a tratores e reboques, e de arruamentos de acesso, de maquinaria e pessoal, às diversas partes do viveiro;
- c) **sistema de rega**, como tanques, equipamentos de fertirrigação, canalizações, aspersores e sistemas de controle;
- d) **compartimentação** das várias áreas do viveiro, para proteção de ventos por meio de cortinas de abrigo de sebes vivas ou mortas.

Para além da área ocupada pelas infraestruturas do viveiro, deve haver uma **área cultivada** ou **útil**, a área de produção de plantas propriamente dita, distinguindo-se facilmente da anterior pelo carácter temporário da sua ocupação. A área das infraestruturas atinge frequentemente 25 a 30% da área total.

Na compartimentação, deve ser incluída uma vedação exterior de proteção contra os ventos e de forma a evitar a entrada de animais. Para a formação das cortinas de abrigos – *windbreaks* ingl. – recorre-se frequentemente aos vários *Cupressus*, *Chamaecyparis*, *Casuarina*, *Thuja*, *Populus*; para sebes – *hedge fence* ingl. – de vedação ou divisão interna, são utilizados *Cupressus*, como o *C. lusitanica*, mas também *Myoporum*, *Viburnum* e *Crataegus*. Para isolar o viveiro da penetração do raizame das árvores vizinhas, da invasão de águas e de animais, é também importante a construção duma vala com 50 - 60 cm em todo o seu redor.

No que diz respeito ao arranjo funcional da área útil do viveiro, i.e., da área destinada à produção de plantas, são de salientar diversas áreas-componentes:

- a) **seminário** – *seedbeds* ingl.; *semillero* cast. – conjunto dos talhões e canteiros onde se realizam as sementeiras; zonas onde se fazem as sementeiras de espécies muito sensíveis ou de semente muito pequena;
- b) **plantório** – *transplants beds* ingl.; *criadeiro* cast. – conjunto de talhões e canteiros para onde se transportam e instalam as plantas obtidas no seminário, geralmente com um ano de idade;
- c) **plantório de barbados** – plantório de plantas já desenvolvidas para instalar em terreno definitivo, a que por vezes se atribui, não muito corretamente, a designação de **arboreto**;
- d) **área de pousio** – *superfície de descanso* cast. – área para aplicação de tratamentos sanitários, fertilizações e corretivos no cultivo de plantas de raiz nua; corresponde frequentemente a 1/3 ou 1/4 da superfície útil do plantório, dependendo do número de anos das plantas em cultivo; a fim de evitar a sua infestação por ervas

2 Solarização é um método de desinfecção do solo que utiliza a energia solar (aquece o solo a temperaturas entre os 35-55°C), em que o solo é previamente molhado para garantir o aquecimento em profundidade. Comparada com os métodos de desinfecção tradicionais, tem custos menores, é de fácil aplicação, não tem riscos para o aplicador e não prejudica o ambiente.

3 Clone - indivíduos geneticamente idênticos propagados vegetativamente.

daninhas nestas áreas, são por vezes aplicados tratamentos térmicos² por meio de cobertura com polietileno transparente (plástico);

e) estufas – *greenhouses* ingl.; *serre* fr.; *invernaderos* cast. – permitem o controlo das condições climáticas e, por vezes, estão disponíveis para a primeira fase de produção das plantas, quer de raiz nua (seminário), quer de produção em contentor;

f) estufas para fins específicos – alguns viveiros dispõem de estufas para a produção de clones³ que devem possuir requisitos específicos (bancadas aquecidas, sistemas de rega por nebulização, entre outros);

g) áreas cobertas para enraizamento e atempamento.

As dimensões relativas de cada uma das partes estão, obviamente, dependentes dos objetivos específicos de cada viveiro, particularmente das quantidades de plantas a produzir, bem como do tempo que as plantas ficam em viveiro. As áreas-componentes mais comuns de um viveiro de raiz nua são o **seminário** e o **plantório**.

A área do viveiro é compartimentada por uma **rede viária**, constituída por:

- **caminhos principais** – *camino principales* cast. – implantados ao longo de toda a área do viveiro, com largura de 3 a 5 metros e dividem-no internamente em **talhões** – *cuarteles* cast.; um talhão corresponde ao conjunto da superfície dedicada à cultura de uma espécie e/ou uma técnica de cultivo;
- **caminhos secundários** – *camino secundarios* cast. – têm 2 a 3 metros de largura, são utilizados na circulação e manobras de tratores e alfaia e podem dividir os talhões em terraços – *bancas* cast.;
- **carreiros ou passeios** – *pathways* ingl.; *sendas* cast.; – com uma largura inferior a 1 metro, normalmente 45 cm, dividem os talhões em **canteiros** – *bed* ingl.; *eras* cast. –, unidades elementares do viveiro, que podem assumir dimensões muito diversas, em especial no seu comprimento; dentro de um talhão, os canteiros correspondem à superfície dedicada ao cultivo de uma única espécie, com um determinado método de cultivo e com uma única idade; pelos carreiros está previsto, no caso dos viveiros de raiz nua, circularem as rodas de tratores, pelo que a distância entre eles é igual à bitola de tratores.

A orientação dos canteiros, segundo o seu maior lado, deve ser Este-Oeste para defesa contra o excesso de radiação da época estival. Devem ser considerados dois tipos básicos de canteiros quanto a **armação de terreno**: os **canteiros sobrelevados** e os **canteiros rebaixados**, isto é, aqueles em que o nível da terra no canteiro se eleva acima do nível geral do solo do viveiro (nível dos passeios) e aqueles que, pelo contrário, estão abaixo desse nível. Encontram-se vantagens nos canteiros **sobrelevados** para os climas húmidos, onde se verifique o perigo de encharcamento e o solo for mais compacto, e a elevação será de 10 a 15 cm. Por outro lado, para os climas secos e quentes, principalmente em solos mais ligeiros, há vantagem nos canteiros **rebaixados** (rebaixamento faz-se também em 10 ou 15 cm), permitindo uma maior conservação de humidade e até facilitando a adoção de processos de rega por escoamento.

4.3 PROPAGAÇÃO SEMINAL

Geralmente, porque cada viveiro desenvolve um sistema de produção próprio resultante da sua experiência, encontram-se diferenças consideráveis entre viveiros nos modelos de produção adotados para uma mesma espécie. No entanto, embora cada viveiro tenha as suas particularidades próprias, é necessário que os distintos modelos de produção converjam para um produto final relativamente uniforme e com as exigências de qualidade da planta de acordo com um determinado objetivo. Para isso, o viveirista deve conhecer para cada espécie quais as influências que as distintas variáveis de produção têm sobre o desenvolvimento das plantas e na sua qualidade final.

4 (n+p) representa o número de anos da planta no seminário (n) e no plantório (p).

4.3.1 Produção de plantas de raiz nua

A preparação dos canteiros de seminário e a técnica cultural aí adotada, é uma parte fundamental de qualquer sistema de produção de plantas, quer se trate de obter diretamente plantas de semente para imediata colocação em local definitivo – plantas (n+0) – quer se trate da obtenção de plantas para transplantação – plantas (n+p)⁴.

Assim, é necessário analisar sucessivamente os seguintes aspetos:

1. preparação dos canteiros (“cama” das sementes);
2. época de sementeira;
3. métodos de sementeira (quantidade de semente e profundidade da sementeira);
4. tratamentos culturais (mondas, mobilizações, regas e fertilizações);
5. transplantações;
6. arranque, armazenamento e transporte final.

1. Preparação dos canteiros

Deve distinguir-se entre operações de preparação de canteiros na **instalação** inicial do viveiro e operações correntes e periódicas de preparação de canteiros na **atividade anual**. Relativamente ao primeiro caso, convém não esquecer todos os trabalhos necessários que devem ser realizados previamente:

- terraplanagem com surribo de todo o terreno a 50-60 cm de profundidade, seguida de uma lavoura cruzada; no caso de não se realizar terraplanagem, uma subsolagem seguida de uma lavoura a 40-60 cm;
- drenagem do terreno, se necessário, com recurso à abertura de **valas cegas** – valas com larguras médias de 50 cm e profundidade variável dum mínimo de 60 cm a um máximo coadunável com o movimento lateral da água, – ou a um sistema de **drenos** no fundo de valas, dispostos segundo arranjos e densidades várias, conforme as condições locais;
- despedrega, correção orgânica e mobilização cuidada, de modo a garantir a espessura suficiente do solo a cultivar.

Estas operações de **instalação** devem anteceder as primeiras sementeiras, em cerca de um ano. As mobilizações e correções (calagem, matéria orgânica e nutrientes) deverão ser efetuadas no outono e antes das primeiras chuvas, realizando-se uma lavoura superficial de 10-15 cm, que vai facilitar uma posterior mobilização profunda com

correção orgânica, a ser realizada já na época das chuvas. Tal como já referido, as sementeiras devem ser realizadas só a partir do outono seguinte.

A **preparação corrente anual** dos canteiros, iniciada por adubação orgânica, lavoura e gradagem, vai consistir, fundamentalmente, na sua armação, mobilização superficial e rolagem. A lavoura é geralmente feita à charrua no final do inverno, início da primavera, desde que o solo esteja seco, seguindo-se a gradagem e a armação dos canteiros. A rolagem mecânica é feita ou não consoante a textura do solo.

Mais que a restituição dos nutrientes em défice, a correção orgânica tem como objetivo a recuperação do teor em matéria orgânica que as mobilizações do solo e a extração das plantas tendem a reduzir. Teores elevados de matéria orgânica podem favorecer a ocorrência de *damping-off* (Hierro, 2000), e valores entre os 2-4% são convenientes para:

- a) assegurar uma boa estrutura do solo;
- b) manter um complexo argilo-húmico capaz de fixar os nutrientes fornecidos pelos adubos químicos;
- c) favorecer os processos de micorrização.

O estado nutricional afeta os processos fisiológicos das plantas, tais como a regulação do crescimento, o fluxo de energia, e a síntese de moléculas orgânicas complexas que compõem as plantas. A fertilização, ao regular o crescimento e o equilíbrio da proporção parte aérea /raízes, vai influenciar, em última análise, a morfologia da planta final. Assim, as adubações minerais realizadas anualmente para compensar as extrações de nutrientes do solo, devem ser equilibradas para que o desenvolvimento das plantas seja proporcionado e para que o seu estado fisiológico seja tal que permita uma maior probabilidade de sucesso na plantação. A adubação mineral não deve modificar a reação do solo, e as quantidades a fornecer devem ser avaliadas caso a caso, dependendo do tipo de adubo e das análises ao solo.

2. Época de sementeira

As duas épocas habituais de sementeira são a de **outono** (outubro/novembro) e a de **primavera** (março/abril), existindo vários fatores, gerais e locais, que irão influenciar as decisões. Os fatores locais estão, principalmente, associados às características do clima da zona, os quais favorecerão umas vezes as sementeiras outonais, outras vezes, as primaveris. Assim:

- nos climas mais quentes e secos, a **sementeira outonal** é preferível, desde que possível, o que permitirá antecipar a obtenção das plantas das espécies de crescimento mais rápido, e realizar a sua instalação em local definitivo, antes da época de carências hídricas;
- nos climas frios e húmidos, onde há a temer grandes perdas na época invernal, opta-se, mais frequentemente, pela **sementeira primaveril**, embora nalguns casos seja possível atenuar os riscos dessas quebras, utilizando sistemas de proteção, evitando a utilização de terrenos muito encharcados e recorrendo a meios de luta contra o ataque de roedores.

3. Métodos de sementeira

Os métodos de sementeira diferem entre si pela:

- quantidade de semente a empregar;
- forma de distribuição das sementes;
- profundidade da sementeira.

A **quantidade de semente** a empregar, para além de depender da espécie, está muito ligada ao valor cultural (vc) dos lotes de semente. Assim, se se pretender semear a área A da espécie x (Ax), a uma densidade dx de plantas desejada por m², possuindo o lote de sementes a utilizar N sementes puras por kg, com valor cultural vc, a quantidade de semente Q será dada por:

$$Q = (Ax. \times dx) / (N \times vc \times p)$$

sendo p, uma percentagem ligada às diferenças de condições de germinação, i.e., uma estimativa da taxa de sobrevivência.

Devem ser considerados três métodos básicos de distribuição das **sementes**:

- a) sementeira a **lanço**;
- b) sementeira **em linhas**;
- c) sementeira em **faixas**;

Na sementeira a **lanço** – *broadcast sowing* ingl.; *siembras en lleno o a voleo* cast.– é feita a distribuição das sementes de uma forma homogênea por toda a superfície e, regra geral, é utilizada apenas para as sementes de muito pequena dimensão, como *Larix*, videoeiro e ulmeiro. Nos viveiros mecanizados são utilizados **semeadores de precisão**, onde as sementes são misturadas com um “meio artificial” para controlo da densidade inicial das plantas. Quando realizada manualmente ou com auxílio de vários tipos de crivos, dá origem a mais elevadas densidades de plantas nascidas, o que além de maior gasto em sementes, exige também trabalhos suplementares de sachas, monda e de repicagem.

A sementeira em **linhas** – *sowing in lines* ingl. – aplica-se de uma forma mais generalizada ou num maior número de situações, e executa-se com o auxílio de vários tipos de pranchas, tábuas, ou de cordas, utilizadas como indicadores ou traçadores dos sulcos da sementeira. Recorrer a este tipo de sementeira implica um menor gasto em sementes, uma melhor distribuição e evita uma sobrecarga nas intervenções posteriores. A regra é: linhas orientadas perpendicularmente aos passeios, se a sementeira for manual; com orientação paralela, se for mecânica, distanciadas entre 10 a 20 cm (10-15 cm, para as coníferas e 15-20 cm, para as folhosas).

Na sementeira em **faixas**, as sementes são distribuídas regularmente no fundo dum sulco mais largo, aberto com sacho ou enxada. As faixas são geralmente traçadas tal como se fez para a sementeira em linhas com 5-10 cm de largura.

A **profundidade da sementeira**, associada às dimensões das sementes (1,5 a 2 vezes a sua maior dimensão) e normalmente entre 0,5 e 5 cm, é controlada pelas barras das semeadoras. Assim, podem ser atingidas profundidades de 4 a 6 cm, para as nogueiras e castanheiros, cerca de 3 cm para os carvalhos (incluindo sobreiro, azinheira e para a faia), de 2 cm para o pinheiro manso, cedros, bétula, alfarrobeira, freixo, de 1 cm para a maioria dos pinheiros, e géneros *Larix*, *Pseudotsuga*, *Thuja*, *Cupressus* e *Chamaecyparis*,

e de 0,5 cm ou menos para o *Pinus silvestris* e para eucaliptos, ulmeiros e ácer. Nas sementes muito pequenas, após uma ligeira cobertura feita de preferência com uma mistura de areia e terra vegetal deixando uma camada uniforme de igual espessura sobre as sementes, é feita nova cobertura com um material que evite o arrastamento das sementes com a água de rega. Em alguns casos, poderá haver vantagem em comprimir o terreno para evitar o seu levantamento com o vento, o que pode ser feito com auxílio de rolo apropriado.

4. Tratamentos culturais

Para a obtenção duma elevada percentagem de plantas viáveis é importante realizar tratamentos antes da germinação e após a germinação, no estado de plântula ou de pequena planta:

Tratamentos antes da germinação

Deve distinguir-se estes tratamentos culturais a realizar antes da germinação dos tratamentos prévios à germinação (ligados aos diferentes tipos de dormências das sementes) que foram tratados no ponto 3.6 do capítulo 3. Estes tratamentos devem ser realizados logo após a sementeira, para proteger as sementes dos roedores, das aves e para evitar a dessecação da cama da semente. A defesa contra os **roedores** é feita de modo direto através da sua eliminação com iscos envenenados e ratoeiras, e contra as **aves**, a defesa é feita cobrindo os canteiros do seminário com uma armação com rede que proteja as plantas depois da germinação, altura em que são particularmente suscetíveis. O emprego de uma cobertura diminuirá a **dessecação**, evitando o endurecimento da camada de terra superior que dificulta a germinação. Em caso de seca, será necessário regar evitando, no entanto, que a compressão das gotas de água tenha o inconveniente de «calcar» a terra, criando uma crosta que dificulta a emergência da plântula.

Cuidados após a germinação

Relativamente aos cuidados após a germinação, destacam-se:

A. Proteção contra os animais

São principalmente de temer os ataques dos insetos, das toupeiras, dos caracóis e lesmas, estes últimos particularmente abundantes no tempo húmido, podendo destruir as jovens plantas devorando a sua parte aérea. Os ataques de pragas de insetos têm de ser combatidos com inseticidas apropriados, de acordo com as pragas em presença. São ainda de assinalar as toupeiras, que podem causar a morte das plantas se cavarem galeiras debaixo dos canteiros, descalçando as raízes, devendo usar-se armadilhas especiais para o seu combate.

B. Proteção contra o sol e a secura

Consoante as espécies em produção e a localização do viveiro, teremos que pensar na proteção das plantas dos golpes do sol, da luminosidade muito intensa e da dessecação, através de coberturas de redes selecionadas consoante o grau de ensombramento pretendido. O ensombramento tem ainda, em climas como os da região sul do nosso país, a vantagem de evitar a dessecação do solo, aspeto particularmente importante uma

vez que as regas em tempo quente deverão ter carácter excecional, sobretudo quando há riscos de *damping off*.

C. Proteção contra as geadas

Apesar de não darem uma proteção completa, coberturas de diversos tipos são usadas em certas regiões para protegerem as plantas das geadas primaveris e outonais. Deverá considerar-se esta proteção nos seguintes casos:

- quando o verão tiver sido muito húmido e quente, tendo-se verificado lançamentos tardios, não atempados na altura do começo das geadas outonais;
- em espécies cujos lançamentos anuais começam muito cedo, o caso do freixo, por exemplo, e em regiões em que haja o perigo de geadas primaveris precoces;
- solos muito húmidos e pesados (argilosos), onde em princípio não se devem localizar viveiros, o uso de abrigos, serve para proteger o solo das ações alternadas de congelação e degelo, com o consequente descalçamento das raízes (*frost-lift*), e das geadas fortes.

D. Mondas

Por mondas entendemos a eliminação de plântulas de espécies não desejadas – *weed* ingl.; *mauvaise herbe* fr.; *mala hierba* cast. – ou de plantas herbáceas espontâneas, com o objetivo de diminuir a concorrência destas com as plântulas da espécie que importa manter. De facto, é sempre de esperar a presença no solo de sementes de plantas estranhas e, portanto, o seu inconveniente aparecimento. Torna-se indispensável proceder a mondas, normalmente nas primeiras semanas após a germinação, enquanto as plântulas não entram em verdadeira competição pelo espaço e nutrientes e, no caso das ervas espontâneas, com o intuito de evitar que alguma vez cheguem a estado de produção de semente. Por vezes aproveita-se a oportunidade de uma monda para executar um “desbaste”, visando reduzir uma densidade excessiva de plantas (caso frequente na sementeira a lanço). A monda pode ser:

- **manual:** permite um trabalho perfeito tendo, no entanto, o inconveniente de exigir muita mão-de-obra, tornando a operação muito dispendiosa; à monda manual associa-se por vezes uma certa mobilização quando não se procede ao arranque puro e simples das plantas, por se recorrer a alfaias próprias (sachos, por exemplo, que realizam simultaneamente as duas operações);
- **mecânica:** pode ser executada se as condições dos canteiros e do viveiro o permitirem (sementeira em linhas);
- **química:** é sem dúvida a mais barata, tendendo a ser a mais utilizada; no entanto, a vasta gama de produtos no mercado requer técnicas especializadas e a distinção do momento da aplicação, isto é, se se trata de um tratamento **pré-emergência** (em que é possível usar herbicidas não seletivos) ou **pós-emergência**.

E. Mobilizações

No caso dos solos compactos poderá haver necessidade de mobilizações superficiais (sachas), caso o método de sementeira as permita (sementeira em linhas). De referir que, geralmente, as mobilizações pressupõem mondas.

F. Regas

O objetivo da rega é manter a humidade no solo, de forma a permitir a atividade vegetativa e o normal desenvolvimento das plantas que estamos a cultivar. Após a sementeira, a rega é necessária para manter uma humidade constante nos primeiros centímetros de solo, para que a semente germine, e de forma a evitar a formação de uma crosta por dessecação superficial. Um clima mediterrânico seco pressupõe normalmente duas regas curtas por dia. Após a emergência da plântula, estas regas podem ser espaçadas, e o controle da humidade do solo, entre os 12 e os 15 cm, pode ser feito através de higrómetros colocados nos canteiros. A frequência e a quantidade de água a empregar dependem fundamentalmente das características inerentes a cada espécie, da sua fase de desenvolvimento e densidade, bem como das condições meteorológicas e da capacidade de retenção do solo para a água. A título de indicação, pois é do senso comum, as regas devem ser feitas de manhã cedo ou ao entardecer, para reduzir ao mínimo as perdas de água durante a operação e depois dela, não sendo de excluir até as regas noturnas. O problema da rega é, portanto, um assunto a planear de acordo com o viveiro, sendo a sua prática diária decorrente das características deste e das condições da região em que ele está integrado.

A quantidade de água necessária é também função do método de rega empregue. O uso das regas por aspersão, difusão e gota a gota, a escolher de acordo com o caso concreto, são cada vez mais vulgares devido à economia de gastos que permitem. É também muito frequente a utilização de *pivots* móveis com programação de tempos e volume de água. Outras formas de regas superficiais (por submersão e por infiltração), subterrâneas e por condutas porosas (por exemplo, tubos de lona porosa) caíram em desuso devido ao elevado consumo de água.

Atualmente, a maioria dos viveiros florestais dispõe de um sistema de rega automatizado, no entanto, a complexidade desta infraestrutura varia com a sua dimensão e objetivos. Em muitos deles, o sistema engloba a rega e a fertilização, que podem ser programadas e geridas à distância através de meios informáticos.

Como referido anteriormente, a qualidade da água é importante, já que águas calcárias podem a longo prazo provocar o aumento do pH do solo com as consequentes cloroses, especialmente importante no caso das resinosas.

G. Poda de raízes

Na poda das raízes – *wrenching* ingl. – é seccionada a raiz principal, com lâminas que penetram no solo (Figura 4.6), mas também as raízes laterais, particularmente nas espécies com raizame de tipo profundante – *taproots* ingl. –, com o objetivo de estimular o crescimento das raízes secundárias ou laterais e, consequentemente, um aumento da biomassa radicular num volume menor. Com esta operação provoca-se um atraso no crescimento em altura da parte aérea e estimula-se o crescimento do sistema radical. Desta forma, é conseguida uma melhor proporção entre a parte aérea e o sistema radicular tendo em vista o transplante, permitindo que a planta permaneça mais tempo no viveiro com espaçamentos reduzidos. Esta operação é também realizada previamente à transplantação no viveiro para o local definitivo, eventualmente para armazenamento em câmaras frigoríficas.



FIGURA 4.6
A poda radicular mecânica num viveiro de raiz nua: visão geral (à esquerda); pormenor (à direita).

Quando a poda radicular é realizada numa época mais tardia (final do inverno, início da primavera), a redução do crescimento em altura da parte aérea é mais acentuada, ao contrário do que acontece numa aplicação temporã (final do outono, princípio do inverno). No caso das coníferas opta-se por uma poda radicular tardia, uma vez que o crescimento em altura é máximo no início da estação de crescimento enquanto o crescimento radicular ocorre numa fase posterior. Pelo contrário, as folhosas tendem a apresentar um crescimento em altura reduzido na primeira fase e concentram o crescimento radicular no final do inverno - início da primavera, pelo que é mais conveniente uma poda radicular no cedo.

A **profundidade** a que o corte é executado é muito importante, porque quando for demasiado reduzida pode causar a morte das plantas, e não terá nenhum efeito se for realizada demasiadamente fundo. Para determinar a profundidade mais adequada é conveniente avaliar, através de uma amostragem, o desenvolvimento radicular das plantas. Para a maioria das coníferas a profundidade mais adequada é de 10 a 15 cm (Hierro, 2000).

O corte da raiz principal é realizado, usualmente, recorrendo a uma alfaia, acoplada a um trator, com uma lâmina horizontal que penetra no solo a uma profundidade regulável através de controlo hidráulico (Figura 4.6). Se o plano da lâmina está inclinado relativamente ao solo, a sua passagem provoca um ligeiro levantamento das plantas que causa uma poda das raízes laterais, facilitando a operação de transplantação. Em espécies de crescimento rápido, quando se pretende limitar o desenvolvimento lateral do sistema radicular, a alfaia dispõe de discos verticais afiados. A poda manual de raízes é utilizada apenas em viveiros de pequena dimensão, e tem menor precisão e menor rendimento que a poda mecanizada. Em qualquer dos casos, deve ser seguida de uma rega para assegurar o contacto das raízes com o terreno, evitando a morte das plantas devido à formação de bolsas de ar.

5. Transplantações

As **transplantações** – deslocação de plantinhas muito jovens ou plantas já desenvolvidas, pelas implicações fisiológicas que envolvem e as suas consequências – são operações fundamentais nos viveiros de produção de plantas por raiz nua. O sucesso da transplantação depende do estado fisiológico da planta, devendo esta estar em repouso vegetativo. Assim, a sincronização desta operação com o estado fenológico apropriado das plantas está dependente da origem geográfica dos MFR. Realizam-se transplanta-

ções, de um local para outro, em três casos principais:

- transplantação de plântulas com alguns meses após a germinação, geralmente designado de **repicagem** – *transplantating* ingl.; *transplante* cast.;
- transplantação de plantas de 1 ou mais anos do seminário para o plantório;
- transplantação de plantas de semente – *seedling* ingl. – ou de plantas de plantório – *transplants* ingl. – para o local definitivo.

Neste contexto, a designação “plantas de 1 ano” refere-se, usualmente, a plantas que são mantidas um período vegetativo no mesmo local, podendo referir casos distintos como: plantas resultantes de sementeira de primavera e alvo de arranque no outono seguinte (0,5 anos no mesmo local); plantas de sementeira de primavera e arranque na primavera seguinte (1 ano); e plantas de sementeira de outono e arranque no segundo período primavera (1,5 anos).

Embora em qualquer dos casos de transplantação possa ocorrer um choque fisiológico, importa considerar principalmente os primeiros dois casos, nos quais a transplantação visa proporcionar a formação dum sistema radicular bem desenvolvido e abundantemente provido de raízes finas que, com a disponibilização de maior espaço no plantório, a que corresponde um cubo de terra maior a cada planta, se pretende conferir às plantas o conveniente equilíbrio entre esse sistema radicular e a parte aérea. Nesta prática de produção, o maior compasso de plantação no plantório vai ainda facilitar a realização das várias operações culturais, aspeto particularmente importante nas **mondas** e nas **mobilizações superficiais**. Por vezes, poderá ser necessário fazer uma segunda transplantação em viveiro, quando se pretendem plantas de dimensões particularmente grandes. De um modo geral, as fases a realizar num processo de transplantação são:

- i) **extração** ou **arranque** das plantas do seminário;
- ii) **escolha** das plantas a colocar no plantório e **poda** de partes do sistema radicular e/ou do sistema aéreo;
- iii) **colocação** das plantas na nova área (plantório);
- iv) **tratamentos culturais**.

Arranque das plantas do seminário

Dependendo dos casos, a operação de transplantar pode fazer-se na primavera ou no outono. Os frios inverniais excessivos podem ser uma limitação, embora no caso das folhosas possa ser indiferente já que estas espécies emitem e desenvolvem raízes viáveis mesmo dentro do período de repouso vegetativo ao contrário das resinosas, que apenas o fazem convenientemente na primavera. Por outro lado, as resinosas poderão ser transplantadas mesmo depois da entrada em atividade vegetativa, o que é contraindicado para as folhosas. De um modo geral, é mais aconselhada a época de transplantação do fim de inverno, princípio de primavera, havendo circunstâncias particularmente ligadas aos climas mais quentes, que favorecerão a opção por uma transplantação de outono. De referir que é possível fazer uma transplantação de verão para aproveitamento do maior desenvolvimento das plantas até essa altura.

A execução da operação de **extração** das plantas exige cuidados redobrados de forma a não danificar o raizame e a parte aérea. Para facilitar essa extração há vantagens em efetuar uma rega quando o solo está endurecido. Para que o arranque das plantas

ocorra de uma forma conveniente, recomenda-se a abertura prévia de um rego de profundidade superior à do raizame, ao longo da primeira fila de plantas, só começando depois o destaque das plantas do solo, sem lhes atingir diretamente o raizame (Figura 4.7). Numa extração mecânica, a passagem da lâmina de corte faz destacar uma camada de solo que facilita depois a retirada individual das plantas.

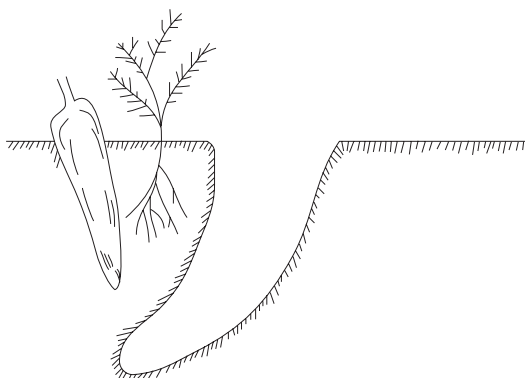


FIGURA 4.7
Ilustração do arranque de plantas em viveiro (Alves, 1982).

Escolha das plantas

Quando se procede à escolha das plantas a transferir, devem ser eliminadas as plantas que se apresentam doentes, danificadas e mal conformadas, e as remanescentes deverão ser classificadas em dois ou mais grupos consoante o seu tamanho e desenvolvimento vegetativo, que vão condicionar o seu tempo de permanência no viveiro. Deste modo consegue tirar-se maior rendimento do terreno destinado a viveiro e a obtenção de um material mais uniforme.

A poda de raízes e/ou da parte aérea, usual antes da transplantação, dirige-se principalmente para a eliminação de partes danificadas, de ramificações bifurcadas, de raízes demasiado compridas mas, dum modo geral, sempre de forma ligeira. Em espécies do género *Quercus* e *Castanea*, com raiz mestra forte, há necessidade do seu corte a 15-20 cm, com poda da parte aérea para reequilíbrio.

Colocação das plantas no plantório

Uma decisão a tomar previamente à execução da transplantação é a escolha do compasso a dar às plantas, que será variável com a espécie, com a rapidez de crescimento, com o tempo de permanência no plantório e com as dimensões individuais finais pretendidas. O Quadro 4.1 apresenta os valores de espaçamento a proporcionar às plantas considerando diferentes tamanhos finais, propostos por Hierro (2000).

No caso dos viveiros de raiz nua, de pequenas dimensões, em que esta operação é feita manualmente, pode ser feita por: **plantação em furos** – *hole* ingl. – em que são utilizados plantadores manuais (furadores); ou por transplantação **ao rego** – *trench transplanting* ingl. – abrindo sulcos, cuja terra removida servirá para cobrir os raízes das plantas colocadas no rego anterior. Atualmente, é mais frequente a operação de transplantação ser efetuada de forma mecânica com plantadores, de diversos modelos, que cada técnico adapta às suas condições.

QUADRO 4.1 – Densidade das plantas, após transplantação, de acordo com as dimensões finais pretendidas (Adaptado de Hierro, 2000).

ALTURA FINAL DA PLANTA (CM)	DENSIDADE (PLANTA/M2)
Menos de 20	133 a 100
De 20 a 40	100 a 80
De 40 a 60	100 a 66
Mais de 60	80 a 50

Tratamentos culturais

Os principais cuidados a ter com as plantas transplantadas do seminário são as regas (a realizar com maior frequência do que intensidade, e variável em função do clima local), a defesa contra os frios ou insolação, e a destruição das infestantes.

Quanto à monda química, os tratamentos devem ser feitos imediatamente após a transplantação enquanto o solo ainda estiver limpo, nunca pulverizando as folhosas, nem canteiros que contenham plantas com menos de 10 cm de altura.

6. Arranque, Armazenamento e Transporte final

Estas operações, que se verificam na fase final do plantório, são muito sensíveis por ser necessário assegurar que as plantas sofram o mínimo de danos, de forma a não inviabilizar a sua utilização, evitando danos mecânicos na parte aérea e no sistema radical, dessecações e aquecimento que pode provocar fermentações.

O **arranque** ou **extração** das plantas, que deve ser feita sem danificar as plantas, é mais fácil de executar num solo arenoso, com uma rega prévia para facilitar o arranque. Vulgarmente, como já se referiu, a idade das plantas à saída do seminário será de 1 ano (às vezes 2) e à saída do plantório de 2 a 5 anos, muito frequentemente 2-3 anos. Como as resinosas são regra geral mais resilientes, relativamente às folhosas, necessitam de menos tempo de viveiro.

Após o processo de arranque, as plantas são:

- a) selecionadas** – separadas e eliminadas todas as plantas defeituosas, com doenças ou pragas e que não satisfazem os critérios morfológicos de qualidade mínima;
- b) classificadas** – as plantas em bom estado são agrupadas em lotes de acordo com o tamanho (geralmente altura); aos vários lotes podem ser atribuídos diferentes destinos na plantação;
- c) contabilizadas** – à medida que são classificadas, as plantas são agrupadas em conjuntos de dimensão pré-definida de forma a facilitar a contagem posterior; esta contagem é importante para controle da eficiência do processo de produção quer em termos técnicos, administrativos e económico do viveiro.

O tipo de **armazenamento** vai depender da sua duração e, regra geral, deve optar-se por embalagens rígidas para evitar danos exteriores, permeáveis ao ar para permitir a respiração das plantas e manter as raízes no escuro para evitar a deterioração das mi-corrizas. No caso de o armazenamento ser de curta duração, pode optar-se por caixas de cartão, madeira ou plástico.

O **abacelamento** é uma operação realizada antes do transporte do viveiro ou depois próximo do local da plantação, algumas vezes em plantas de maiores dimensões e frequentemente com folhosas. Consiste na realização de trincheiras com uma parede vertical e outra inclinada, onde são colocados os lotes de plantas com a parte aérea pousada na parede inclinada. As raízes são cobertas com terra ou compostos orgânicos e regadas abundantemente e podem ser mantidas nesta situação 2 a 3 semanas. Em caso de risco de geada, a parte aérea deve ser protegida com coberturas.

Para além do cuidado a ter na carga e descarga das plantas, em que deve ser evitado um empilhamento excessivo de modo a impedir a subida excessiva da temperatura e a consequente fermentação, o **transporte** deve ser feito o mais rápido possível, resguardando as plantas para que não sejam sujeitas a correntes de ar forte. Geralmente, é dada preferência à utilização de veículos de caixa fechada ou com lonas laterais. Atualmente, para armazenamento de plantas por períodos prolongados são utilizados sistemas de frio com controlo rigoroso das condições de humidade e de temperatura.

4.3.2 Produção de plantas em contentor

A necessidade de realizar plantações em condições ambientais mais adversas, com menor precipitação e distribuição muito concentrada em curtos períodos do ano, solos pouco profundos e pobres, originou uma mudança na tipologia das plantas a utilizar. Assim, a maioria, senão a totalidade, das plantas utilizadas presentemente nas arborizações em Portugal Continental são produzidas em contentor, como referido anteriormente. O **contentor** – *container* ingl.; *godet* fr.; *envase/contenedor* cast. – tem como função primordial alojar o substrato que sustenta a planta e lhe disponibiliza a água, ar e os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento. Considera-se que a sobrevivência e o crescimento após a plantação dependem essencialmente da capacidade da planta para emitir novas raízes (potencial de crescimento das raízes), intimamente associada à qualidade do sistema radicular. Como vantagens da produção de plantas em contentor, face à produção em raiz nua, podemos apontar:

1. na fase de viveiro há um mínimo de amputação radicular, maior controlo da humidade junto à raiz, densidade de produção mais adequada, maior controlo do crescimento das plantas, maior adequação dos tamanhos e volumes dos contentores ao tipo de espécie, e facilidade na mobilização das plantas;
2. na fase de transporte permite rentabilizar o espaço e reduzir os custos;
3. na fase de plantação é mais fácil a manipulação e distribuição das plantas em contentor, permitindo a sua manutenção nas áreas a plantar por períodos mais longos. A proteção dada pelo torrão que envolve o sistema radicular permite favorecer um maior impulso no crescimento da planta na primeira fase após a plantação.

O Quadro 4.2 compara as vantagens e desvantagens destes dois métodos de produção.

QUADRO 4.2 – Fatores ambientais e económicos a considerar ao comparar a opção de produção de plantas em contentor ou de raiz nua (Adaptado de Landis, 1995).

FATOR	PRODUÇÃO	
	CONTENTOR	RAIZ NUA
Latitude/altitude duração período de crescimento	Melhor em áreas com duração do período de crescimento menor: nas de maior altitude ou maior latitude	Melhor em áreas com duração do período de crescimento maior: menor altitude ou menor latitude
Investimento inicial	Menor custo do terreno mas estruturas e equipamento podem ser caros; preparação do solo mínima	Custos do terreno pode ser substancial; custos com equipamento depende grau mecanização
Área necessária	Menores dimensões, maiores densidades e menor taxas de perdas permitem maiores taxas de rendimento	Necessárias maiores dimensões, devido a menor densidades e maiores perdas
Qualidade do solo	Não é importante, são utilizados substratos artificiais	Crítica, as propriedades físicas e químicas têm que ser monitorizadas
Quantidade de água	Necessidades em água moderadas	Maior quantidade necessária
Qualidade da água	Água de qualidade é desejável, com possibilidade de tratamento químico de água de pior qualidade	Água de boa qualidade é absolutamente necessária
Mão-de-obra	Pequenas equipas com funcionários qualificados, com exceção na fase de sementeira, repicagens e transporte	Grandes equipas são necessárias durante as fases de repicagens e transporte
Infraestruturas e equipamentos	Variável, desde áreas de crescimento ao ar livre até estruturas sofisticadas	Variável, podendo basear-se em trabalho manual até operações altamente mecanizadas
Eficiência no uso da semente	Permite elevados níveis de eficiência; mais adequado para sementes de maior valor	Baixo rendimento por quantidade de semente
Período de produção	De 4 a 18 (24) meses	De 1 a 4 anos
Características da espécie em produção	Espécies com sementes de pequena dimensão, de germinação fraca, espécies de crescimento lento e com sistema radicular muito sensível	Espécies folhosas que necessitam de maior espaço para se desenvolverem
Poda das raízes	Desnecessária se os contentores promoverem a poda radicular aérea	É necessária e exige mão-de-obra
Pragas e doenças	Menor incidência de pragas se for utilizado substrato artificial esterilizado, e menor risco de danos abióticos em estruturas fechadas.	A incidência de organismos patogénicos no solo e os danos causados por agentes abióticos são mais frequentes
Micorrizas e outros microrganismos benéficos	Têm que ser adicionados ao substrato	Normalmente presentes no solo
Manipulação das plantas	Maior tolerância a manipulações e exposições desadequadas	Menor tolerância a manipulações e exposições desadequadas
Transporte até área de plantação	Os lotes de plantas mais volumosos e pesados, menos exigentes na necessidade de frio	Os lotes de plantas mais leves e menos volumosos; mais exigentes em condições frescas
Condições no local de plantação	Sofrem menor <i>stress</i> de plantação, mais adequadas para locais de condições marginais	Sofrem maior <i>stress</i> de plantação, mais adequadas para locais de condições favoráveis
Período de plantação	Maior versatilidade, período mais longo	Maior limitação, períodos mais restritos

A **produção** de plantas em contentor difere do de raiz nua essencialmente porque envolve uma **seleção do contentor** e do **substrato**, e porque os processos têm um carácter mais intensivo (Figura 4.8). A influência que o contentor e o substrato têm na

produção das plantas, particularmente no desenvolvimento das raízes e na proporção raiz/parte aérea, condicionando a sobrevivência e o crescimento inicial após a plantação, obriga o viveirista a dar particular atenção ao desenvolvimento das raízes, o que está altamente dependente da espécie e do tempo de permanência no viveiro.

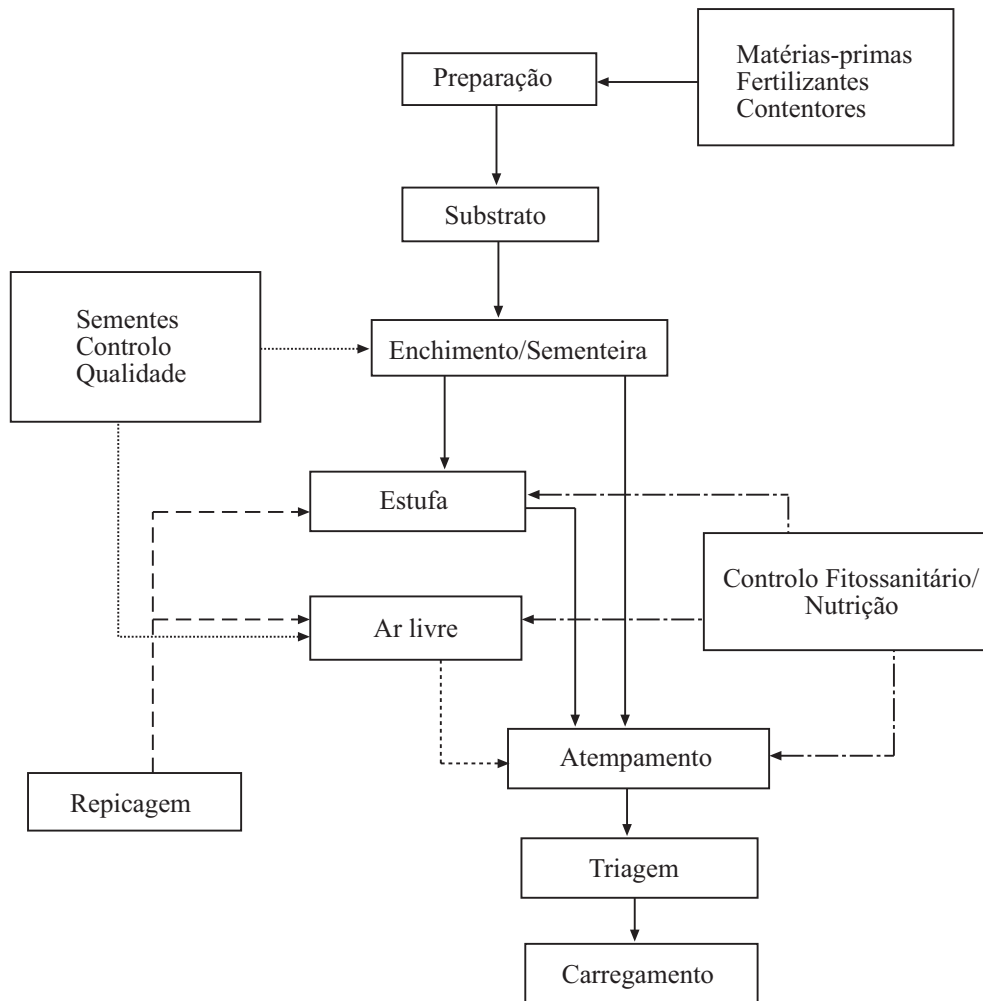


FIGURA 4.8
Esquema do fluxo de
produção de plantas
florestais em contentor.

Contentores

No mercado existe uma grande diversidade de modelos de contentor, sendo a primeira grande diferenciação entre os contentores que são enterrados com o torrão da planta aquando da plantação (*paper-pots*, por exemplo) e aqueles que são retirados. Os *paper-pots*, de origem japonesa, são utilizados nos países nórdicos com bons resultados e permitem na plantação um aumento do rendimento, resultante da maior capacidade de transporte de plantas pelo operador e do uso do plantador manual que a agiliza e reduz o esforço do operador. Contudo, a utilização do *paper-pot* não vingou em Portugal, em virtude da dificuldade da desintegração do papel em consequência das nossas condições ambientais (solos pobres e esqueléticos, carência em água e processos micro-biológicos do solo insuficientes) provocando o estrangulamento do sistema radicular.

A experimentação com este tipo de contentor tem continuado a ser desenvolvida, com resultados interessantes como o sistema Ellepot, desenvolvido na Dinamarca (www.el-lepot.dk). Trata-se de um sistema utilizado atualmente por grandes viveiros industriais internacionais que, à semelhança do *paper-pot*, permite a automatização da produção, por consistir num tubo de substrato envolvido por papel degradável que não precisa ser retirado na plantação, evitando perda de substrato ou *stress* da planta e que melhora a qualidade do sistema radicular. No entanto, a sua implementação nas condições mediterrânicas pressupõe o estabelecimento de ensaios prévios. Este tipo de contentor, ao evitar o seu retorno para o viveiro tem a vantagem, em termos económicos, de eliminar a recolha no campo e a lavagem e desinfeção no viveiro.

Relativamente aos contentores removidos no momento da plantação, há uma grande variedade no mercado que os disponibiliza em unidades individuais separáveis ou em bloco, e em diferentes materiais e dimensões (Figura 4.9). Não existe um contentor ideal para todas as situações, e a sua escolha depende não só dos objetivos e condições de produção do viveiro, mas também das técnicas de arborização. Assim, o viveirista tem de ponderar vários fatores na sua seleção:

- **Espécie:** o tamanho da semente, o tipo de desenvolvimento da parte aérea e da arquitetura da raiz são fatores que vão condicionar a secção, o espaçamento entre plantas e por conseguinte, a sua densidade (número de plantas por m²) e o volume do contentor;
- **Período de produção:** a duração do período de crescimento influencia a dimensão da planta e, portanto, a escolha do contentor adequado;
- **Tipo de substrato:** existe uma interação entre as dimensões do contentor e as propriedades do substrato a utilizar (por ex. entre a altura do contentor e a humidade do substrato, Figura 4.11);
- **Condições de produção:** as técnicas de produção a utilizar (por ex. rega, fertilização) dependem do contentor escolhido.

A possibilidade de separação dos alvéolos nos contentores em bloco (Figura 4.9 C) permite uma ocupação mais completa do espaço de produção, particularmente interessante no caso da produção de clones em que o enraizamento raramente ultrapassa os 80%, ou na fase de triagem de preparação das plantas para o campo. A possibilidade de remover plantas também pode ser útil em situações de doença.

Como regra geral, a um **maior volume do contentor** corresponde um maior crescimento da planta (altura da parte aérea, diâmetro do colo, biomassa da raiz e da parte aérea). No entanto, a escolha do volume do contentor, para além dos fatores biológicos, é condicionada por fatores económicos uma vez que o aumento do volume implica:

- um acréscimo do espaço de produção e de consumo do substrato;
- um período de produção mais alargado para que sistema radicular ocupe todo o torrão;
- maior dificuldade de manuseamento no viveiro e à saída.

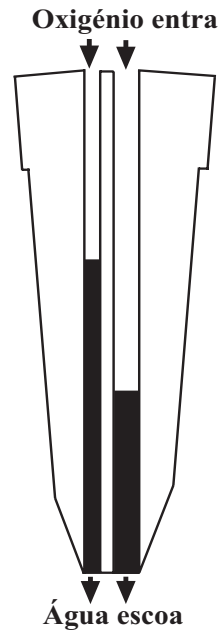


FIGURA 4.9
Diferentes tipos de
contentor: individuais
(A e B) - o contentor A,
constituído por duas
partes, permite visualizar
o sistema radicular (A2);
individuais integrados
numa estrutura (C);
em bloco (D, E); estrias
verticais nas paredes do
contentor (F).

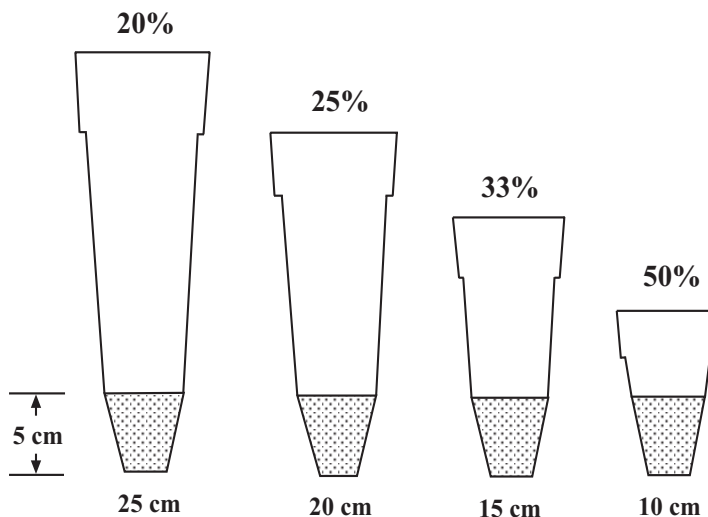
Por outro lado, para o mesmo volume de substrato podem corresponder diferentes combinações de diâmetro e altura do alvéolo, a última influenciando diretamente o processo de plantação pela necessidade de adequar a profundidade da cova à dimensão do sistema radicular. Como se observa na Figura 4.10, a altura da camada de substrato saturada de água que se forma no fundo, que depende das forças capilares exercidas pelos poros de menor dimensão do substrato, é tanto mais alta quanto mais fina for a textura do substrato e independente da altura, do diâmetro e da forma do contentor (Landis *et al.*, 1989). Por outro lado, para o mesmo substrato, a altura do contentor condiciona a proporção de substrato bem drenado disponível para o desenvolvimento do sistema radicular; quanto menor for a sua altura, maior será a proporção da camada saturada de água no volume total do contentor (Figura 4.11).

FIGURA 4.10

O efeito de capilaridade da água no substrato é influenciado pelo tamanho médio dos seus poros. Um substrato de textura mais fina com um tamanho médio de poros menor (tubo fino), reterá mais água do que um substrato de textura mais grosseira (tubo largo) (Adaptada de Landis *et al.*, 1989).

**FIGURA 4.11**

Para um mesmo tipo de substrato, a altura da camada saturada de água após drenagem é igual para contentores com alturas diferentes (Adaptada de Landis *et al.*, 1989).



Ao comparar o efeito do volume do contentor (210, 300 e 400 cm³) na produção de sobreiros, Costa e Silva *et al.* (2001) verificaram haver um efeito significativo do volume na altura e no diâmetro da planta apenas à saída do viveiro, efeito que deixou de se verificar dois anos após a plantação. O volume do contentor não teve qualquer efeito na sobrevivência das plantas até aos três anos, e também não foi observado nenhum padrão de má conformação do sistema radicular. No entanto, a permanência em viveiro por períodos superiores a um ano em volumes limitados, pode causar deformações no sistema radicular.

O espaçamento entre plantas é um fator que tem implicações nos custos de produção, ou seja, a área mínima necessária por planta depende da espécie e da idade, aumentando com a maior duração do período de crescimento das plantas. Alguns exemplos de problemas causados por um número excessivo de plantas por área (m²) são:

- plantas estioladas, i.e., plantas mais altas e com um diâmetro do colo mais fino, em geral, devido ao ensombramento;
- problemas fitossanitários resultantes de menor arejamento (*Botrytis cinerea*, por exemplo);
- menor eficiência na rega / fertirega devido à sobreposição das folhas, impedindo a infiltração da água no substrato.

Quanto à forma dos alvéolos, a secção circular ou arredondada facilita a retirada do torrão, no entanto, a forma retangular, quadrada ou ângulos agudos (Figura 4.9 A, A1 e A2) são mais eficientes na prevenção do enrolamento das raízes. Também o formato cilíndrico ou troncocónico de muitos modelos de contentor existentes no mercado, facilita e agiliza a remoção da planta, contudo com o inconveniente da maioria das raízes se concentrar no fundo. De facto, o desenvolvimento da raiz em espiral constitui um dos problemas mais graves da produção em contentor, tendo sido parcialmente resolvido através da conceção das paredes dos alvéolos com estrias orientadas verticalmente (Figura 4.9 F), ou ranhuras laterais (Figura 4.9 E), que favorecem a ramificação das raízes secundárias por poda aérea. Por seu turno, os orifícios no fundo dos contentores (Figura 4.9 D) permitem a drenagem do excesso de água da rega e a lixiviação dos sais da fertilização e facilitam a poda aérea quando os contentores estão sobrelevados com recurso a estruturas ou em bancadas.

A poda química, através do recurso a produtos químicos que inibem o crescimento das raízes, como o carbonato de cobre (CuCO_3) e o ácido indolbutírico (AIB), é outra forma de “educar” o sistema radicular. O carbonato de cobre induz a paragem do crescimento junto às paredes e, assim, a sua lenhificação, e o AIB ativa o crescimento de novas raízes laterais, permitindo a formação de um sistema radicular mais fibroso e ramificado que se distribui em todo o contentor. Os sais de cobre podem ser incluídos durante o fabrico dos contentores ou a sua aplicação pode ser feita através da pintura das paredes dos contentores com latex. Também se pode recorrer ao uso de telas impregnadas com Cu CO_3 para realizar a poda radicular, mas o recurso a esta técnica é regrado pelo seu custo e pelo impacto ambiental que poderá causar no caso de uma utilização excessiva.

O tipo de contentor tem uma tão grande influência em toda a atividade do viveiro, nomeadamente nos que estão mais automatizados, que se trata de um fator que condiciona a sua organização e, em particular, a dimensão das bancadas. Neste caso, a **disponibilidade** a longo prazo é importante para manutenção da estrutura, assim como o seu custo. A **durabilidade**, i.e., a garantia de integridade estrutural durante a permanência no viveiro é também um fator a ter em conta, nomeadamente na resistência às altas temperaturas e à ação dos raios ultravioleta – no caso dos contentores biodegradáveis há que atender à sua durabilidade durante a permanência no viveiro e o estado após plantação. A reutilização dos contentores é um aspeto importante do ponto de vista económico pelo investimento que lhe está associado, já que pode estender-se por mais de cinco épocas de produção. Na amortização do investimento é necessário ter em conta os custos de manipulação. A reutilização implica o controlo das condições sanitárias através da lavagem e da desinfeção dos contentores nos vários ciclos de produção, assim como a implementação do retorno dos contentores para o viveiro após a expedição para a área de plantação. Esta é uma faceta da gestão da qual o viveirista não se pode alhear e

que tem uma componente de risco que depende do comportamento/atitude do cliente.

No processo de certificação de plantas é determinado para algumas espécies florestais, que sejam utilizados volumes mínimos dos alvéolos, aspeto que tem um efeito imediato na escolha dos modelos dos contentores a utilizar.

Substratos

A escolha do **substrato** – *growing medium* ingl.; *substrat* fr.; *sustrato* cast. – tem um papel chave na produção de plantas em contentor na medida em que, ao crescerem em espaço confinado, estão dependentes deste para a satisfação das suas necessidades em ar, água e nutrientes. O substrato utilizado em qualquer tipo de contentor proporciona o suporte físico à planta, é responsável pelo fornecimento da água e dos nutrientes, garante o arejamento que permite as trocas gasosas resultantes da respiração radicular e microbiana e também suporta a vida microbiana necessária ao seu desenvolvimento. A eficiência do substrato é afetada quando se observam situações de:

- **desidratação causada pela escassez de água**, que afeta fortemente o crescimento das plantas e pode, em situações extremas, provocar a morte;
- **asfixia**, provocada pela falta de oxigénio, normalmente devido à submersão ou alagamento, que impede a respiração das raízes e dos microrganismos presentes no substrato;
- **excesso, carência ou desequilíbrio de nutrientes**, que limita o crescimento das plantas.

A produção de plantas em contentor, independentemente do substrato utilizado, cria condições que lhe são peculiares e distintas daquelas que teriam no campo. Entre estas salientam-se as seguintes restrições:

1) Volume limitado: as plantas florestais produzidas em contentor têm acesso a uma quantidade limitada de meio de crescimento comparativamente às plantas de raiz nua, vulgarmente oscilando entre os 40 e os 700 cm³; em Portugal, o volume mais utilizado é de 200 cm³, no caso das resinosas, e 300 - 400 cm³, nas folhosas à exceção do eucalipto produzido seminalmente em contentores de 150 cm³ (Ribeiro *et al.*, 2001);

2) A existência de uma camada de substrato saturada de água no fundo do contentor, em virtude de esta não escorrer livremente depois da drenagem livre terminar (Figura 4.11);

3) Desequilíbrio de microrganismos do solo: enquanto o solo contém uma miríade de microrganismos, uns benéficos e outros patogénicos, os regimes de alta fertilidade e humidade utilizados em viveiro para promover o crescimento rápido das plantas, favorecem o desenvolvimento de organismos patogénicos, mas não beneficiam o crescimento de fungos micorrízicos;

4) Falta de estrutura do substrato: no solo é a interação da textura (tamanho das partículas) e da estrutura (agregação das partículas), propriedades físicas básicas que criam a porosidade desse solo. A textura de um substrato resulta da dimensão das várias partículas que o constituem, no entanto, o conceito de estrutura do solo não se aplica aos meios de cultura artificial, uma vez que as partículas individuais dos vários componentes não se ligam entre si. Em consequência, as características granulométricas

dos componentes do substrato devem ser criteriosamente escolhidas e misturadas para produzir a mistura certa com uma porosidade adequada que irá persistir ao longo do ciclo de crescimento da planta em produção (Landis *et al.*, 1990).

Um substrato é constituído por uma **fase sólida**, ilustrada na Figura 4.12, neste exemplo, constituída por partículas de turfa e de vermiculite, que formam uma teia no interior do qual se encontram os poros (macro e microporos) ocupados pelas fases:

- **líquida** (água) - que contém elementos minerais em solução, e que garante o fornecimento de água e nutrientes; ocupa os microporos, ou seja, poros com diâmetro inferior a 30-50 μm ;
- **gasosa** (ar) - cuja composição depende das trocas com a atmosfera, da atividade do sistema radicular e dos microrganismos existentes no substrato; encontra-se nos macroporos, que são poros relativamente grandes.

A proporção entre estas três fases (sólida, líquida e gasosa) depende sobretudo dos materiais que constituem o substrato, embora seja também condicionada por fatores externos como a rega e as características do contentor.

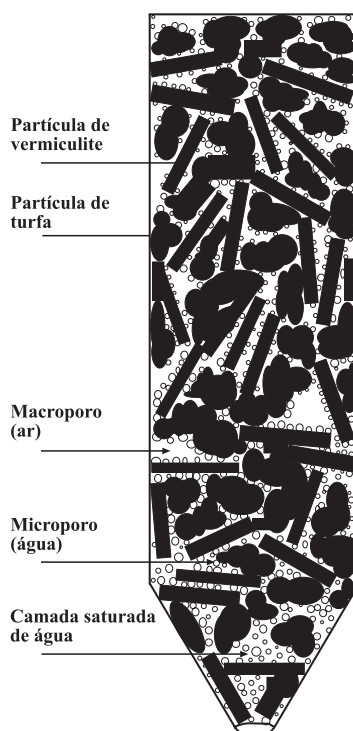


FIGURA 4.12

Distribuição da porosidade de um substrato de turfa e vermiculite: partícula vermiculite; partícula turfa; macroporo (ar); micróporo (água); camada saturada de água (Adaptada de Landis *et al.*, 1990).

Não existe um substrato ideal que possa ser utilizado para todos os fins. As características pretendidas para um substrato, a utilizar em contentores de viveiros florestais, podem ser agrupadas em **características culturais** (que influenciam o crescimento das plantas) e as **características operacionais** (que afetam as operações de viveiro).

Características culturais do substrato

A. Porosidade

A **porosidade** de um substrato é a percentagem do seu volume que não se encontra ocupada pela fase sólida, sendo geralmente considerada a sua propriedade física mais importante, uma vez que influencia todos os aspetos do crescimento da planta no contentor. Uma estrutura equilibrada dos poros favorece as trocas gasosas com o sistema radicular, afetando diretamente todas as funções das raízes como a absorção da água e sais minerais. Enquanto num viveiro de raiz nua é considerado que o solo deve ter uma porosidade entre os 40 e 50%, num substrato utilizado na produção em contentor deve ser superior a 80%, uma vez que o volume explorado pelo sistema radicular é menor (Martínez, 2003). No entanto, as características de porosidade de um substrato não podem ser previstas a partir da porosidade individual de cada um dos componentes, uma vez que a proporção de microporos e macroporos varia consideravelmente entre as diferentes misturas de substratos. As características das partículas, o seu tamanho, a proporção em que se encontram no substrato e o seu comportamento ao longo do tempo afetam a porosidade de um substrato do seguinte modo:

- as propriedades físicas e químicas das partículas são distintas: as partículas de perlite sob compressão mantêm o tamanho original, enquanto as de turfa e vermiculite podem ser comprimidas (Landis *et al.*, 1990); tanto as turfas como as vermiculites quebram facilmente durante a manipulação, o que pode ser contrariado adicionando água durante o processo de mistura;
- as partículas de muitos dos componentes dos substratos, como a turfa de Sphagnum e a vermiculite, têm porosidade interna, i.e., contêm espaços internos: esta porosidade tem grande influência nas reservas de humidade e nutrientes de um substrato; outros materiais porosos, como a perlite, têm os seus poros fechados e não podem absorver humidade, no entanto, são muito utilizados por aumentarem a porosidade do ar;
- à medida que aumenta o tamanho das partículas há uma redução nos microporos e aumentam os macroporos e, por conseguinte, o arejamento do substrato: este efeito, evidenciado na Figura 4.13, é apresentado para o caso de um substrato de turfa, mas esta mesma tendência é observada em outros substratos;
- como os componentes de uma mistura que forma um substrato podem ter uma grande variedade de tamanhos de partículas, o arranjo entre estas e a sua relação umas com as outras afeta a porosidade: ao serem misturadas partículas de tamanhos diferentes, o volume resultante é sempre menor do que a soma dos volumes originais porque as partículas mais pequenas preenchem os poros entre as maiores; este aspeto é especialmente importante com partículas angulares, características de alguns tipos de areia, em que as partículas em forma de pirâmide são capazes de se encaixar muito juntas;
- a porosidade de um determinado substrato também se altera ao longo do tempo, devido à decomposição das partículas, à compactação provocada pela rega e à ação da gravidade, e também em resultado do crescimento interno das raízes.

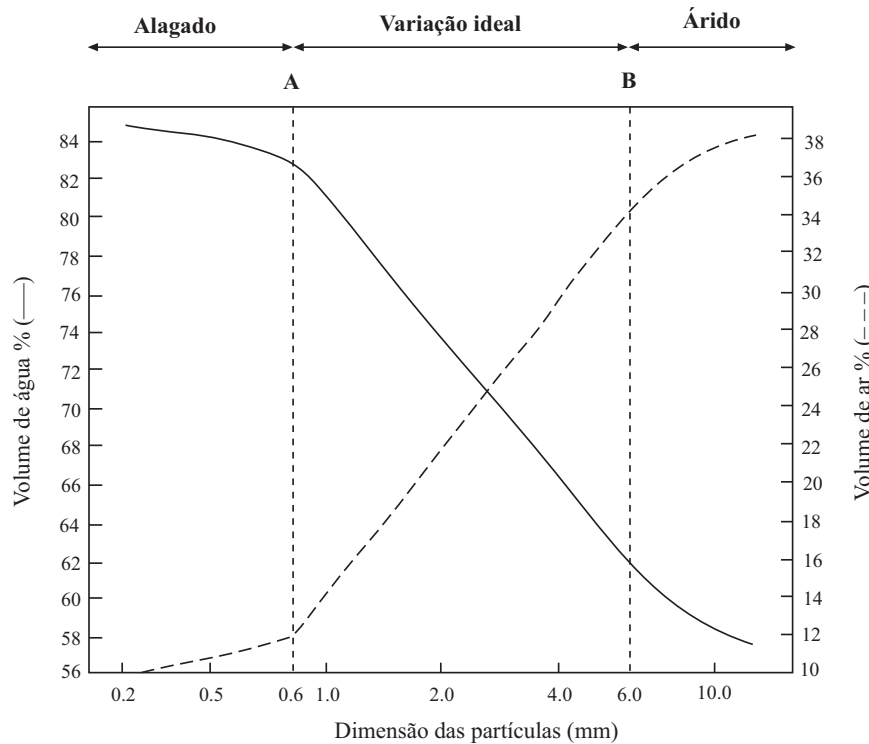


FIGURA 4.13
A porosidade de um substrato é função do tamanho das partículas; à medida que as partículas aumentam de tamanho a proporção relativa de microporos diminui e aumenta a proporção de macroporos, e vice-versa (Adaptada de Landis *et al.*, 1990).

Quando estimamos a água disponível no substrato para a planta, sabemos que é função dos microporos e da altura do substrato no contentor (Figuras 4.10, 4.11 e 4.13). No entanto, mesmo que a água retida seja elevada devido ao tamanho dos poros ou à concentração de sais, pode não estar disponível para a planta (**água não disponível**), em resultado da força de sucção das raízes não superar a adsorção dos microporos.

B. Capacidade de reidratação

Característica à qual o viveirista deve dar particular atenção quando opera em condições de carência hídrica e utiliza substratos que apresentam dificuldade em reidratar, como é o caso da turfa. A taxa de infiltração da água de rega (taxa a que a água é absorvida) pode ser alterada, uma vez que depois de secas as partículas de turfa repelem a água e tornam-se hidrofóbicas.

Atualmente, estão disponíveis no mercado agentes molhantes que podem ser aplicados ao substrato e aumentar a taxa de infiltração. Tratam-se de detergentes que quebram a tensão superficial da água e causam a sua penetração no meio com maior facilidade. São frequentemente utilizados durante o período de atempamento para reidratar o substrato, depois de ter sido induzido *stress* hídrico às plantas por suspensão ou redução da rega.

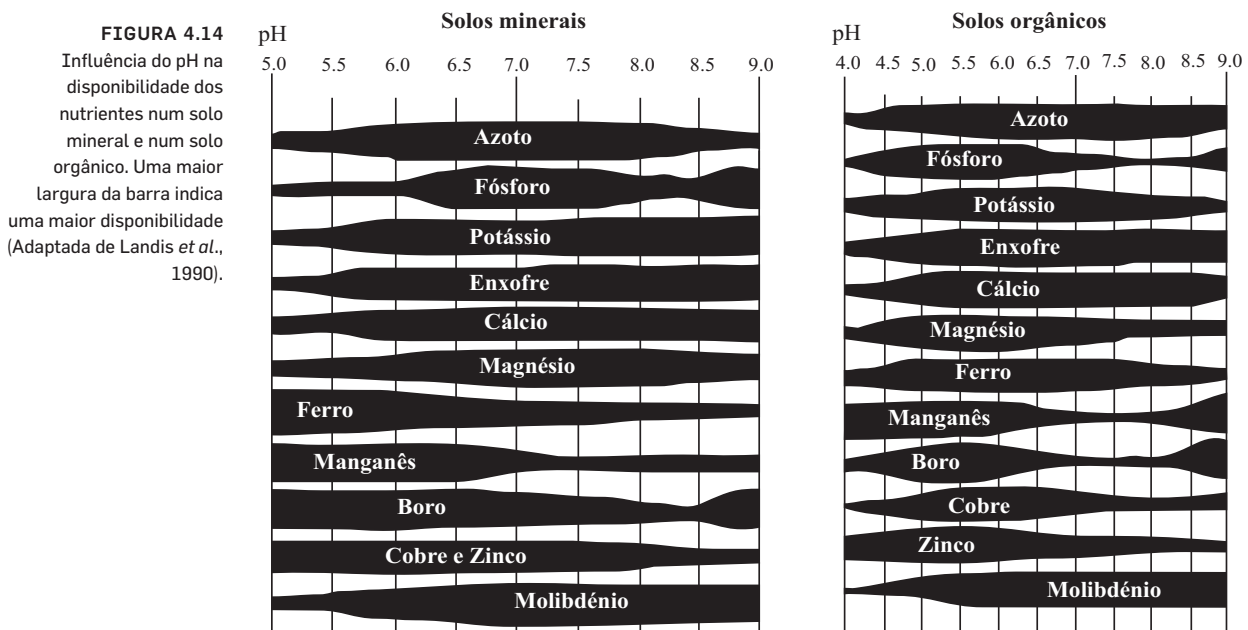
As situações de desidratação, não são, por vezes, detetadas atempadamente, sendo apenas identificadas quando as plantas já estão secas, em resultado da existência de difusores de rega defeituosos ou entupidos, ou de vento persistente que altera a direção da água da rega.

C. pH ligeiramente ácido

O pH do substrato depende da proporção em que entram os seus componentes, do pH de cada um deles e das técnicas de cultura, particularmente a rega e a adubação. Os valores de pH de materiais vulgarmente utilizados na composição de substratos são diversificados: a turfa e a casca de pinho moída têm reação ácida (4,5 – 5,0), enquanto a vermiculite e a perlite têm reação alcalina (6,9 – 7,5) (Ribeiro *et al.*, 2001).

O pH influencia a disponibilidade dos nutrientes, sendo esta máxima num solo mineral com pH de 6,5, enquanto nos substratos orgânicos esse máximo é atingido a pH de 5,5 (Landis *et al.*, 1990). Como se pode observar na Figura 4.14, em solos orgânicos (com características similares ao de um substrato com turfa) a disponibilidade do fósforo é pouco afetada em condições de acidez. No entanto, para um pH superior a 5,5, a disponibilidade de fósforo, ferro, cobre, manganês e boro decresce rapidamente.

O pH afeta igualmente diversos tipos de microrganismos presentes nos substratos incluindo fungos patogénicos, como é o caso da *Fusarium ssp.* que se torna mais virulento em condições neutras e alcalinas. De referir que os danos provocados por *damping-off* são maiores com pH acima dos 5,9, e que o desenvolvimento das plantas é afetado negativamente em condições extremas de pH (acidez ou alcalinidade). Para além do efeito que o pH tem na disponibilidade dos nutrientes e na atividade microbiana, o valor de pH ótimo varia de espécie para espécie. Apesar de as plantas florestais serem produzidas numa ampla gama de valores de pH, é consensual a produção das espécies calcífugas a pH 5-5,5 e as restantes espécies a um valor ligeiramente superior (5,5 -6).



D. Capacidade de Troca Catiónica (CTC)

A capacidade de um substrato para adsorver e armazenar iões carregados positivamente é um dos fatores que mais afetam a sua fertilidade. A capacidade de troca catiónica resulta do facto do substrato ter na sua composição colóides (partículas menores que 0,02 mm) de natureza orgânica ou mineral que desenvolvem, à sua superfície,

cargas elétricas predominantemente negativas. Estas cargas atraem os cátions existentes na fase líquida do substrato, que podem ser removidos das suas posições por troca com outros iões, ficando, deste modo, disponíveis para serem absorvidos pelas plantas (Figura 4.15).

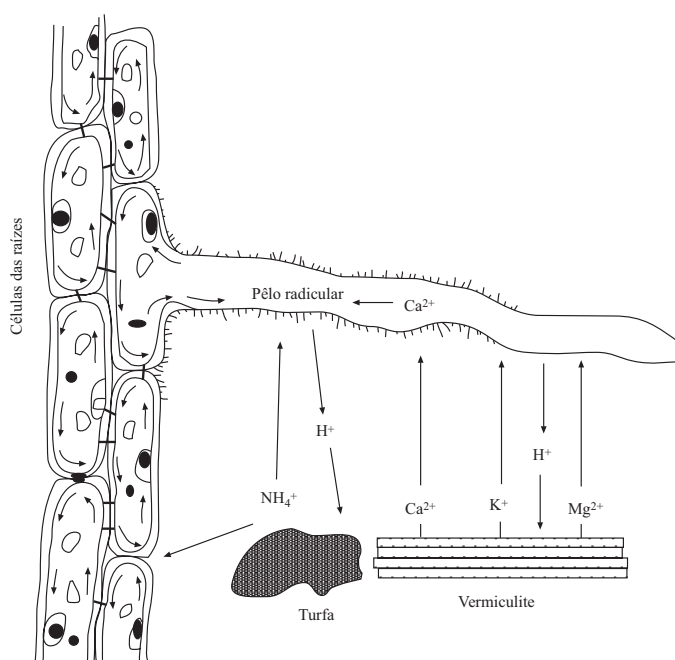


FIGURA 4.15

A capacidade de troca catiónica funciona como uma reserva de fertilidade do substrato que disponibiliza nutrientes ao sistema radicular entre adubações (Adaptada de Landis *et al.*, 1990).

Uma elevada CTC é uma característica desejável para um substrato, particularmente quando as adubações em viveiro são espaçadas no tempo, uma vez que os nutrientes armazenados nas partículas do substrato ficam disponíveis para serem captados pelo sistema radicular. Exerce também uma ação contrária à lixiviação causada pela rega. A ordenação, por ordem decrescente de capacidade de retenção, do complexo de cátions primário na nutrição das plantas é a seguinte: cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e amónio (NH_4^+). Muitos micronutrientes são também adsorvidos, incluindo ferro (Fe^{2+} , Fe^{3+}), manganês (Mn^{2+}), zinco (Zn^{2+}) e cobre (Cu^{2+}).

Um substrato com elevada CTC (turfa com vermiculite, por exemplo) quando comparado com um de baixa CTC (perlite ou areia) tem as seguintes vantagens:

- minimiza a perda de nutrientes catiões por lixiviação causada pela rega, permite uma diminuição da quantidade de fertilizantes a aplicar e reduz a contaminação das águas subterrâneas (Landis *et al.*, 1990);
- reduz os riscos de salinidade excessiva, uma vez que a CTC propicia uma reserva de cátions, permite aumentar a concentração de nutrientes a aplicar em cada adubação e reduzir o número de adubações;
- confere um poder tampão ao substrato, quer evitando alterações bruscas na solução causadas pelas aplicações de fertilizantes e/ou outros materiais potencialmente poluentes, quer na variação do seu pH.

Da mesma forma, tem também inconvenientes:

- quando se utilizam substratos com uma elevada CTC e um baixo grau de saturação de bases, pode verificar-se uma competição entre o complexo de troca e as plantas relativamente às disponibilidades nutritivas;
- dificuldade em ajustar a composição da solução do substrato à solução nutritiva aplicada.

E. Baixa fertilidade intrínseca

Embora possa parecer um contrassenso, uma baixa fertilidade do substrato permite ao viveirista programar a disponibilidade dos nutrientes à medida que vão sendo necessários ao desenvolvimento equilibrado das plantas. Com efeito, se o substrato não possui um nível nutricional adequado pode ser corrigido pela adição de adubos ou corretivos, mas se a estrutura física não é boa dificilmente a podemos melhorar. Assim, quando se selecionam os constituintes do substrato e se avalia a sua qualidade, deve dar-se mais importância aos parâmetros físicos que aos químicos.

F. Isento de pragas

A sanidade é um aspeto muito importante a ter em conta na produção de plantas em viveiro. Esta questão põe-se com particular acuidade quando o solo é utilizado como meio de crescimento das plantas em contentor, uma vez que pode conter fungos patogénicos, insetos, nemátodos e sementes de infestantes. Para eliminar essas pragas é necessário esterilizá-lo por meios térmicos ou químicos.

Características operacionais do substrato

A. Preço razoável e disponibilidade

O preço é um dos fatores que mais influencia os viveiristas na seleção dos substratos ou dos seus componentes. No entanto, uma vez que os meios de cultura têm um efeito preponderante no crescimento das plantas em contentor, o peso do preço não deve ser sobrevalorizado na decisão.

A disponibilidade afeta outros aspetos operacionais da utilização dos substratos, particularmente a uniformidade e o preço. A maioria dos materiais usados na composição dos substratos são baratos em si, mas são volumosos e por vezes pesados, tornando o seu transporte dispendioso. Muitos componentes são produzidos em áreas geográficas restritas, sendo difíceis de obter ou demasiado caros noutras regiões. Os preços também se podem alterar, ou seja, materiais inicialmente baratos, como a casca de pinheiro, por exemplo, pode tornar-se cara devido à grande procura e à competição com outros usos (Landis *et al.*, 1990).

B. Elevado grau de uniformidade e reprodutibilidade

Quer os componentes, quer a mistura que forma o substrato, devem manter uma qualidade uniforme nos diversos lotes. Apesar dos diferentes constituintes poderem variar consoante a sua origem, como por exemplo a turfa ou a areia, deve haver uma estandardização dos substratos e dos seus componentes, de modo a assegurar que cada

lote tenha as mesmas características físicas, químicas e biológicas (Martínez, 2003). De facto, a variação das características do substrato pode afetar a produção das plantas, na medida em que a rega e ou a fertilização podem ter de ser reajustadas, acarretando custos adicionais.

C. Baixa densidade

A densidade de um substrato é definida como o peso por unidade de volume (g/cm^3 ou kg/m^3), e depende da densidade, da compressibilidade e da disposição das partículas constituintes. O grau de compressão varia com os componentes, sendo muito baixo no caso da areia e da casca de pinho, e elevado, na vermiculite e na turfa. A densidade do substrato no contentor também é função do arranjo interno das partículas. A porosidade total é influenciada pelo grau de compactação do substrato durante o processo de enchimento, o que afeta o arejamento e a capacidade de retenção da água. No transporte e manuseamento das plantas é desejável que o substrato tenha uma densidade baixa. Contudo, este valor pode sofrer uma grande variação em função do estado de humedecimento deste – de 0,10 a 0,51 g/cm^3 no caso de um substrato de turfa e vermiculite (seco- saturado), por exemplo (Landis *et al.*, 1990).

D. Estabilidade da dimensão das partículas

Ao longo do processo de produção é necessário garantir a estabilidade e manutenção das propriedades do substrato. A alteração da dimensão das partículas que formam o substrato, por excessiva contração e/ou dilatação, pode causar o afastamento do substrato das paredes do contentor dificultando a sua reidratação. Esta situação pode ocorrer em substratos à base de turfa.

A decomposição de materiais orgânicos pode também modificar a dimensão das partículas, as mais pequenas preenchendo os espaços entre as maiores reduzindo o volume. Além disso, a percolação da água arrasta estas partículas e tapa os poros, elevando o nível da camada saturada de água.

E. Durabilidade e facilidade de armazenamento

Os componentes do substrato devem ser adquiridos embalados, frequentemente envolvidos em plásticos, facilmente manuseáveis e mantidos em armazéns sob condições que evitem a sua deterioração.

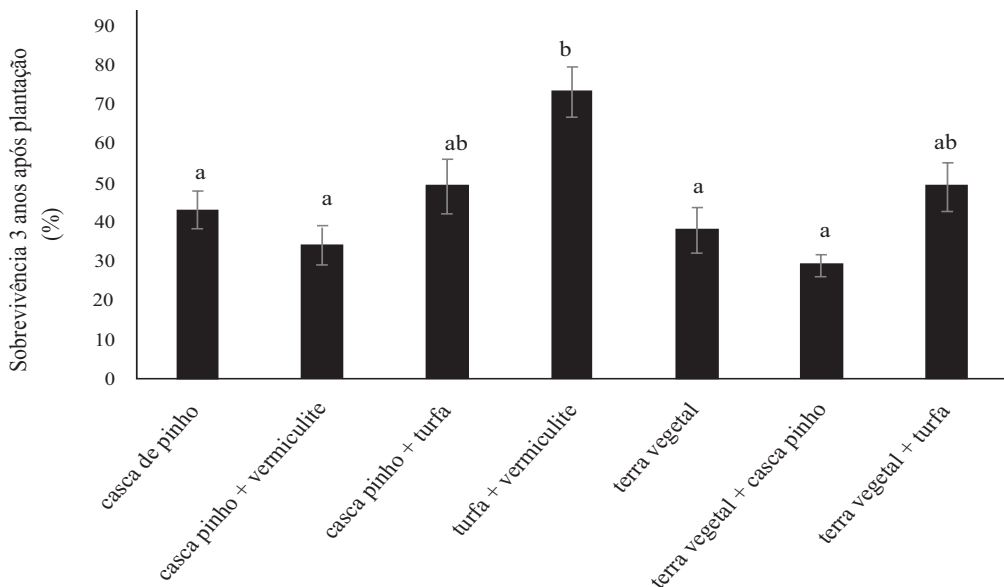
F. Facilidade de preparação da mistura e de enchimento dos contentores

A facilidade com que se misturam os componentes do substrato e se enchem posteriormente os contentores influencia a homogeneidade do substrato no interior destes, afetando as condições de crescimento das plantas. Por conseguinte, são aspetos a que os viveiristas devem atender quando pretendem obter uniformidade nos lotes de plantas produzidos. Este fator é particularmente importante para os viveiristas que preparam o seu substrato a partir da mistura dos seus componentes. Uma mistura uniforme é difícil de obter devido às diferenças de densidade e de tamanho das partículas dos diferentes componentes. No caso da turfa e da casca de pinho, transportadas com baixo teor de humidade, devem ser previamente molhadas para facilitar a mistura.

G. Facilidade de reidratação

Dada a importância da água como elemento vital na produção das plantas, esta característica já foi abordada quando caracterizávamos os substratos do ponto de vista das condições de cultura. É de salientar que a dificuldade de reidratar a turfa, nos anos extremamente secos, pode causar na zona mediterrânica a morte das plantas principalmente no primeiro ano da plantação, após o Verão. Geralmente, durante os primeiros meses do primeiro ano, o sistema radicular permanece dentro do torrão de turfa. Se a seca se prolonga, a turfa perde humidade (tanto para a planta como para a terra seca que a rodeia) e no torrão as raízes vão perdendo a atividade. Caso não chova com abundância, o que não é raro, a turfa não se reidrata e a planta morre mesmo quando o solo tem uma certa humidade (Martínez, 2003). Contudo, num estudo em que foram comparados 7 substratos distintos na produção de plantas de sobreiro, Costa e Silva *et al.* (2001) verificaram que o substrato tem um efeito significativo na sobrevivência e no crescimento das plantas. Constataram, à saída do viveiro, o efeito positivo da turfa, como componente do substrato, no desenvolvimento das raízes secundárias, e na sobrevivência 3 anos após a plantação. As plantas produzidas com um substrato de turfa e vermiculite, na proporção 3:1, apresentaram uma taxa de sobrevivência superior em cerca de 30% face aos restantes substratos testados (Figura 4.16).

FIGURA 4.16
Sobrevivência média de sobreiros 3 anos após a plantação, produzidos em contentores de 300 cm³, em 7 tipo de substratos: casca de pinho; casca de pinho e vermiculite (3:1); casca de pinho e turfa (1:1); turfa e vermiculite (3:1); terra vegetal; terra vegetal e casca de pinho (1:1); terra vegetal e turfa (1:1). Os substratos que exibem a mesma letra não diferem significativamente entre si ($p < 0,5$) (Adaptada de Costa e Silva *et al.*, 2001).



H. Formação firme e duradoura do torrão

No momento da extração, o torrão deve ser firme de forma a facilitar a remoção sem aderências às paredes do contentor (Figura 4.17). Esta característica é importante no momento da expedição das plantas do viveiro, para preencher alvéolos vazios e, também, na plantação na distribuição das plantas pelo terreno, particularmente quando a plantação é feita de forma mecânica com plantadores.

Um torrão firme resulta do entrelaçar das raízes no substrato formando uma teia que protege o sistema radicular no seu conjunto e que minimiza o choque fisiológico da transplantação. Por isso, a permeabilidade do substrato é importante para permitir o

desenvolvimento das raízes em todo o seu volume. Ao envolver o raizame o substrato funciona como um retardador dos efeitos de dessecação, ao mesmo tempo que pode levar consigo promotores do desenvolvimento da planta (micorrizas⁵, em particular). Tem sido objeto de estudo o efeito da inoculação de propágulos no viveiro com fungos micorrízicos apropriados, e é admitido que pode facilitar e acelerar o estabelecimento das plantas no campo, ao aumentar a absorção da água e dos nutrientes, e melhorar a vitalidade das plantas sujeitas a vários stresses (Bozzano *et al.*, 2014).

5 As micorrizas são associações simbióticas entre plantas e fungos, que se formam quando as hifas de um fungo colonizam as raízes de uma planta. As hifas favorecem a absorção de água e sais minerais do solo, já que aumentam a superfície de absorção ou rizosfera.



FIGURA 4.17
O sistema radicular do pinheiro manso forma um torrão firme com o substrato.

4.3.3 Aspectos gerais da Rega e Fertilização

O volume reduzido dos contentores, a dificuldade de reidratar os substratos, a influência na nutrição das plantas e nas propriedades do substrato fazem da rega uma das variáveis mais importantes e delicadas em todo o processo de produção do viveiro (Landis *et al.*, 1989). Os principais aspetos a considerar são a **qualidade** e a **quantidade** de água utilizada. Ambas são condicionadas pela fase de desenvolvimento da produção, devendo adequar-se às exigências da planta em cada momento.

A qualidade da água tem como fator principal a concentração de sais dissolvidos na água, avaliada através da condutividade elétrica é, também, afetada pela presença de agentes patogénicos, de sementes de infestantes e de partículas sólidas, situações que podem ser controladas através da sua filtração. Num viveiro florestal de produção de plantas em contentor a condutividade elétrica não deve ultrapassar os 2mS.cm^{-1} , idealmente este valor deve ser inferior a $0,75\text{ mS.cm}^{-1}$ (Landis *et al.*, 1989). Este parâmetro é economicamente mais difícil de controlar, pode ser minimizado recorrendo a substratos com maior porosidade e à dotação de rega elevadas, que permitem uma lixiviação do

substrato e um consequente arrastamento de sais. Para além do valor da condutividade elétrica deve ser dada particular atenção à concentração do Sódio, que pode originar problemas de toxicidade, assim como aos bicarbonatos, que em altas concentrações provocam a precipitação do cálcio e do magnésio. Contudo, o teor dos bicarbonatos pode ser controlado através da acidificação da água efetuada com ácido fosfórico, ácido sulfúrico ou ácido nítrico (Ribeiro et al. 2001).

A quantidade de água a utilizar na rega vai depender da sua frequência e do volume de água disponibilizado em cada rega. Por sua vez, a eficiência da sua aplicação vai depender de vários fatores como o tamanho e a porosidade do material de que são feitos os contentores, as características do substrato utilizado, as características da espécie, nomeadamente do seu sistema radicular e das suas características morfológicas, a fase de produção e as condições climáticas. O controlo da rega pode ser efetuado mediante avaliação visual e tátil do substrato, ou recorrendo a sensores de humidade. A dificuldade de controlar esta variável pode levar o viveirista a regar em excesso, o que implica uma perda de eficiência. Por outro lado, a repetida exposição do substrato a regas intensas, seguidas de períodos não menos intensos de secura, influencia consideravelmente a disponibilidade da água e oxigénio, afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas (Landis *et al.*, 1989).

O estado nutricional é um elemento essencial na qualidade da planta produzida em viveiro, tendo em vista o seu estabelecimento em condições de campo. A adubação é, depois da rega, a prática cultural que influencia mais diretamente o desenvolvimento das plantas no viveiro. Em conjunto com a rega, permite manipular a quantidade e qualidade do crescimento, podendo ser acelerado ou retardado, alterando também a composição nutritiva dos tecidos, com efeitos no nível das reservas, na capacidade de enraizamento, na resistência ao *stress* hídrico, ao frio e às doenças (Oliet *et al.*, 2006). A manipulação da adubação é o principal responsável pelo estado nutricional final da planta (Landis *et al.*, 1989). A adição de nutrientes realiza-se mediante a implementação de um programa de fertilização cujas características básicas são: o tipo e composição do fertilizante, a forma de aplicação (rega, incorporação), a proporção relativa de cada nutriente e o regime de aplicação do fertilizante (periódico, constante e exponencial) (Landis *et al.*, 1989). Na prática, a proporção relativa dos nutrientes deve manter-se através de concentrações determinadas na solução base, que vai variar em função da fase de crescimento da planta (Ingestad, 1979; Landis *et al.*, 1989). Atualmente, as formas mais comuns de fertilização na produção de plantas em contentor consistem na incorporação no substrato de adubos de libertação controlada (existem no mercado diferentes granulometrias e fórmulas) e/ou por fertirrega (Caixa V). A aplicação de adubos de libertação controlada tem a vantagem de ter menor perda por lixiviação e menor efeito sobre a salinidade, do que a fertirrega. Contudo, na fase inicial do processo produtivo, a utilização de adubos de libertação controlada pode originar uma libertação superior às necessidades das plantas, ocorrendo o fenómeno oposto no final da produção (Cabrera, 1997), levando muitos autores a recomendar a combinação destas duas modalidades de aplicação de nutrientes (Eymar *et al.*, 2000).

CAIXA V – A fertirrega e os adubos de libertação controlada de nutrientes

Fertirrega

Na fertirrega os nutrientes são aplicados às plantas através da água de rega. Por este motivo, usam-se adubos solúveis ou adubos líquidos que após dissolução na água de rega formam a solução nutritiva que é aplicada às plantas. A concentração de cada nutriente na solução nutritiva e o equilíbrio entre os diferentes nutrientes são os aspetos mais importantes na fertirrega. Se a concentração de nutrientes for muito baixa o crescimento das plantas é reduzido, enquanto concentrações elevadas podem provocar salinidade, afetar o crescimento e reduzir a qualidade das plantas. O equilíbrio entre nutrientes é também importante porque o excesso de alguns elementos pode afetar a absorção e utilização de outros, provocando desequilíbrios nutricionais.

Quanto à periodicidade de aplicação, a fertirrega por ser constante ou periódica. A fertirrega constante consiste na aplicação de uma solução nutritiva diluída em todas as regas. A fertirrega periódica consiste na aplicação de uma solução mais concentrada de acordo com um programa previamente estabelecido: semanalmente, dia sim dia não, etc. Pelo facto de usar soluções nutritivas mais concentradas, a fertirrega periódica origina maiores oscilações na disponibilidade de nutrientes.

Devido aos diferentes efeitos dos nutrientes vegetais no crescimento e desenvolvimento das plantas, recomenda-se, também, que a composição das soluções nutritivas seja ajustada às diferentes fases do crescimento das plantas (Quadro 4.3).

Adubos de libertação controlada de nutrientes

Adubos de libertação controlada, também designados adubos revestidos ou encapsulados, são adubos convencionais, solúveis em água, a cujos grânulos se aplica um revestimento (uma membrana) para controlar a penetração da água no grânulo de adubo e, desta forma, controlar a velocidade de dissolução e a libertação dos nutrientes. Através de diferentes mecanismos, que dependem do tipo de membrana utilizada, os nutrientes atravessam a membrana de forma gradual para o exterior, libertando-se progressivamente durante um determinado período de tempo.

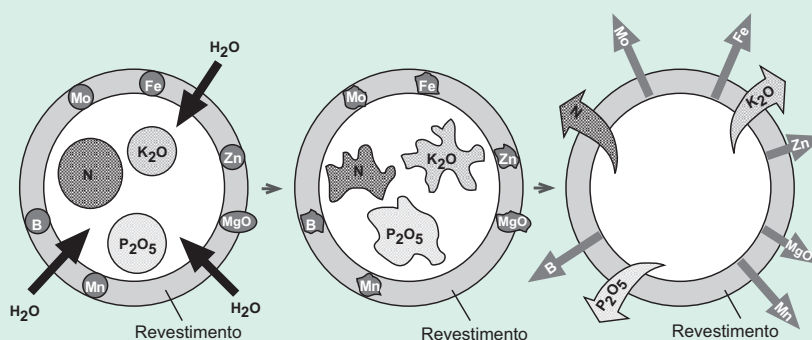


FIGURA 4.18
A libertação de nutrientes
num adubo de libertação
controlada (Trenkel, 2010).

QUADRO 4.3 – Composição de soluções nutritivas, a aplicar através de fertirrega constante, em 3 fases do crescimento de plantas florestais em viveiros (Landis *et al.*, 1989).

NUTRIENTES	CONCENTRAÇÃO (mg L ⁻¹)		
	Fase de Estabelecimento	Fase de Rápido Crescimento	Fase de Atempamento
MACRONUTRIENTES			
N	50	150	50
P	100	60	60
K	100	150	150
CA	80	80	80
MG	40	40	40
S	60	60	60
MICRONUTRIENTES			
FE	4,00	4,00	4,00
MN	0,80	0,80	0,80
ZN	0,32	0,32	0,32
CU	0,15	0,15	0,15
MO	0,02	0,02	0,02
B	0,50	0,50	0,50

A aplicação destes adubos é feita no momento de preparação dos substratos para enchimento dos contentores. As doses a aplicar podem variar entre 1 e 5 g por litro de substrato, dependendo do tipo e formulação do adubo, do período de libertação dos nutrientes, da espécie e do volume do contentor, recomendando-se que a sua utilização num viveiro seja precedida de um período de experimentação (Quadro 4.4).

QUADRO 4.4 – Efeito da aplicação de um adubo de libertação controlada (11N:22P₂O₅:9K₂O; libertação em 8-9 meses) no crescimento de pinheiro bravo em alvéolos de 120 cm³ (Ribeiro *et al.*, 1999).

QUANTIDADE DE ADUBO (g L ⁻¹)	PESO SECO (g)	ALTURA (cm)	DIÂMETRO DO COLO (mm)
0,5	0,63	9,8	1,61
1,0	0,96	12,6	1,93
2,0	1,97	18,5	2,66
3,0	2,15	20,2	2,88
5,0	2,78	21,9	3,17

Henrique Ribeiro

As plantas antes da saída do viveiro para a plantação devem passar por uma fase de atempamento que visa alterar a partição de assimilados na planta, favorecendo um investimento no sistema radicular e um abrandamento do crescimento da parte aérea com acumulação de fotoassimilados (reservas de carbono), preparando a planta para resistir a situações de geada e seca. O atempamento é promovido através da aplicação de um *stress* hídrico moderado por suspensão ou redução da frequência das regas; por redução do fornecimento de N e aumento do K na fertilização; por abaixamento da temperatura no caso da produção em condições controladas.

4.4 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

6 Rameto – um indivíduo obtido por propagação vegetativa; um membro de um clone.

7 Orteto – a planta original, a planta ou a árvore selecionada que é a iniciadora da propagação vegetativa.

8 Ciclo de melhoramento – é o tempo que decorre entre a seleção de duas gerações num programa de melhoramento. Inclui a seleção de indivíduos, a avaliação do seu valor reprodutivo e a criação da nova geração por reprodução sexual.

A propagação vegetativa ou clonagem consiste na produção de novas plantas, **rametos**⁶ – *ramet*, ingl.; *ramet* fr.; *ramet* cast. –, que têm a mesma constituição genética (genótipo) da planta que lhe dá origem – o pé-mãe **orteto**⁷ – *ortet* ingl.. Esta técnica é possível porque cada célula viva contém toda a informação genética necessária para reproduzir uma outra planta idêntica, um conceito conhecido como “totipotência”. Uma vez que não há recombinação genética envolvida neste processo, a propagação vegetativa é também conhecida como propagação assexuada. Ao evitar a recombinação genética inerente à reprodução sexual e ao desenvolvimento de sementes, os viveiristas podem produzir múltiplas “cópias” da mesma planta.

A escolha do método de propagação seminal ou vegetativa depende dos objetivos do gestor florestal e da espécie em causa. A propagação vegetativa é a opção lógica quando o objetivo é propagar um número elevado de plantas que foram selecionadas geneticamente para uma característica particular (por exemplo pelo seu rápido crescimento para futura utilização em plantações florestais). Pelo contrário se o objetivo é produzir plantas que tenham uma ampla diversidade genética nesse caso faz mais sentido a opção pela propagação seminal. Assim, a silvicultura intensiva recorre frequentemente à propagação vegetativa que habitualmente está associada a programas de melhoramento genético. Apesar da propagação vegetativa possibilitar a multiplicação de bom e mau material genético, não é recomendável investir tempo e dinheiro no desenvolvimento de técnicas de propagação sofisticadas se não for acompanhado de programas de melhoramento genético intensivos. Em virtude da duração do ciclo de melhoramento⁸ ser longo para as espécies florestais, é frequente encurtar o tempo de avaliação do valor genético do material, o que implica um elevado risco que pode resultar na plantação de clones inferiores.

À exceção dos géneros *Populus* e *Salix*, a propagação vegetativa de espécies florestais à escala comercial no Ocidente, foi uma prática rara até meados do século XX, embora se saiba que na China a *Cunninghamia lanceolata* é propagada há mais de mil anos, e no Japão a estacaria de *Cryptomeria japonica* é uma prática realizada desde o século XVII (Ritchie, 1994). Desde os anos 70 do século XX, verificou-se um maior interesse pela propagação vegetativa de indivíduos superiores, particularmente através do enraizamento de estacas caulinares, na sequência do insucesso em obter, no campo, os ganhos previstos em programas de melhoramento por dificuldade da sua propagação sexual.

A **propagação seminal** como meio de disponibilizar à silvicultura os MFR geneticamente melhorados tem uma grande limitação temporal com um elevado grau de incerteza associado. Por um lado, é necessário aguardar um longo período de tempo pela maturidade das árvores para a produção de semente, por outro lado o sucesso do processo reprodutivo está dependente de múltiplos fatores externos (condições ambientais – ver Capítulo 3) e internos (maturidade sexual das árvores, fertilidade, viabilidade da semente). Esta complexidade do processo reprodutivo resulta numa irregular periodicidade da floração e da produção de semente. Adicionalmente, nos pomares produtores de semente melhorada por polinização livre, existe uma frequente contaminação por pólen exterior de qualidade genética inferior que origina uma produção de semente de menor valor genético. Por conseguinte, o ganho em tempo na obtenção de indivíduos

geneticamente melhorados associado à uniformidade das plantas produzidas, teve uma grande influência no esforço desenvolvido para se avançar para uma floresta clonal, através de programas de melhoramento de espécies com frutificação irregular, como é o caso da *Picea abies* (Roulund, 1975), ou pela inviabilidade da via seminal por se tratarem de híbridos, no caso da *Eucalyptus grandis x urophila* (Campinhos e Ikemori, 1978). Para além disso, a opção pela propagação vegetativa, por ser mais simples e rápida, permite uma maior flexibilidade na alteração dos clones em produção. Contudo, é de referir que, como regra geral, o encargo da produção de plantas pela via vegetativa é mais dispendioso do que pela via seminal, quer porque exige maior investimento nas infraestruturas, quer porque o processo de produção é mais exigente em mão de obra, podendo esta fração atingir 80% dos encargos totais (Landis *et al.*, 1998). Também, as plantas propagadas vegetativamente apresentam, por vezes, menor vigor vegetativo do que as propagadas seminalmente.

A possibilidade de **propagar genótipos superiores em larga escala e num curto espaço de tempo** é uma das principais vantagens da propagação vegetativa de espécies florestais. Esta técnica, quando associada a programas de melhoramento genético, permite obter maiores ganhos genéticos⁹ devido a uma completa transferência do património genético dos indivíduos (Figura 4.19). Permite uma estimativa mais rigorosa do **valor reprodutivo**¹⁰ dos indivíduos selecionados, assim como a conservação de recursos genéticos pela preservação de genótipos em bancos clonais. A sua aplicação viabiliza na silvicultura o estabelecimento de plantações clonais de alta produtividade e uniformidade, a melhoria da qualidade da madeira e outros produtos, a multiplicação de indivíduos resistentes a pragas e doenças e adaptados a condições específicas, a propagação de híbridos que não produzem semente, para além de ser o método tradicional de propagação de espécies ribeirinhas cuja viabilidade da semente é baixa ou de curta duração.

9 Ganho genético é o progresso médio de uma ou mais características da descendência comparado com a população inicial.

10 Valor reprodutivo de um indivíduo é o valor genotípico de um indivíduo avaliado através do valor médio da sua descendência.

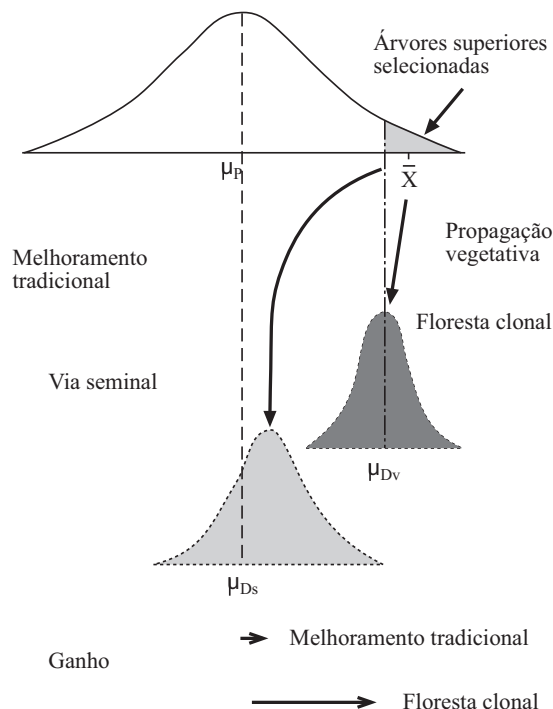
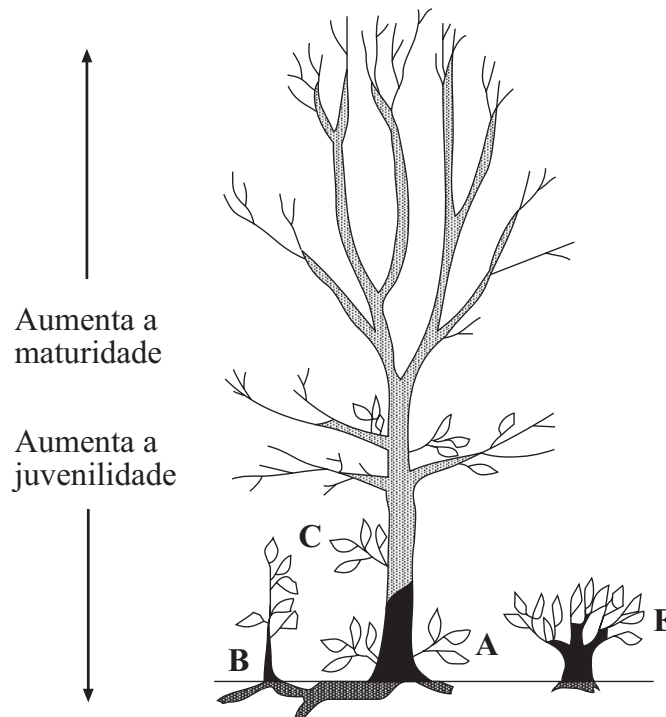


FIGURA 4.19
Comparação do ganho genético, obtido por propagação por via seminal e por via vegetativa, após seleção de árvores superiores numa população inicial. Média da população inicial (μ_i), Média da população propagada por via seminal (μ_{Ds}), Média da população propagada por via vegetativa (μ_{Dv}) (Adaptada de Eriksson *et al.*, 2013).

Entre as principais desvantagens da propagação vegetativa de espécies florestais está o risco de redução da base genética das plantações clonais, quando são utilizados um número reduzido de clones. A heterogeneidade de resultados obtidos na propagação vegetativa resulta do desconhecimento associado à complexa interação entre os fatores externos e internos da planta, como a presença de substâncias translocáveis produzidas nas folhas e gomos (por ex., auxinas, hidratos de carbono, compostos azotados, vitaminas).

A idade fisiológica do material vegetal condiciona a propagação vegetativa. Cada organismo tem um processo de desenvolvimento e de envelhecimento normal, que começa com um embrião, continua através da fase juvenil e, em seguida, desenvolve-se um estado adulto que é capaz de reprodução sexual. Ao contrário dos animais, nas plantas a idade cronológica difere da idade biológica, porque as diferentes partes de uma planta podem estar em diferentes fases de maturidade ao mesmo tempo (Landis *et al.*, 1998). A parte de uma árvore biologicamente mais jovem, mas cronologicamente mais antiga, está localizada na junção entre a raiz e parte aérea (Figura 4.20). A fase juvenil é caracterizada pela incapacidade de produzir flores sob condições ambientais favoráveis e, muitas vezes, pode ser identificada por características morfológicas e fisiológicas específicas, incluindo a forma de folha, presença de espinhos, vigor e resistência a doenças. Com interesse para os viveiristas, é o facto das estacas obtidas a partir de tecidos de plantas jovens emitirem raízes adventícias mais facilmente.

FIGURA 4.20
As estruturas das plantas perto da base da árvore e o sistema radicular mantêm a juvenilidade e são úteis como materiais de propagação: B – rebentos de raiz; A e C – gomos epicórmicos. Os viveiristas podem manter a juvenilidade dos tecidos e aumentar a disponibilidade de material de propagação através da sua manutenção em sebes (E) (Adaptada de Landis *et al.*, 1998).



De seguida, apresenta-se uma breve revisão dos métodos de propagação vegetativa mais aplicados em silvicultura, classificando-os de macropropagação, quando utilizam estacas ou enxertos (partes de plantas), e de micropropagação, quando são usados tecidos vegetais, ou eventualmente apenas células, como unidades básicas de propagação.

4.4.1 Macropropagação

Estacaria

A estacaria – *rooted cuttings* ingl.; *bouturage* fr.; *estaquillado* cast. – é uma técnica que consiste em promover a produção de raízes adventícias em partes de planta, podendo ser ramos, raízes, folhas e até mesmo fascículos, como no caso dos *Pinus* spp. Nos dias de hoje, ainda é a técnica de maior viabilidade económica para o estabelecimento de plantações clonais e a mais difundida entre as empresas florestais (Borrallho *et al.*, 2007; White *et al.*, 2007; Rezende e Marques, 2012). O desenvolvimento da clonagem de espécies florestais através de estacaria foi um marco fundamental para a propagação vegetativa assumir destaque e despertar o interesse da sua aplicação nos programas de melhoramento, com consequente inovação tecnológica resultante do investimento realizado na investigação.

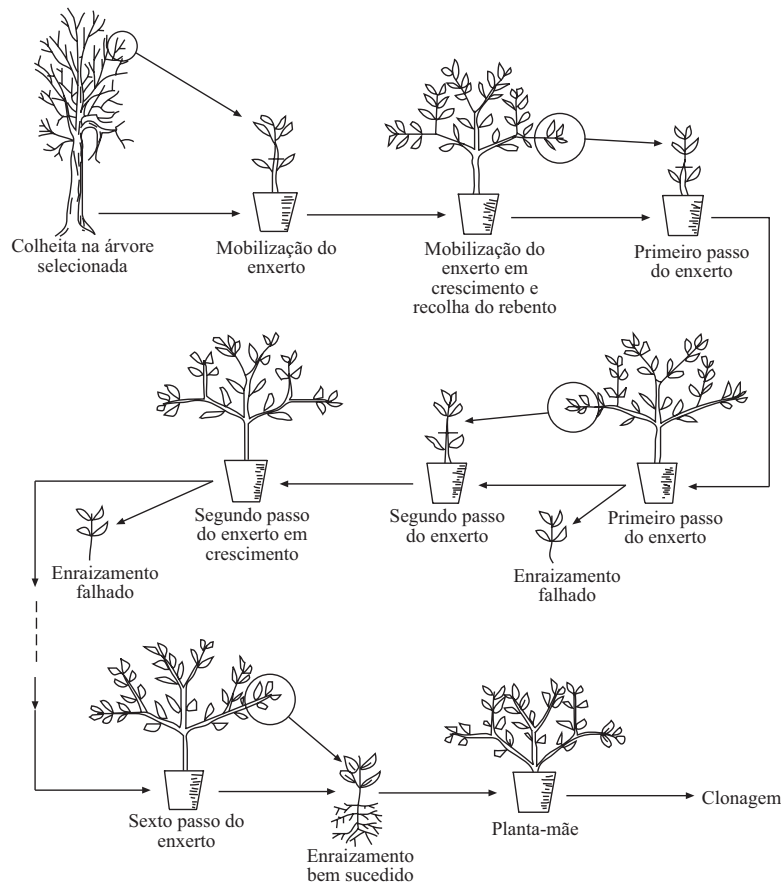
O aspeto mais determinante na propagação por estacaria é a correta formação de raízes adventícias. Trata-se de um processo complexo onde entram em jogo diversos fatores, de cuja combinação dependerá o êxito do processo de enraizamento e a sobrevivência das novas plantas. As características da espécie, a aptidão genética do indivíduo, as condições fisiológicas do pé-mãe, o tipo de estaca e a sua posição na planta, o momento de obtenção do material, os tratamentos a que é submetido e as condições de enraizamento, são os principais fatores que se deve ter em conta (Hartmann *et al.*, 1997). É frequente em plantas produzidas por estacaria haver um crescimento plagiotrópico, sobretudo em *Abies* e *Picea* e mais raro em *Pseudotsuga*, em que o propágulo não assume a forma da árvore (crescimento vertical) mas continua a crescer como um ramo (Zobel e Talbert, 1984). Estacas obtidas a partir de árvores mais velhas conservam, muitas vezes, as características relativas à idade, incluindo um crescimento mais lento. Por isso, em quase todos os programas de produção de estacas em larga escala de coníferas e na maioria das angiospérmicas, as estacas são obtidas a partir de material juvenil (Hakamata *et al.*, 2016).

Para implementar uma silvicultura de floresta clonal é necessário assegurar o êxito da estacaria, promovendo o rejuvenescimento ou a manutenção da juvenilidade nos pés-mãe em que predominam tecidos com idade fisiológica adulta. Embora existam também outras vias, a forma mais comum de rejuvenescimento é pelo recurso a uma poda severa (para provocar rebentamentos vigorosos) seguida de um processo de enxertia em cascata (Figura 4.21). Esta técnica é iniciada pela recolha de rebentos de toíça – *root sprouts* ingl.; *pousse de racine* fr.; *brote de raíz* cast. – e/ou rebentos de gomos adventícios, de indivíduos superiores selecionados, que serão depois enxertados em porta enxertos jovens – *rootstock* ingl.; *porte-greffe* fr.; *portainjerto* cast. (Carrasquinho de Freitas, 2002). Este processo é repetido em sucessivos ciclos de enxertia, em que os enxertos são os rebentos ou gomos da planta enxertada no ciclo anterior, até que a capacidade de enraizamento e a sobrevivência das estacas torne viável a sua produção em massa (Chaperon, 1987).

A condução em sebe (que implica podas severas) de pés-mãe é muitas vezes usada para retardar a maturação (envelhecimento) e manter a capacidade de enraizamento. Assim, uma gestão adequada dos pés-mãe, incluindo o calendário e intensidade das po-

das e uma nutrição adequada, é fundamental para o sucesso dos programas de produção de plantas por estacaria em larga escala. Na maioria das espécies florestais, a capacidade de enraizamento e o desempenho no campo das plantas de estacas enraizadas reduz-se com a idade das sebes (mesmo com uma gestão adequada), tornando necessária a substituição periódica das sebes de pés-mãe (White *et al.*, 2007).

FIGURA 4.21
Esquema da técnica de rejuvenescimento por enxertia em cascata (Adaptada de Chaperon, 1987).



Tipo de estacas

De forma simplificada podem distinguir-se três tipos de estacas aéreas:

- a) estacas herbáceas:** as estacas são obtidas de plantas lenhosas em ramos ou ápices flexíveis ainda não lenhificados (normalmente entre os meses de maio, junho ou julho). Em geral, este tipo de estacas enraíza rapidamente, no entanto deve evitar-se que haja dessecação durante todo o processo;
- b) estacas semilenhosas:** estacas parcialmente lenhificadas e rígidas, obtidas a partir do crescimento anual em plantas lenhosas no período de atividade vegetativa (em geral desde meados de julho até princípios do outono);
- c) estacas lenhosas:** estacas lenhificadas, obtidas a partir do crescimento do ano anterior em plantas lenhosas em repouso vegetativo (finais do outono, inverno ou princípio da primavera).

É de salientar a facilidade de multiplicação de algumas espécies utilizando segmentos de raiz. Este tipo de material pode ser utilizado em espécies que rebentam de raiz de forma natural, como o *Populus tremula* ou o *Ulmus minor*. Contudo, esta forma de

propagação tem a limitação da obtenção dos segmentos de raiz, para além de não ser possível extrair uma grande quantidade de material de um mesmo indivíduo. Na propagação de algumas espécies, como o eucalipto, pode utilizar-se mais do que um tipo de estacas sendo, no entanto, necessário acautelar a existência de instalações adequadas, uma vez que as estacas colhidas na primavera ou no verão são mais suscetíveis e requerem um ambiente com humidade e temperatura controladas.

Preparação das estacas

As estacas devem ser obtidas em plantas sãs e vigorosas, evitando, sempre que possível, os ramos ou rebentos que apresentem gomos florais ou flores; se tal não for possível, estes devem ser eliminados. Recomenda-se a realização de um corte em bisel na base da estaca, de forma a aumentar a superfície de tecido com potencial para emitir raízes e facilitar a inserção da estaca no substrato. É conveniente realizar um corte reto na parte superior das estacas obtidas da parte média e basal das varas, uma vez que não vão ter um gomo apical, assegurando-se assim a correta orientação das estacas aquando da inserção no substrato. Nas estacas com folhas, são eliminadas as que estão posicionadas na metade ou no terço basal, e cortada metade das folhas remanescentes no caso de estas serem muito grandes, para evitar um excesso de perda de água por transpiração.

Condições de enraizamento

As condições mais adequadas para estimular a formação de raízes variam segundo o tipo de estaca e espécie. As estacas semilenhosas e herbáceas são mantidas num túnel com elevada humidade relativa, com sistema de rega por nebulosidade, com aquecimento basal a uma temperatura entre os 20°C e um máximo de 25°C, utilizando-se um substrato que permita um bom arejamento das raízes, como uma mistura de turfa e de perlite, numa proporção de 1:1 (Hartmann *et al.*, 2014). No caso do sobreiro, o aquecimento do substrato a 28°C é mais favorável ao enraizamento (Carrasquinho de Freitas, 2002). As estacas lenhosas, na maioria dos casos, são plantadas diretamente em contentores, no entanto, as espécies mais difíceis de enraizar requerem também, por vezes, aquecimento basal, devido à necessidade de criar um diferencial de temperatura entre a parte apical e basal da estaca.

Uma aplicação exógena de auxinas na base da estaca proporciona uma maior qualidade, velocidade e uniformidade de enraizamento (Hartmann *et al.*, 1997). As auxinas mais utilizadas no enraizamento de estacas são o ácido indolacético (AIA), o ácido indolbutírico (AIB) e o ácido naftaleno acético (ANA). Entre as auxinas sintéticas mais eficientes na promoção do enraizamento de estacas, o AIB, em pó ou em solução, é eficaz para um grande número de plantas, por ser estável à foto-degradação e imune à ação biológica. Esta auxina sintética tem sido muito utilizada em estacas de várias espécies, como o eucalipto, principalmente naquelas que apresentam dificuldades em emitir raízes, promovendo a diferenciação celular e a formação de raízes.

O substrato é considerado outro fator chave para o sucesso da estacaria e deve apresentar, entre outras características, ausência de agentes patogénicos, bom arejamento e baixa fertilidade. As estacas devem ser enterradas até um terço ou até metade do seu comprimento, sendo conveniente efetuar regas periódicas, mantendo-se o substrato sempre húmido, evitando o encharcamento e a exposição direta ao sol.

Aclimação

Um dos processos mais delicados da propagação vegetativa com estacaria é a fase de aclimação. Depois do material estar enraizado, a sua passagem para condições de temperatura e humidade menos favoráveis deve efetuar-se de uma forma gradual. No caso de a estacaria ter sido efetuada em tabuleiros, em caixas ou em alvéolos de menor dimensão, as plantas devem ser mudadas para contentores de tamanho adequado para possibilitar um melhor desenvolvimento. Aquando da colocação das plantas no exterior, numa primeira fase, deve ser evitada a exposição direta ao sol e prevenida a ocorrência de geadas tardias.

Mini-estacaria

A melhoria no enraizamento de estacas tem sido alcançada através de técnicas como a mini-estacaria, que possibilita considerável ganho decorrente do aumento dos índices de enraizamento e de redução do tempo para a formação das plantas (Borrallho *et al.*, 2007). Esta técnica consiste na utilização de rebentos de plantas propagadas pelo método de estacaria convencional como fontes de propágulos vegetativos, sendo os pés-mãe criados em sistemas hidropónicos. As estacas colhidas neste sistema são de menor dimensão e, em princípio, de maior juvenilidade. Em Portugal, a mini-estacaria tem vindo a ser testada e é utilizada com sucesso em *E. globulus*, no Viveiro do Fura-douro (Óbidos) (Figura 4.22). Nesta espécie, é inicialmente feita a poda do ápice que se desenvolve na estaca enraizada (planta com cerca de 2 meses) e, em intervalos curtos e sequenciais (10 a 25 dias) são emitidos novos rebentos que são colhidos e colocados a enraizar, dependendo a variação do intervalo da época do ano, do clone/espécie e das condições nutricionais. Após a realização do primeiro ciclo de mini-estacaria, pode reiniciar-se o processo a partir de plantas originadas de mini-estacaria, o que poderá resultar em grandes ganhos na sobrevivência, no enraizamento e no vigor vegetativo.

FIGURA 4.22
Pés-mães mantidos em
cultura hidropónica (mini-
estacaria).



Enxertia

A enxertia – *grafting* ingl.; *greffage* fr.; *injertar* cast. – é uma técnica de propagação vegetativa muito antiga, utilizada desde tempos imemoriais, em espécies frutícolas e ornamentais. Os florestais recorrem também a esta técnica quando pretendem antecipar a produção de semente, uma vez que os enxertos – *scions graft* ingl.; *greffon* fr.; *injerto* cast. – colhidos na parte superior da copa mantêm a maturidade sexual. É, por isso, utilizada nas espécies florestais em que o produto pretendido é o fruto (como o caso do pinheiro manso e do castanheiro), na instalação de pomares de sementes clonais ou quando se pretende preservar genótipos.

A planta enxertada resulta da reunião de uma planta que fornece o sistema radical – porta-enxerto ou cavalo – e do enxerto ou garfo colhido na copa do indivíduo selecionado. Esta nova planta fica, assim, constituída por dois genótipos distintos. Geralmente o garfo e o cavalo pertencem à mesma espécie (homoplastia), mas por vezes são utilizadas espécies distintas (heteroplastia), como no caso do castanheiro para produção de fruto em que o cavalo é de *Castanea crenata* resistente à doença da tinta e o garfo é de *Castanea sativa*. O principal problema na enxertia é a incompatibilidade entre o garfo e o cavalo, que se pode manifestar no primeiro ou segundo ano após a enxertia ou, por vezes, passados vários anos. Um dos sintomas mais comuns é o inchaço acima do ponto da enxertia que pode resultar da falta de união dos tecidos do garfo e do cavalo (Figura 4.23 B).



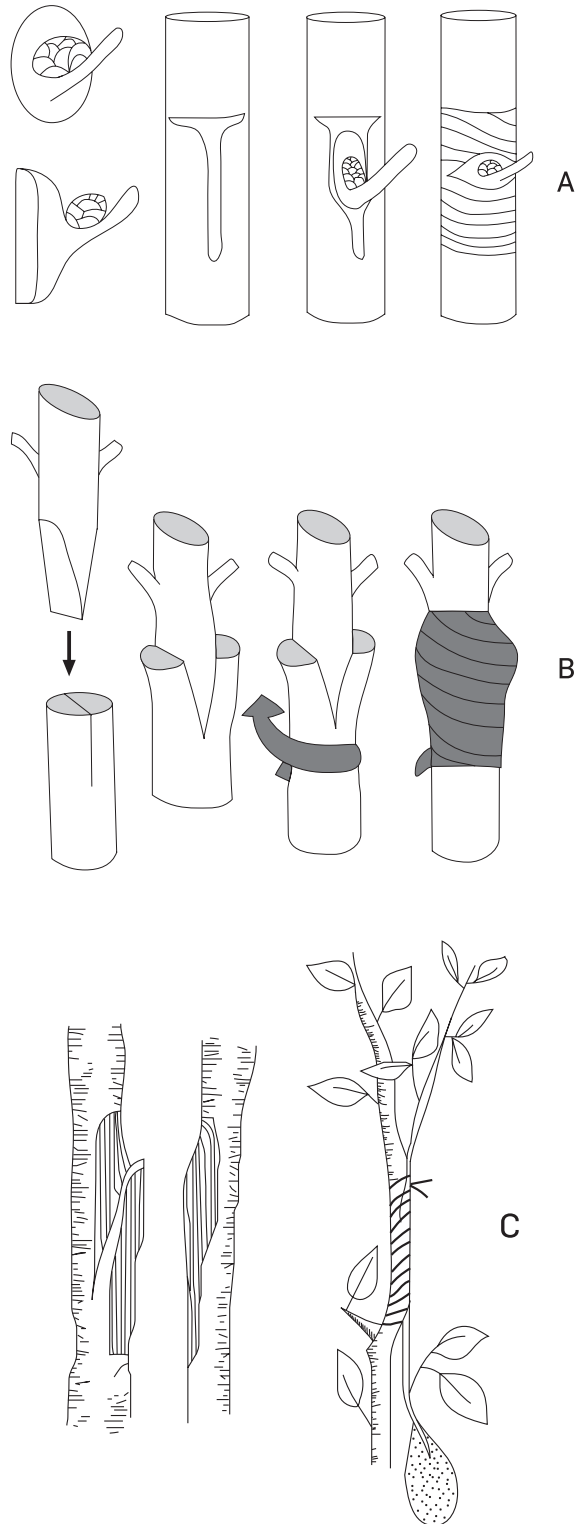
FIGURA 4.23
Enxertia de eucalipto à esquerda com ligação perfeita entre cavalo e garfo; à direita, enxertia em que se manifesta a incompatibilidade entre o garfo e o cavalo (fotos de José Araújo).

Tanto o garfo como o cavalo devem ser preparados a partir de plantas sãs, tendo o cuidado de não permitir que o cavalo emita rebentos, não só porque enfraquece o

desenvolvimento do garfo, mas porque o que se pretende é o desenvolvimento de uma planta cuja parte aérea tem origem no garfo da planta selecionada.

A Figura 4.24 ilustra diversos tipos de enxertia, dependendo a sua escolha da espécie em causa.

FIGURA 4.24
Representação
esquemática de vários
tipos de enxertia: A -
enxertia de borbulha,
utilizada no sobreiro;
B - enxertia de fenda
cheia, utilizada no pinheiro
bravo e pinheiro manso;
C - enxertia de encosto
com garrafa, utilizada no
eucalipto.



4.4.2 Micropropagação

A micropropagação é uma técnica de cultura de tecidos que envolve a propagação de plantas, sob condições assépticas de laboratório, a partir de fragmentos muito pequenos de plantas. A parte da planta excisada que serve como o propágulo inicial designa-se por explante – *explant* ingl.; *explant* fr.; *explante* cast.. Esta propagação vegetativa é muitas vezes atrativa, quer pelo seu carácter de modernidade e de tecnologia avançada, quer pela capacidade potencial de produzir milhares de novas plantas a partir de uma pequena quantidade de tecido de planta. No entanto, a micropropagação tem muitas das limitações das outras técnicas de propagação vegetativa e é significativamente mais cara devido às infraestruturas e, particularmente, à mão-de-obra especializada que exige, que pode corresponder a 60 a 80% do custo total. Assim, apenas se justifica a sua utilização quando associada a programas de melhoramento genético, para multiplicação de genótipos superiores, ou em programas de conservação de recursos genéticos para conservação de árvores raras em vias de extinção.

A micropropagação não está sujeita a ciclos sazonais, o que permite propagar as plantas através desta técnica durante todo o ano. Por seu turno, os pés-mãe produzidos têm a vantagem de manter a juvenilidade durante mais tempo, com maiores índices de enraizamento e melhor qualidade do sistema radicular (Assis, 1997). No entanto, para além da desvantagem dos elevados encargos com a produção destas plantas, deve ser tida em conta a dificuldade em manter condições de assepsia com o material vegetal livre de agentes patogénicos, a necessidade de desenvolver protocolos específicos para cada espécie e ainda a instabilidade fenotípica que se traduz numa variabilidade de comportamento das plantas micropropagadas no campo. Esta variabilidade obriga à instalação de campos experimentais, o que constitui um processo caro e moroso, sendo por vezes necessário avaliar o comportamento até à fase adulta. Tal como nos outros casos, a escolha do método de propagação deve ser realizada em função dos objetivos e dos recursos do viveiro.

A produção comercial de plantas micropropagadas é viável sobretudo em espécies ornamentais em virtude do elevado preço unitário que estas plantas podem atingir. No caso das espécies florestais, dificilmente se justifica o investimento pelos elevados encargos associados e por o preço unitário das plantas para arborização praticado no mercado ser consideravelmente inferior. Contudo, como muitas vezes as empresas florestais têm uma estrutura vertical produzem as próprias plantas que utilizam nas ações de arborização. Assim, a manutenção de uma estrutura destinada à micropropagação tem sido, por vezes, utilizada como ferramenta estratégica para a propagação em larga escala de genótipos de alto valor que apresentam dificuldades de propagação por outros métodos vegetativos ou sexuais, sendo geralmente produzidos pés-mãe que são posteriormente utilizados em estacaria.

Dentro da micropropagação, a **organogénese** – *organogenesis* ingl.; *organogénese* fr.; *organogénesis* cast. – é a forma mais comum através da microestacaria – *microcuttings*, ingl. –, e consiste na cultura in vitro de gomos, cotilédones, folhas ou pequenas estacas. Envolve quatro fases, as três primeiras em condições de assepsia:

- **estabelecimento de uma cultura asséptica** que se inicia com a extração do explante (tecido vegetal pretendido) e o seu estabelecimento e manutenção num meio artificial em condições laboratoriais;
- **multiplicação do explante** colocado num meio de cultura que manipulado favoreça a multiplicação dos tecidos, o aumento do número de propágulos, o desenvolvimento de rebentos que serão colhidos como microestacas e, posteriormente, postas em condições que favoreçam o crescimento;
- as **microestacas** são colocadas em condições que promovam o **desenvolvimento das raízes**;
- **transplante e aclimação gradual**, quando as microestacas que desenvolveram raízes suficientes são transferidas dos frascos de vidro para contentores com substrato e colocadas em áreas de ambiente controlado, onde a futura plântula se torna progressivamente autotrófica.

A cada uma destas fases correspondem condições específicas de temperatura, luz, nutrientes, hormonas e vitaminas específicas que são dependentes da espécie e, por vezes, do indivíduo. Para uma leitura mais detalhada, e uma discussão completa e exaustiva consultar Hartmann *et al.* (1997).

Outra técnica de micropropagação é a **embriogénese somática** – *somatic embryogenesis* ingl.; *embryogenèse somatique* fr.; *embriogénesis somática* cast. – que consiste na manipulação de tecidos meristemáticos ou pouco diferenciados, com o objetivo de formação de embriões sem que haja fecundação. Através de estímulos ambientais ou químicos aplicados aos explantes em cultura, células somáticas são induzidas a formarem embriões, os quais podem ser posteriormente convertidos em plantas, passando por estágios semelhantes aos observados na embriogénese zigótica. Esta técnica é considerada como tendo potencial na multiplicação clonal de plantas, admitindo-se que a partir de um único explante se pode produzir um número ilimitado de embriões, tornando o processo altamente atrativo para a produção massiva de plantas. Tem ainda a possibilidade de produção artificial de sementes – **sementes sintéticas** – por encapsulamento dos embriões somáticos, com um mínimo de manipulação e espaço físico de laboratório, o que é altamente desejável (Pires *et al.*, 2011).

4.5 QUALIDADE DAS PLANTAS E ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS

O reconhecimento de que entre as causas dos insucessos observados em muitos dos programas de arborização durante o século XX, em Portugal, tal como em outros pontos do globo estava a utilização de espécies e proveniências não adaptadas ao local (Louro, 1999; Villar-Salvador, 2003) e, também a baixa qualidade das plantas produzidas em viveiro (Louro e Cabrita, 1985; Dumroese *et al.*, 2005; Grossnickle, 2012), alertou os florestais para estas questões. O impacto negativo causado pela utilização de plantas de baixa qualidade, ultrapassa a fase inicial do estabelecimento das plantações e afeta o seu desempenho muitos anos mais tarde (Louro e Cabrita, 1985; Villar-Salvador, 2003; Dumroese *et al.*, 2005), contribuiu para o desenvolvimento de novas técnicas de produção de plantas, que associadas às de preparação da estação revolucionaram os métodos tradicionais das plantações florestais. Atualmente, a preocupação pela qualidade das plantas utilizadas nas plantações estende-se para além da vertente económica, que resulta dos elevados encargos com as retanchas¹¹ e/ou a necessidade de recorrer a práticas culturais muito onerosas, como a rega para garantir a sobrevivência de plantas de fraca qualidade. Existe também uma componente ambiental tida em consideração, pelo impacto que estas plantas causam nas arborizações, uma vez que o seu fraco desenvolvimento compromete o desempenho de outras funções proporcionadas pelo coberto florestal, como por exemplo a de proteção contra a erosão.

O conceito de “qualidade das plantas” relaciona-se diretamente com a capacidade das plantas sobreviverem e crescerem após a plantação (Duryea, 1985; Mattsson, 1996). Outra forma de avaliar a qualidade das plantas é pela “satisfação ou não” dos objetivos definidos pelo gestor florestal e, neste caso, a qualidade é a “aptidão para o fim em vista” (Ritchie, 1984). Ao abordar o tema da qualidade das plantas é importante recordar que o desempenho da planta resulta da sua constituição genética, que é o potencial para um certo tipo de desenvolvimento, e do ambiente em que se desenvolveu. É também de salientar a necessidade de utilizar plantas adaptadas aos locais das plantações, relacionada com a sua origem geográfica ou proveniência, por ser um dos fatores que condicionam o sucesso do repovoamento florestal e a evolução das novas populações.

Considerando a multiplicidade de situações e de objetivos das arborizações é compreensível que, como referem Dumroese *et al.* (2005), “não exista uma planta ideal adequada para todos os fins”, surgindo assim o conceito de “planta tipo” ou “planta alvo” – *target seedling* ingl. –, isto é, a planta que é produzida para sobreviver e crescer, depois de plantada num local específico e com um objetivo específico (Dumroese *et al.*, 2005). Este conceito reforça a necessidade de haver um diálogo construtivo entre o gestor florestal e o viveirista, para a definição dos parâmetros biológicos e comerciais associados à produção das plantas. Embora à primeira vista pareçam parâmetros distintos, sobrepoem-se e influenciam-se mutuamente, realçando a necessidade da comunicação entre quem produz as plantas e quem as planta. Os tópicos a considerar são:

Objetivo da plantação

Os objetivos das arborizações podem ser múltiplos, desde a recuperação da paisagem até ao estabelecimento de um ecossistema resiliente às perturbações ambientais

¹¹ Retanchar é a substituição das plantas que não “vingaram”, isto é, compensar as quebras ou falhas da plantação, que podem atingir por vezes 20-30% da densidade inicial.

(Cortina *et al.*, 2006), passando pelas plantações comerciais que pretendem satisfazer a procura de matéria-prima das indústrias da fileira florestal. Para estas diversas realidades, a escolha das espécies e as características das plantas a utilizar nas plantações são distintas, assim como os critérios de qualidade devem traduzir essa diversidade. As espécies e o tipo de plantas utilizadas nas plantações em que se pretende maximizar a produção de material lenhoso, para madeira serrada ou pasta de papel, são distintos daquelas que são plantadas no restauro de linhas de água ou em cortinas de abrigo, essencialmente com uma função de proteção. Neste caso não se pretende que as árvores concentrem e maximizem a produção da madeira no fuste apurado, nem a homogeneidade da sua forma, pretendendo-se antes uma valorização da diversidade das árvores em termos paisagísticos.

Utilização de material geneticamente melhorado ou MFR de origem identificada

A necessidade de utilização de plantas provenientes de programas de melhoramento genético é inquestionável no caso das plantações comerciais em que se pretende a maximização da produção, a uniformidade e qualidade dos produtos, e a obtenção do máximo rendimento no mais curto intervalo de tempo, ou ainda nas arborizações em que é necessário dispor de plantas resistentes a pragas e doenças. No entanto, quando o carácter do repovoamento é essencialmente de conservação e proteção dos ecossistemas florestais, é desejável uma diversidade dos indivíduos, e, nestes casos, é apenas aconselhável acautelar a sua adaptabilidade ao meio, sendo suficiente a utilização de material de origem identificada.

Fatores que limitam o crescimento no local de plantação

A identificação dos fatores que irão condicionar a sobrevivência e o desenvolvimento futuro das plantas é importante, em especial nos ambientes em que as condições são mais adversas ao estabelecimento das novas plantações, situações onde a qualidade da planta tem maior influência na capacidade de superar o choque fisiológico da transplantação (Simpson e Ritchie, 1997). Na região mediterrânica, em que as plantações são muitas vezes realizadas em solos pobres e esqueléticos, a baixa disponibilidade de água e nutrientes são os fatores determinantes dos insucessos registados. Para além disso, dado o carácter do clima nesta região, alterações na sazonalidade da chuva podem ser muito relevantes. Navarro *et al.* (2006), compilando os resultados de vários estudos efetuados na região mediterrânica, constataram que a sobrevivência inicial tem uma correlação negativa com a evapotranspiração acumulada até ao mês de junho, e uma correlação positiva com a precipitação estival (junho, julho e agosto). Por vezes, também as geadas primaveris tardias podem comprometer os resultados finais.

Época de plantação

A data prevista para a plantação vai condicionar todo o processo de produção, uma vez que corresponde ao momento em que o viveirista deverá entregar as plantas, em boas condições, ao gestor para a plantação. Deve corresponder ao período em que há maior probabilidade de sobrevivência e de crescimento das plantas, e toda a calendarização da produção deverá estar sincronizada com a plantação.

O aquecimento global tem induzido alterações na fenologia das árvores dos climas temperados e mediterrânicos. Como consequência de invernos mais suaves e primaveras mais quentes haveria uma extensão do período favorável para a plantação e melhores crescimentos das árvores, no entanto a frequência com que ocorrem períodos de seca reduz este período significativamente. De facto, muitos dos cenários de alteração climática para a Península Ibérica preveem aumentos na ocorrência de períodos muito quentes e na frequência de secas severas, condições que vão condicionar a escolha do período de plantação.

Método de plantação

O método de plantação depende do gestor florestal e das condições em que vai decorrer a plantação, bem como da dimensão das plantas a utilizar. Assim, poderá ser manual ou mecânico de profundidade variável conforme o tipo de planta (raiz nua ou em contentor) e solo.

Planta alvo pretendida

É da junção dos cinco pontos referidos anteriormente, e com base na experiência dos agentes envolvidos (viveirista e gestor florestal), que deve ser delineado o tipo de plantas pretendido. Por outro lado, as previstas alterações no clima tornam esta etapa ainda mais pertinente pois estamos a reflorestar com alguma incerteza sobre o futuro. Assim, de acordo com o conceito de “plantas alvo”, estas são produzidas tendo em consideração o seu destino, e são o resultado das observações dos silvicultores e dos ajustes posteriores das práticas culturais feitos pelos viveiristas. No entanto, para além da necessidade em definir a qualidade pretendida para as plantas, é importante também ter disponível um modo de medir ou avaliar essa qualidade. Enquanto a avaliação da qualidade das plantas, medida pelo seu comportamento no campo, é facilmente quantificável *a posteriori*, a sua quantificação *a priori*, isto é, no viveiro, levanta sérios problemas. É atraente, mas irrealista, conseguir desenvolver um índice com valores fiáveis que permita distribuir plantas que foram submetidas ao mesmo tratamento no viveiro, por diferentes classes – classes essas que corresponderiam a diferentes desempenhos no campo –, porque, tal como não existe nenhum índice que avalie a saúde humana, não existe nenhuma medida, que permita, por si só, avaliar a qualidade das plantas (Ritchie, 1984). Contudo, basta a possibilidade de desenvolver critérios de avaliação da qualidade das plantas que permitam a identificação de uma pequena percentagem de plantas sem potencial de crescimento, para que um programa de controlo de qualidade seja rentável, em virtude dos elevados custos associados às plantações e aos prejuízos decorrentes dos insucessos, resultantes da mortalidade e das perdas de produção (Villar-Salvador, 2003). Atualmente, recorrendo a diversos parâmetros medidos nas plantas no viveiro, é possível identificar as que têm elevada probabilidade de não sobreviver no campo ou de ter um mau desempenho (Mattsson, 1996). Esta avaliação tem evoluído com o conhecimento que tem vindo a ser adquirido, não só relativamente aos processos fisiológicos das plantas, mas também no que respeita ao impacto que as técnicas de produção têm nesses processos e, para uma melhor compreensão dessa interação, tem contribuído um considerável desenvolvimento tecnológico com a disponibilização de metodologias e de equipamentos de avaliação mais expeditos.

De uma forma resumida o diagnóstico da qualidade de um lote de plantas pode ser efetuado considerando os seguintes atributos:

a) Morfológicos – referem-se à qualidade exterior das plantas, descrevem a sua forma, tamanho, peso, etc. Os parâmetros normalmente utilizados são:

- **Altura da parte aérea:** importante nas situações de plantação em que a competição pela luz será um fator limitante. Verifica-se nas estações em que as condições são favoráveis, o *stress* ambiental é reduzido e em que é previsível a competição das plantas com a vegetação. As plantas mais altas captam mais radiação solar o que favorece a produção fotossintética. Contudo, nos casos de limitação hídrica no solo, como é usual nas regiões mediterrânicas, as plantas mais altas e com maior biomassa de folhas, podem sofrer de défice hídrico uma vez que o seu sistema radicular pode não captar a água suficiente para compensar a água perdida por transpiração. A suscetibilidade das plantas altas ao *stress* hídrico, após a plantação, pode ser mitigada se tiverem a capacidade de produzir rapidamente novas raízes (Grossnickle, 2012).
- **Diâmetro do caule** medido no colo da raiz: está relacionado com o desenvolvimento do sistema radical. Este crescimento, regra geral, é muito mais regular que a altura, particularmente em espécies como as quercíneas, que em virtude de vários ciclos de rebrote da parte aérea de plantas que, por fatores bióticos ou abióticos, perderam total ou parcialmente a parte aérea a variação da altura tanto pode ser positiva como negativa (Vilagrosa, 1997). Contudo, esta variável não considera a perda de funcionalidade, permanente ou temporária do tecido condutor;
- **Arquitetura da parte aérea:** vários parâmetros podem ser considerados entre os quais a presença de caules múltiplos, a razão da área foliar ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) – *leaf area ratio* ingl. – dada pelo quociente entre a área total das folhas e a biomassa total da planta que caracteriza a dimensão relativa do aparelho fotossintético, e também através da área foliar específica – *specific leaf area* ingl. –, calculada pelo quociente entre a área foliar e o peso seco da folha ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$), que reflete a espessura das folhas;
- **Arquitetura da raiz:** é um fator chave no crescimento inicial da planta e para o seu estabelecimento no local. É avaliada através da sua ramificação, do comprimento total, do peso seco total e da presença de deformações da raiz.
- **Coefficiente de robustez** (*sturdiness* ingl.): razão da altura da parte aérea e diâmetro do caule no colo da raiz.
- **Razão entre a biomassa radicial e a biomassa da parte aérea** (*root-shoot ratio* ingl.): avalia o equilíbrio entre o desenvolvimento da parte aérea (componente transpirante) e a radical (componente absorvente).
- **Índice de Dickson:**

$$\text{QI} = [\text{peso seco total (g)}] / [(\text{altura (cm)} / \text{diâmetro (mm)} + \text{peso seco parte aérea (g)} / \text{peso seco raiz (g)})]$$

b) Fisiológicos – estes atributos referem-se à qualidade da planta em termos funcionais ou à avaliação do seu comportamento. Os parâmetros mais utilizados são:

- **Estado hídrico:** é sem dúvida o aspeto mais importante da qualidade das

plantas. Há um valor mínimo de turgidez nas células das raízes, abaixo do qual as raízes não têm capacidade de absorver água do solo e não se desenvolvem novas raízes. Independentemente de haver disponibilidade de reservas, enzimas e da arquitetura das raízes ser excelente, o estabelecimento da planta no local falha. O potencial hídrico é uma forma de avaliar o estado de hidratação das plantas, e pode ser medido utilizando uma câmara de pressão (Scho-lander *et al.*, 1965) ou recorrendo a outros métodos como o gravimétrico, por exemplo (Weatherley, 1950).

- **Estado do aparelho fotossintético:** avaliado através da fluorescência da clorofila *a* e do teor de clorofila, é indicador do potencial de crescimento da planta. A fluorescência da clorofila *a* consiste na reemissão da luz absorvida pelos pigmentos fotossintéticos e reflete os processos primários da fotossíntese. A quantificação da fluorescência da luz e o seu padrão ao longo do tempo é indicativo se os mecanismos fotossintéticos estão ativos e sem danos. Trata-se de um teste não destrutivo e de resposta instantânea, efetuado com um fluorímetro portátil (Fluor Pen FP 100) (Pagter *et al.*, 2008; Guidi e Calatayud, 2014). Por sua vez, o teor de clorofila das folhas pode ser estimado de uma forma expedita utilizando-se um equipamento portátil, o Soil Plant Analysis Development (SPAD), que permite realizar medições de forma rápida (poucos segundos) e não destrutiva (Pacheco-Labrador *et al.*, 2014; Fu *et al.*, 2014).
- **Estado nutricional:** é avaliado através da análise dos nutrientes das folhas, nomeadamente os macronutrientes N, P e K. É de salientar a importância do teor de azoto absorvido pela planta, muito correlacionado com a capacidade fotossintética e indicativo da disponibilidade de reservas suplementares aquando da instalação no campo. Um adequado teor de azoto origina um desenvolvimento mais rápido do sistema radicular e aumenta a capacidade produtiva da planta. Um método expedito para avaliar o estado nutricional da planta é a medição do conteúdo de clorofila das folhas, recorrendo ao SPAD, que está diretamente relacionado com a quantidade de azoto presente na planta.
- **Teor de hidratos de carbono (amido e açúcares):** traduz a quantidade de substâncias de reserva da planta que permitirão o crescimento do sistema radicular aquando da plantação. Estas determinações são realizadas em laboratório a partir de amostras recolhidas no viveiro em plantas representativas dos lotes em avaliação (Stitt, 1991).
- **Imagiologia térmica** (*Thermal imaging* ingl.): técnica rápida e não destrutiva que, através da temperatura da folha, avalia o estado hídrico da planta. O encerramento dos estomas, associado à disponibilidade de água, ao impedir a transpiração da folha conduz a um aumento da sua temperatura. Este efeito, que pode ser avaliado numa fase inicial, permite avaliar o estado hídrico da planta, o grau de *stress*, condutância estomática e a taxa de transpiração (Grant *et al.*, 2006; Grant *et al.*, 2010; García-Tejero *et al.*, 2016).
- **Libertação de Eletrólitos das Raízes** (*Root Electrolyte Leakage* ingl.): é utilizado como um índice de vitalidade das plantas que se baseia na relação existente entre as lesões provocadas nas células por um fator de *stress* (por exem-

plo, *stress* hídrico ou temperatura) e o exsudado de eletrólitos que ocorre em resultado das alterações provocadas nas membranas celulares (Dexter *et al.*, 1930; McKay e White, 1997).

- **Crescimento Potencial das Raízes** (*Root Growth Potential* ingl.): a capacidade de emitir novas raízes é importante para a planta voltar a absorver a água e os sais minerais após a plantação no local definitivo. Este teste, conhecido por RGP, avalia a capacidade da planta emitir novas raízes em condições ótimas de crescimento (temperatura, disponibilidade de água e luz), e é utilizado como teste de desempenho na avaliação da qualidade das plantas (Ritchie, 1984). Tem o inconveniente de ser um teste moroso dependente do ritmo de crescimento da espécie – no caso do eucalipto 14 dias são suficientes, mas no sobreiro tem uma duração, no mínimo, de 28 dias. Este teste apresenta uma boa capacidade preditiva da performance das plantas no campo, sobretudo em áreas mais desfavoráveis, sujeitas a maiores choques fisiológicos de transplantação, como é o caso do clima mediterrânico. Ao contrário, em áreas com condições edafo-climáticas favoráveis, nas quais as plantas estão menos sujeitas ao deficit hídrico após a plantação, este teste será menos preditivo uma vez que a maioria das plantas sobrevive, mais ou menos independentemente da sua vitalidade e capacidade de formar novas raízes (Mattsson, 1991).
- c) **Biológicos** – atributos que se referem ao estado sanitário (ataques de insetos ou agentes patogénicos) e à qualidade e quantidade de micorrização do lote de plantas (Caixa VI).
- d) **Genéticos** – atributos que se referem ao valor do genótipo e à influência na qualidade das plantas da origem e da proveniência dos progenitores ou do clone. O reconhecimento da importância da componente genética tem vindo, progressivamente, a alterar o comportamento dos gestores florestais relativamente a esta componente dos MFR. A avaliação da “qualidade” genética implica recurso à estatística e ao delineamento experimental quer em ensaios de campo (de proveniência, descendência ou clonais), quer em condições de ambiente controlado, que permitem a avaliação do genótipo através do controlo do efeito da variação ambiental na resposta das plantas, tornando possível avaliar separadamente os efeitos genéticos, ambientais e a sua interação para as características das plantas com interesse (crescimento ou características adaptativas como por exemplo a tolerância à secura).

É de salientar que a uniformização/otimização dos tratamentos proporcionados às plantas durante o seu crescimento em viveiro (por exemplo, rega e adubação) pode levar a duas situações opostas que o viveirista deve ter em consideração:

- i) permite que, no viveiro, genótipos mais fracos tenham um desempenho igual a genótipos superiores, inviabilizando a sua seleção precoce;
- ii) famílias com tempos médios de germinação muito distintos causam ritmos de crescimento diferentes das plantas, induzindo o viveirista a praticar uma seleção das famílias mais precoces e a remover as plantas pertencentes às famílias com germinação mais tardia, reduzindo assim a diversidade genética. Para evitar esta situação, sempre que possível, a semente deve ser colhida por famílias nos

pomares de sementes, e a sua produção em viveiro deve ser realizada de forma que os lotes das diferentes famílias sejam mantidos separados.

CAIXA IV – Pragas e doenças de viveiros e plantações florestais

Vários organismos afetam a sobrevivência e qualidade das plantas produzidas em viveiro. Estes implicam perdas na produção, assim como mortalidade das plantas durante o primeiro ano após plantação, levando à necessidade de retanchas.

Em viveiro, a idade jovem das plântulas, as condições de humidade, de irrigação e fertilização que se verificam são frequentemente propícias ao desenvolvimento de determinadas pragas e doenças.

Na fase de plantação, organismos presentes no terreno ou nas plantas existentes nos locais envolventes poderão vir também a afetar seriamente a sobrevivência das jovens plantas. Por outro lado, agentes patogénicos e pragas presentes em viveiro poderão ser transportados para o local de plantação, podendo mesmo afetar povoamentos vizinhos. Por vezes são necessárias medidas legislativas que impeçam a disseminação destes organismos a partir de material oriundo dos viveiros. Refram-se como exemplo, as medidas relativas ao cancro resinoso dos pinheiros, doença causada pelo fungo *Fusarium circinatum*.

Em respeito aos insetos, podemos distinguir os que se alimentam da parte radicular dos que se alimentam da parte aérea. No primeiro caso temos organismos que ao consumirem as raízes causam perda de qualidade ou a morte das plantas. Os coleópteros das famílias Elateridae, Melolonthidae e Curculionidae, os dípteros, Tipulidae e Sciaridae e larvas de lepidópteros da família Notodontidae, incluem os principais grupos que afetam as raízes das jovens plantas. A idade da planta determina a sua suscetibilidade aos insetos que consomem raízes, em geral quanto mais jovens as plantas maior a probabilidade de mortalidade. De igual modo a idade da planta determina em parte os grupos de insetos a que estão suscetíveis. Por exemplo, plântulas jovens em viveiros poderão ser alvo de fortes ataques das larvas diminutas, 2-3 mm, da família Sciaridae enquanto plantas com 1- 2 anos com raízes desenvolvidas poderão ser consumidas por larvas de gorgulhos e melolontídeos com 10 a 40 mm de tamanho. Quando o consumo da raiz é total, ou quando leva à anelação da raiz ou colo da planta, a morte é inevitável. A generalidade dos insetos que consomem raízes são muito polípagos, embora alguns se alimentem principalmente de folhosas ou apenas de resinosas, outros alimentam-se indiscriminadamente de várias famílias de plantas. Estas espécies podem encontrar-se no terreno onde anteriormente se alimentavam de plantas arbustivas ou arbóreas, a sua monitorização antes da plantação é pois recomendável.

Da mesma forma, entre os agentes causais de doenças que afetam o colo e o sistema radical de plantas em viveiros encontra-se uma grande diversidade de organismos, desde pseudofungos, fungos, bactérias, vírus e nemátodes.

Pseudofungos como os pertencentes aos géneros *Phytophthora* e *Pythium* e fungos dos géneros *Botrytis*, *Fusarium* e *Rhizoctonia* estão normalmente associados à ocorrência de “damping-off”, quer de pré-, quer de pós-emergência. A morte das plântulas pode ainda ocorrer na sequência de podridão e morte de raízes devido a infecções por *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Calonectria* spp., entre outros. Alguns destes organismos são polípagos e a sua presença no viveiro pode dever-se a uma introdução inadvertida quer por utilização de sementes ou material de propagação vegetativa infetados, quer por utilização de águas, solo ou substratos contaminados.

Nos insetos que se alimentam da parte aérea das plantas distinguem-se dois grupos que podem ser destrutivos de plantas jovens: os sugadores (ordem Hemiptera), que se alimentam através de um estilete perfurando os tecidos das plantas, e os desfolhadores, que consomem folhas, especialmente as mais tenras, e gomos.

Afídeos, adelgídeos, psílídeos e cochonilhas, são os principais grupos de sugadores, em viveiro e plantações jovens. Estes insetos são muito favorecidos pelas condições de fertilização e irrigação que geralmente se verificam nestas condições. Os sugadores provocam necroses nos tecidos das folhas, gomos e raminhos, descolorações e queda das folhas, resultando no enfraquecimento das plantas e perda da sua qualidade. Ataques intensos podem causar a morte de plantas jovens em viveiro ou plantações. Ao contrário dos consumidores de raízes os sugadores tendem a ser mais especializados e com frequência consomem apenas plantas de uma dada família, género ou espécie. Algumas destas espécies são vetores de vírus e bactérias, podendo constituir um problema adicional ao disseminarem e transmitirem doenças. Na produção de plantas por estacaria estes insetos podem ser transmitidos dos pés mães para as jovens plantas.

Os desfolhadores conduzem à perda de biomassa foliar e por vezes dos gomos, o seu impacto significativo depende das densidades das populações, em geral os impactos económicos são relevantes quando as desfolhas são superiores a 30-50%. Algumas espécies, como a torcedoura, *Rhyacionia buoliana* em pinheiros, poderão consumir os gomos das plantas afetando não só o crescimento como a sua forma e qualidade.

Um outro grupo com importância atual é a dos insetos que produzem galhas nas plantas. Em geral são vespas ou dípteros em que as fêmeas introduzem os ovos nos tecidos das plantas por uma picada. A partir da eclosão dos ovos, desenvolve-se uma galha por hiperplasia dos tecidos da planta acompanhando o crescimento das larvas. No caso dos eucaliptos, pequenas vespas causadoras de galhas da família Eulophidae (Hymenoptera) podem causar estragos significativos ou mesmo a morte das jovens plantas em viveiros e plantações. É de destacar ainda a vespa-das-galhas-do-castanheiro, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae). Os insetos galícolas reduzem a biomassa foliar provocando a queda das folhas, e ataques intensos conduzem à morte das plantas. Numa fase inicial a galha não é visível, sendo por isso um grupo propício à fácil transmissão por plantas de viveiro como se julga ter sido a introdução de *D. kuriphilus* em Portugal.

Algumas espécies de fungos são relevantes para a indústria viveirística por serem agentes causais de doenças que infetam a parte aérea das plantas; esses fungos levam à morte dos jovens rebentos, formação de cancrios ou ainda desfolhas, afetando negativamente o crescimento e a sobrevivência das plantas, no viveiro mas também durante o primeiro ano após a plantação. Entre essas doenças destacam-se por exemplo as causadas por fungos dos géneros *Phomopsis* ou *Diplodia*, que normalmente levam à morte dos ápices e formação de pequenos cancrios, ou ainda por fungos como *Marssonina tremulae* ou *Melampsora* spp. que podem estar na origem de importantes desfolhas.

Finalmente, outro grupo importante à produção de plantas em viveiro, é o dos insetos consumidores de sementes. O consumo, por vezes parcial, reduz a qualidade da semente, afeta as taxas de germinação assim como o vigor das jovens plantas. A escolha e seleção de sementes em bom estado sanitário são pois de enorme importância no sucesso da produção de plantas em viveiro e nas jovens plantações.

O uso de produtos fitofármacos em viveiro tem sido comum nas situações em que é necessário o controlo de pragas e doenças. Todavia, com frequência as aplicações de fitofármacos são desnecessárias, em particular se os prejuízos são baixos, ou quando as populações de pragas declinam naturalmente, como seja devido à ação de inimigos naturais como predadores e parasitóides. No caso do controlo das doenças, a aplicação de técnicas culturais adequadas e a manutenção das condições edafoclimáticas ajustadas às espécies vegetais permitem diminuir a incidência de diversas micoses e evitar níveis elevados de mortalidade. Com efeito, técnicas como o uso de armadilhas cromotrópicas ou com feromonas, métodos culturais ou mecânicos, podem frequentemente ajudar a resolver as situações sem o recurso a fitofármacos. Nas pragas das raízes, meios de luta biológica com nemátodes e fungos entomopatogénicos podem ter resultados muito eficazes. Acresce ainda que, actualmente são inúmeras as restrições à aplicação de produtos fitofarmacêuticos e escassa a lista de substâncias activas homologadas para controlo de pragas e doenças de espécies florestais, mesmo em viveiro. A monitorização das pragas e das doenças é ainda fundamental permitindo uma ação atempada antes que o problema se dissemine. Quando o problema afeta apenas uma pequena parte da produção o seu controlo é sempre mais eficiente e económico do que quando o problema se alastrou a toda a produção em viveiro ou plantação.

Manuela Branco e Paula Ramos

4.6 APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO NO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DAS PLANTAS

12 Diretiva n.º 1999/105/CE, do Conselho, de 22 de dezembro e Decreto-Lei n.º 205/2003, de 12 de setembro.

Atualmente, na Europa, a qualidade das plantas não é aferida por testes de vitalidade, nem estes são aplicados como rotina nos viveiros. Para as plantas de viveiro, apenas as características morfológicas se encontram descritas e possuem critérios normalizados de qualificação¹², não existindo valores de referência e, consequentemente, não existe uma normalização, aceite e generalizada. Idealmente, um teste de vitalidade deverá ser rápido, produzindo resultados quase imediatos de simples compreensão e uso, sendo acessível a todos os potenciais utilizadores, fiável e não destrutivo, garantindo resultados quantitativos e não subjetivos, e servindo, ainda, de diagnóstico aquando da identificação de quaisquer danos nas plantas. Os resultados dos testes de vitalidade das plantas devem proporcionar aos produtores e aos consumidores uma relação de custo-benefício mais equilibrada, minimizando o prejuízo resultante das plantas que são eliminadas no viveiro, mas também garantindo a possibilidade de fazer corresponder plantas, vigorosas e sãs, a locais com características específicas que se ajustem aos seus atributos morfológicos e fisiológicos. A fim de motivar os viveiristas, há que demonstrar que os critérios de rejeição obtidos através de um ou mais testes de qualidade antes da saída das plantas do viveiro, em certa medida, se correlacionam com um crescimento reduzido no campo, independentemente de existirem outros fatores condicionadores como o transporte, o tipo de armazenamento no campo, ou o processo de plantação. Estas correlações, terão de ser estabelecidas para as diferentes espécies e diferentes condições da estação e clima. Face à grande variabilidade no manuseamento, local e condições climáticas, é importante reconhecer que o desempenho no campo está apenas parcialmente relacionado com os atributos das plantas que podem ser avaliados no viveiro (Mattsson, 1996). Este facto não é muitas vezes reconhecido, e por vezes verificam-se equívocos quanto às características funcionais desejáveis nas plantas, e que vão permitir otimizar o seu desempenho nas arborizações na região Mediterrânica (Villar-Salvador *et al.*, 2012).

A título de exemplo, apresenta-se no Quadro 4.5 a relação entre os parâmetros de qualidade e a sobrevivência do sobreiro no campo, espécie que apresenta frequentemente baixas taxas de sobrevivência, e do pinheiro manso, geralmente com elevadas taxas de sobrevivência (Quadro 4.6).

Em ambos os casos, a biomassa total das plantas, o maior comprimento das raízes secundárias, que se traduz na maior capacidade de captação de água e a maior área foliar, que corresponde a maior superfície fotossintética, estão associados positivamente a uma maior sobrevivência. Contudo, no sobreiro há uma correlação negativa entre a sobrevivência com a razão da área foliar (LAR) e com a biomassa da parte aérea, em que plantas com menor proporção de área foliar têm maior probabilidade de sobreviver, evidenciando o menor controle de perda de água pelas folhas do sobreiro (folhosa) relativamente ao pinheiro manso (conífera) (Costa e Silva *et al.*, 2001).

QUADRO 4.5 – Coeficientes da correlação Pearson e respetivo nível de significância, entre parâmetros de avaliação da qualidade de sobreiros e a taxa de sobrevivência do primeiro e terceiro ano após da plantação; ¹ n=15 análises de laboratório;

² n = 75 dados de ensaios de campo; n.s. = não significativo, $p > 0,05$ (Adaptado de Costa e Silva *et al.*, 2001).

PARÂMETROS	TAXA DE SOBREVIVÊNCIA (1º ANO)		TAXA DE SOBREVIVÊNCIA (3º ANO)	
	Correlação	<i>p</i>	Correlação	<i>p</i>
Biomassa total da planta ¹	0,73	0,002	0,67	0,006
Biomassa Parte aérea ¹	- 0,66	0,007	- 0,60	0,018
Biomassa do Sistema Radical ¹	0,66	0,007	0,60	0,017
Biomassa da Raiz Principal ¹	n.s.		n.s.	
Biomassa das Raízes Secundárias ¹	n.s.		n.s.	
Comprimento das Raízes Secundárias ¹	0,74	0,002	0,72	0,002
Área Foliar ¹	0,65	0,009	0,62	0,014
Razão área foliar (LAR) ¹	- 0,80	0,000	- 0,72	0,002
Área Foliar Específica (SLA) ¹	n.s.		n.s.	
Razão biomassa raiz/biomassa parte aérea ¹	0,65	0,009	0,60	0,017
Razão Raiz Principal/Raiz secundária ¹	n.s.		n.s.	
Índice de Dickson ²	n.s.		n.s.	
Altura ²	0,51	0,000	0,57	0,000
Diâmetro no colo da raiz ²	0,29	0,011	0,27	0,019
Altura / Diâmetro no colo da raiz ²	0,49	0,000	0,57	0,000

QUADRO 4.6 – Coeficientes da correlação de Pearson e respetivo nível de significância, entre os parâmetros utilizados na avaliação de qualidade de pinheiros mansos e a taxa de sobrevivência avaliada no campo após o primeiro verão a seguir à plantação; n.s. = não significativo, $p > 0,05$ (Adaptado de Carvalho, 2003).

PARÂMETROS	TAXA SOBREVIVÊNCIA	
	Correlação	<i>p</i>
Biomassa total da planta ¹	0,57	0,049
Biomassa Parte aérea	n.s.	
Biomassa do Sistema Radical ¹	n.s.	
Biomassa da Raiz Principal	n.s.	
Biomassa das Raízes Secundárias	n.s.	
Comprimento das Raiz Principal	0,72	0,009
Comprimento das Raízes Secundárias	0,59	0,042
Área Foliar	0,62	0,031
Razão área foliar (LAR)	n.s.	
Área Foliar Específica (SLA)	n.s.	
Razão biomassa raiz / biomassa parte aérea	n.s.	
Altura	n.s.	
Diâmetro no colo da raiz	n.s.	
Altura / Diâmetro no colo da raiz	n.s.	

¹³ Decreto-Lei n.º 205/2003, de 12 de setembro.

Um aspeto a considerar na avaliação da qualidade das plantas é a homogeneidade dos lotes, que aliás condiciona a sua certificação¹³, e que resulta frequentemente de uma germinação irregular ou de uma mistura heterogénea do substrato. Quando a germinação das sementes ocorre num intervalo de tempo alargado causa problemas na gestão do viveiro, onde pequenas diferenças na fase inicial do processo podem corresponder a grandes diferenças na fase de expedição das plantas. As plantas resultantes das sementes que germinam mais cedo, por serem maiores, condicionam o acesso à luz das resultantes da germinação mais tardia, limitando a sua atividade fotossintética e acentuando, ainda mais, as diferenças entre plantas. No caso da produção de plantas em contentor, o intervalo de tempo da germinação pode também causar diferenças nas áreas foliares das plantas produzidas e, portanto, na transpiração, originando diferentes taxas de secagem no substrato dos contentores. Como a periodicidade e a quantidade da rega é ajustada à disponibilidade de água dos contentores com substrato mais seco, e como todos os contentores são regados ao mesmo tempo, a rega das plantas maiores estará próxima do nível ótimo, enquanto as plantas mais pequenas irão ser regadas em excesso. Esta situação é agravada por duas razões: (1) como as plantas menores estão a um nível inferior, transpiram menos por estarem em condições mais húmidas e níveis mais baixos de luz, o que mantém o substrato mais húmido; (2) se o substrato está demasiado húmido, pode criar condições de alagamento e anaerobiose, provocando a paragem do crescimento e o encerramento dos estomas. Este ambiente mais frio e húmido onde as plantas mais pequenas vegetam, cria as condições favoráveis para o desenvolvimento de

doenças, o que dificulta a gestão do processo de produção de plantas e compromete a qualidade das plantas produzidas.

Ao pretendermos desenvolver protocolos de produção de plantas ou definir as características que uma planta de qualidade deve reunir, torna-se evidente a dificuldade do estabelecimento de receitas universais (Cortina *et al.*, 2006), atendendo à multiplicidade de situações, espécies e objetivos da arborização. No entanto, em termos gerais, a qualidade das plantas traduz-se basicamente na rapidez com que ficam ancoradas no solo, recomeçam os processos de assimilação e iniciam o crescimento após a plantação. Todos estes pontos estão correlacionados com a capacidade de produzir novas raízes rapidamente, o desenvolvimento de folhagem adaptada ao sol, ter uma proporção equilibrada entre as raízes e a parte aérea, boas reservas de hidratos de carbono e uma concentração equilibrada de minerais.

CAPÍTULO 5

A INSTALAÇÃO

5.1 INTRODUÇÃO

A civilização humana, ao longo dos últimos quatro mil anos, teve na floresta e no material por ela produzido a sua base de sustentação em termos energéticos, bem como material de construção das mais diversas utilizações. Naturalmente que esta grande proximidade criou uma degradação progressiva nos espaços florestais. Na Europa, esta realidade foi transversal à maioria dos territórios, sendo raros os exemplos de rearboreização até ao século XVIII, a partir do qual se inicia um processo de reversão desta realidade.

Em Portugal, com exceção das arborizações das dunas do litoral que foram iniciadas no séc. XIII, bem como ações pontuais promovidas pelas ordens religiosas, somente na segunda metade do séc. XIX se começou a inverter esta situação. Neste século viveram-se factos extremos, invasões francesas, guerras liberais, que agravaram as condições ambientais, sociais e económicas, de tal modo que as áreas incultas correspondiam a mais de metade do País e a área florestal atingiu o seu mínimo, esta última, consoante os autores e os critérios utilizados, a variar entre 0,6 a 1,4 milhões de hectares, foi analisada e descrita em diversos relatórios, nomeadamente “Relatório acerca da Arborização Geral do Paiz”, de 1868, referida por Pinho (2012). Associada a esta realidade houve, na elite da sociedade, uma curiosidade e interesse na introdução de novas espécies vegetais no velho continente. O exemplo mais significativo em Portugal foram as arborizações desenvolvidas pelo rei D. Fernando II na Pena e no Bussaco, onde foram plantados os primeiros exemplares de diversas espécies florestais. Estas introduções inspiraram as primeiras arborizações efetuadas pelos serviços florestais nos seus perímetros.

Portugal iniciou o séc. XX com 2 milhões de hectares de áreas florestais (Radich e Alves, 2000) e terminou-o com 3,4 milhões (ICNF, 2013). Foi neste período que se desenvolveram fortes atividades de arborização, recorrendo a espécies autóctones e exóticas, onde os particulares e o estado tiveram papel determinante.

A existência de novos povoamentos florestais, quando não têm origem em regeneração natural, pode resultar de uma **instalação** de novas plantações (aqui, plantações, no sentido *lato*, independentemente da sua origem, provir de uma sementeira ou de uma plantação em local definitivo) em duas circunstâncias:

- a) numa ação consequente em dar continuidade a povoamentos anteriores, por um método artificial, de sementeira ou de plantação nesse local, isto é, a simples **rearborização** – *reforestation* ingl.; *reboisement, reforestation* fr.; *repoblación forestal* cast..
- b) ou de verdadeira **arborização** – *afforestation* ingl.; *boisement* fr. –, isto é, a sua criação sobre terrenos nunca antes arborizados ou em abandono muito antigo, ou ainda de **conversão** de uma utilização arbórea ou arbustiva anterior diversa.

Por vezes, os termos rearboreização e arborização são correntemente empregues sem distinção, embora referindo-se sempre à intervenção artificial por sementeira ou plantação. No entanto, existem diferenças, uma vez que no primeiro caso não se verifica ampliação da área florestal existente, como acontece no caso da arborização. Paralelamente, embora num sentido talvez mais geral, também se aplicam como equivalentes os termos reflorestação/florestação, ou ainda os de **repovoamento/povoamento florestal**.

De registar também que, durante muitos anos, estivemos predominantemente em pre-

sença de arborizações, na atualidade, após a expansão florestal verificada nas últimas décadas, passámos a uma fase já dominada por rearborizações. Assim, tendo em consideração o Melhoramento Genético Florestal das principais espécies da floresta portuguesa, deveria acentuar-se no final do ciclo de vida dos povoamentos a preocupação de rearborização recorrendo a Materiais Florestais de Reprodução (MFR) de qualidade genética superior, mesmo quando se mantenha a mesma espécie.

5.2 FATORES GERAIS DE SUCESSO DAS INSTALAÇÕES AO NÍVEL AMBIENTAL

Excluindo as condicionantes sociais e económicas, os aspetos concretos de cada caso, de espécie e de estação, a opção entre sementeira ou plantação estão dependentes essencialmente da verificação de três condições limitantes ligadas ao solo. Estas condições, que controlam os processos fisiológicos, podem ser consideradas como os **fatores gerais de sucesso** ou **fatores críticos**:

- a) disponibilidade hídrica;
- b) arejamento do solo;
- c) disponibilidade de nutrientes.

Como condições de sucesso intrínsecas ao Material Florestal de Reprodução (MFR) utilizado, devem referir-se, principalmente a:

- a) tolerância à luz ou sombra das espécies;
- b) resistência ao frio e às geadas;
- c) qualidade genética do material.

No que respeita à **disponibilidade hídrica**, deve ter-se presente que, embora a possibilidade de rega tenda a ser considerado em certas situações, nomeadamente na fase inicial de instalação, esta não é uma prática tradicional. Assim sendo, o sucesso da arborização fica grandemente dependente das condições naturais, em particular da humidade do solo, como condicionador do equilíbrio hídrico interno, e por isso, da sua influência nos processos ecofisiológicos da planta. Fundamentalmente, o desenvolvimento das plantas fica dependente dos *déficits* de humidade do solo, podendo intervir-se em situações excecionais.

Nas nossas condições climáticas, em particular no sul mediterrânico, raramente o equilíbrio hídrico interno se mantém, atingindo-se frequentemente situações de *stress* hídrico, dependendo os seus efeitos das características das diversas plantas e das propriedades físicas do solo, sendo particularmente importante para o êxito da instalação a rapidez com que as raízes exploram o solo nas fases iniciais. O *stress* hídrico torna-se, assim, um principal fator limitante do crescimento lenhoso nos solos que normalmente são objeto de arborização.

No nosso país, devido à degradação secular das áreas florestais, a camada arável é extraordinariamente reduzida, agravada pelo elevado grau de pedregosidade, originando uma reduzida capacidade de armazenamento de água, bem como um desenvolvimento radicular das plantas muito limitado. Por estes motivos, desde o primeiro terço do séc. XX, em particular a partir do Norte de África de influência francesa, começaram a desenvolver-se processos, que se dizia, de “fazer solo” para armazenamento de água. Este armazenamento ficaria disponível na estação de crescimento, quente e seco, onde ocorrem níveis de evapotranspiração mais altos, induzindo reequilíbrios positivos para o êxito da florestação.

Para o sucesso das instalações, é decisiva a existência duma zona superficial de expansão do sistema radicular em boas condições de penetração física e de espaço de “respiração do solo”, de **arejamento do solo**, para a difusão do oxigénio e outros gases, e do exercício pleno das suas funções ecofisiológicas. Os solos compactos, de textura

fina, com pouca porosidade, pesados, ou com má drenagem, criam más condições para este arejamento. Pelo contrário, os solos florestais desenvolvidos e com horizontes orgânicos mantêm uma camada porosa que permite condições de arejamento favoráveis. Nas situações de mau arejamento por falta de drenagem, estas limitações poderão ser contrariadas recorrendo a ações de mobilização adequadas, embora a resposta das diferentes espécies seja muito variável, e quase sempre dependente do tempo de duração da situação de encharcamento que lhes é pouco favorável.

As condições de **nutrição**, que no passado foram desprezadas no caso da cultura florestal, são um problema atualmente encarado nos solos abandonados e degradados física e quimicamente. O recurso a fertilização artificial, particularmente nas fases iniciais de vida, é uma necessidade para o êxito das instalações, embora seja uma opção que tem de ser avaliada através de uma análise económica (Caixa VII).

CAIXA VII – A Fertilização no Contexto Florestal

Ao contrário do que já acontecia com as culturas agrícolas, a fertilização das espécies florestais, teve tendência, durante muitos anos, para não merecer qualquer atenção, na quase totalidade dos condicionalismos edafo-climáticos.

Como principal justificação para uma tal diferença, apontavam-se várias causas, das quais se salientam as seguintes: i) menores necessidades alimentares; ii) maior capacidade de utilização das reservas nutritivas do solo; iii) quase integral aproveitamento do ciclo dos nutrientes; iv) maiores dúvidas quanto à rentabilidade económica da fertilização.

Mas, será que aquelas causas devem ser genericamente aceites? Cremos que não; e vejamos porquê.

É certo que as espécies florestais, mesmo quando comparadas apenas com as árvores exploradas com fins agrícolas, extraem dos solos muito menores quantidades de nutrientes. Assim, tomando como exemplo o azoto (N), verifica-se que um pomar de macieiras, em plena produção, extrai do solo, anualmente, cerca de 20 vezes mais N do que um pinhal com cerca de 30 anos. Esta diferença está associada, sobretudo, ao facto de nas espécies florestais o desenvolvimento se traduzir, essencialmente, pelo aumento da produção de madeira — a qual, como se sabe, é muito pobre em nutrientes —, enquanto nas outras espécies a representação das folhas e dos frutos, muito mais ricos em elementos nutritivos, é bastante mais elevada. Verifica-se, aliás, que nas espécies florestais a absorção de elementos nutritivos ao longo dos anos tem tendência a diminuir, precisamente porque a representação das folhas em relação à madeira vai sendo cada vez menor. Ainda a título de exemplo, pode citar-se que, no caso do pinheiro, a representação das agulhas é da ordem de 40% aos três anos de idade, descendo para apenas cerca de 2% a partir dos 30 anos.

De salientar, no entanto, que como é bem conhecido, se em vez de um pinhal considerarmos um eucaliptal, a situação é bastante diferente, verificando-se que,

ainda no que se refere ao N, as extrações serem, neste último, cerca de 4 a 5 vezes superiores.

Quanto à diferente capacidade de utilização das reservas nutritivas do solo, não há também qualquer dúvida de que ela será necessariamente maior nas espécies florestais, não só porque as suas raízes tendem a explorar maiores volumes de terra, mas também porque, na quase totalidade das espécies, a exploração será mais intensiva devido a um mais íntimo contacto com as partículas do solo, tal facto influenciando favoravelmente, sobretudo, na absorção daqueles nutrientes que, como é o caso do fósforo (P), têm na quase totalidade dos solos um comportamento estático. De facto, nestas espécies é mais frequente a formação de micorrizas, cuja ação benéfica se pode manifestar, essencialmente, através dos seguintes fenómenos: i) aumento do volume de terra a explorar pelas raízes; ii) mais íntimo contacto entre as raízes e o solo; iii) aumento da solubilização de compostos contendo nutrientes.

Também neste caso, o facto de uma espécie formar ou não micorrizas terá, em igualdade de outros fatores, implicações na opção quanto à necessidade de usar ou não fertilizantes, em particular no que respeita aos que veiculam P.

O ciclo dos nutrientes, nas espécies florestais, terá tendência para funcionar mais em «circuito fechado» do que nas culturas agrícolas, sobretudo porque as perdas por drenagem e por exportação para fora do sistema serão, de um modo geral, muito menores.

Assim, no que se refere às perdas por drenagem, é fácil concluir que a drenagem externa (erosão) terá tendência a ser mais baixa em consequência, por exemplo, da não mobilização dos solos; e a drenagem interna, embora arrastando nutrientes em profundidade, poderá ainda deixá-los ao alcance das raízes (facto que não acontece nas culturas arvenses nem mesmo nas culturas arbóreas em que as regas e fertilizações tendem a fazer com que as raízes se desenvolvam menos em profundidade do que as das espécies florestais). Aliás, a acumulação de matéria orgânica contribuirá também, de forma acentuada, para a retenção da quase totalidade dos nutrientes vegetais.

Quanto às exportações, é também evidente que elas serão agora, em condições normais, praticamente desprezáveis quando comparadas com as das espécies agrícolas. Recorde-se que, nestas últimas, são precisamente os constituintes mais ricos em nutrientes (frutos, sementes, folhas e ramos de rebentação anual) que são removidos do local. De notar, entretanto, como é óbvio, que a diferença será muito menor quando na floresta se efetuam cortes, desramações enérgicas, remoção da cobertura viva (e, por vezes, até da «folhada») que existe sob as árvores; e pode até ter sinal contrário quando ocorrem incêndios florestais.

A apreciação da rentabilidade económica da aplicação de fertilizantes em espécies florestais é de facto, normalmente, mais duvidosa e mais difícil de avaliar do que nas espécies agrícolas. No entanto, nas espécies de rotações curtas, como é o caso do eucalipto, com o aumento da produção e, sobretudo, o encurtamento da rotação, a rentabilidade económica da fertilização é, não só mais fácil de avaliar, como também, de um modo geral, de maior expressão.

As razões que, em breve resumo, foram apresentadas, justificam que a fertilização nas espécies florestais seja considerada, globalmente, menos necessária do que nas culturas agrícolas. No entanto, para além de deverem ser consideradas as características das diferentes espécies, não esquecer que haverá casos em que o uso de adubos e/ou corretivos (minerais e orgânicos) pode não só ser apenas necessário como também indispensável.

É o que acontece, quase sempre, quando estivermos perante alguma das seguintes situações: i) instalação de viveiros; ii) plantação ou sementeira; iii) início de novas rotações; iv) rutura do ciclo de nutrientes; v) povoamentos afetados por acidentes.

Não sendo possível, no âmbito em que o livro foi inserido, fazer considerações alargadas sobre a fertilização a efetuar em cada caso, concluímos com a recomendação, que é agora comum a todas as outras culturas, de que, com o uso dos fertilizantes (quer sejam adubos ou corretivos), deveremos tentar conciliar, na maior extensão possível, os aspetos físicos, económicos e ecológicos associados ao ecossistema em que uma tal intervenção vá ocorrer.

Joaquim Quelhas dos Santos

A utilização de fósforo (P) nas instalações de povoamentos é hoje uma prática corrente, tendo em consideração a sua escassez na maioria dos solos do nosso país e, o seu papel fundamental no desenvolvimento do sistema radicular das plantas. O recurso a adubos de libertação lenta – azoto (N), fósforo (P), potássio (K) e micronutrientes – tem permitido o sucesso das instalações no primeiro ano de vida (sobrevivência e homogeneidade das plantas). Também a correção de deficiências nutricionais, como o do boro (B) que é exemplar relativamente à tolerância ao frio, são formas de ultrapassar insucessos locais.

A noção de **tolerância** das espécies pode aplicar-se a diversas características destas, de maior ou menor capacidade de resistência a fatores ambientais exteriores, mas mais frequentemente é à tolerância ao ensombramento, às geadas e à seca a que nos referimos. Considerando os cenários de alterações climáticas na região Mediterrânea, o efeito das duas últimas poderá ser determinante nas (re)arborizações.

5.3 PREPARAÇÃO DO SÍTIO (ESTAÇÃO)

5.3.1 Limpeza do terreno

A existência de vegetação nos terrenos a arborizar (por sementeira ou plantação) levanta problemas ligados à competição – pelo aprovisionamento em elementos mine-rais, disponibilidades hídricas e luz – que estabelece com as jovens plantas a instalar e crescer. Quer se trate de vegetação herbácea, muito competidora a nível radicular, quer arbustiva, de pequeno ou grande porte, física e quimicamente sua direta adversária, quer se trate ainda de restos dos materiais deixados pela exploração anterior, nomeadamente, as touças enraizadas (**cepos** – *stump*, *stool* ingl.; *souche* fr.; *tocón* cast.), há que prevenir a sua eliminação total ou parcial, como operação prévia da instalação.

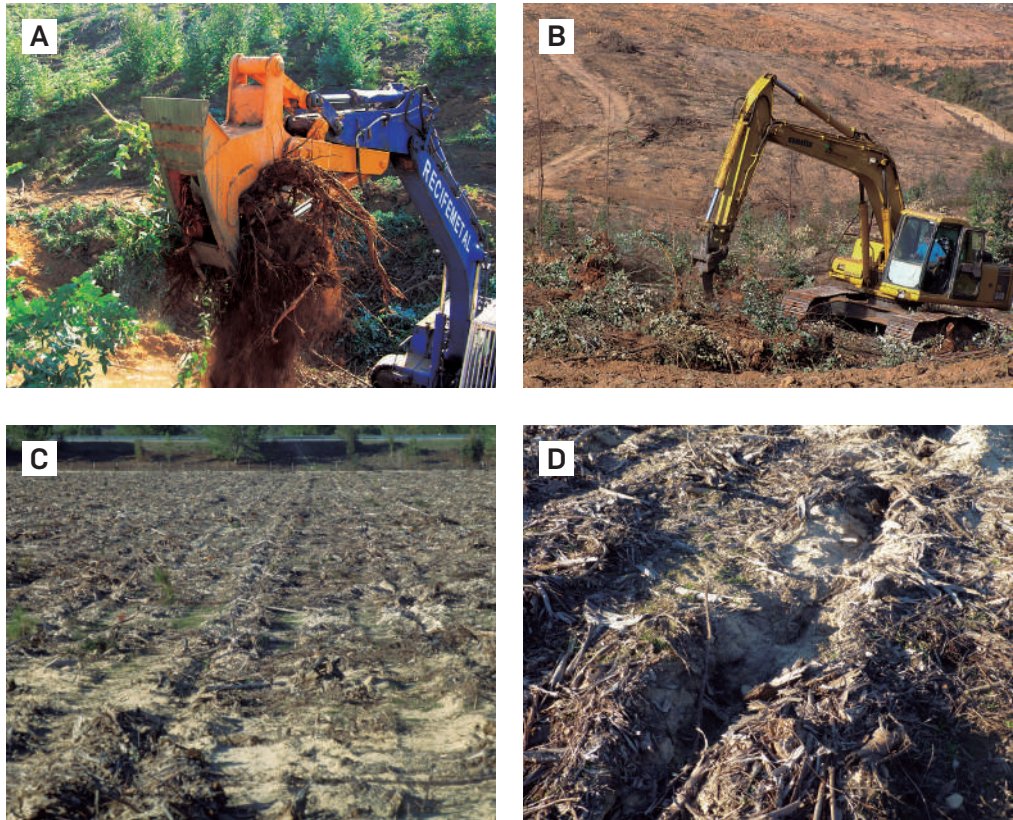
Esta operação de **limpeza** – *cleaning*, *weeding* ingl.; *désherbage* fr.; *deshierba* cast. –, que durante muito tempo foi realizada utilizando instrumentos manuais, com a rarefação da mão-de-obra e a elevação dos custos de execução, é atualmente, e em geral, realizada recorrendo a trabalho mecânico. No caso das arborizações, é suficiente fazer a eliminação da vegetação e, dependendo do tamanho e intensidade desta, proceder a **gradagens**, normalmente, usando grades rebocadas, com abertura e fecho hidráulico de dois corpos, de 6 a 8 discos por corpo de 32 a 50 polegadas, com 5 a 12 toneladas, puxadas com trator de lagartas de 120 a 300 HP. Em determinadas situações, devido ao declive, poderá admitir-se outro tipo de solução de recurso, usando, por exemplo, um corta mato de correntes acoplado à tomada de força de trator de rastos de montanha. No entanto, nesta solução, existem alguns inconvenientes como a não incorporação da matéria orgânica no solo e a parte subterrânea da vegetação ficar intacta.

A **remoção dos cepos** (destruição/remoção), deixados da rotação anterior, é sempre uma operação difícil de concretizar e bastante dispendiosa. Pode tornar-se mais ou menos facilitada consoante o estado de decomposição natural dos cepos, o que é variável com as espécies (por exemplo, mais rápida nos pinheiros do que nos eucaliptos) e o teor de humidade do solo. Atualmente utilizam-se, com vantagem para a operação, os sistemas **de pinças** ou **enchó**, que permitem realizar uma fragmentação dos cepos, facilitando a remoção de parte deles e a integração do remanescente no solo (Figura 5.1). Após este trabalho, faz-se uma gradagem que completa a incorporação dos cepos juntamente com os restos da exploração florestal, recorrendo a grades pesadas de 6 a 12 toneladas, de 12 a 16 discos, rebocadas por tratores de rastro de 160 a 240 HP.

Por vezes realizam-se limpezas prévias, efetuadas com lâminas de buldozer, deixando o material encordoadado segundo as curvas de nível, com espaçamento variável em função da quantidade de resíduos, ou em linhas paralelas se o declive o permitir. Trata-se duma prática controversa uma vez que, para além de criar obstáculos às operações futuras, se corre o risco de arrastamento de solo e de concentrar a matéria orgânica numa parcela reduzida do terreno. Para minimizar os efeitos negativos destas operações usam-se lâminas específicas, tipo ancinho (Figura 5.2).

FIGURA 5.1

Arranque e traçagem com pinça hidráulica (A) e encho de cepo em eucaliptos (B); preparação de solo numa rearborização (C e D)

**FIGURA 5.2**

Trator de rastro com lâmina tipo ancinho e um dente de *riper* (Adaptada de CEMAGREF, 1987).



A utilização de uma giratória com balde para arranque e eliminação dos cepos revela-se negativa, porquanto, além de dispendiosa, dá origem à remoção de grande quantidade de matéria orgânica e provoca a inversão de extratos do solo.

Faça-se uma referência ao sistema, quase desconhecido entre nós, de recurso ao **cilindro destroçador**, frequentemente usado nos países tropicais, nomeadamente no Brasil, designado por rolo/faca (Figura 5.3). Consiste num cilindro de aço, cheio de água, de 1,5 a 2 metros de diâmetro e de 2,5 a 4 metros de comprimento, com volumes de 5 a 10 metros cúbicos, com lâminas na sua superfície que podem assumir diversos formatos, e que, ao deslocarem-se, desintegram os resíduos existentes e fazem uma ligeira incorporação no solo. Rebocados por tratores de rastros ou de rodas realizam um trabalho rápido e relativamente eficiente.



FIGURA 5.3
Rolo / Faca utilizado para incorporação dos resíduos de exploração florestal.

A utilização de fogo controlado na limpeza do terreno poderá ser uma prática com bons resultados, no entanto, devido aos riscos inerentes nas condições de clima mediterrânico à sua aplicação, requer cuidados redobrados.

5.3.2 Preparação (Mobilização) do solo

Na primeira instalação os solos para uso florestal em Portugal são, de uma maneira geral, esqueléticos, com uma camada arável inferior a 30 cm, com um elevado grau de pedregosidade com reduzida capacidade para a retenção de água e de difícil desenvolvimento radicular. Nestas circunstâncias a preparação do solo tende a ultrapassar estas limitações. O declive do solo vai condicionar o modo de intervenção pela limitação da sua mecanização (estabilidade do equipamento) e também pelo risco de erosão. Regra geral, todos os trabalhos de mobilização do solo devem ser executados segundo a curva de nível para evitar a erosão. Assim:

1. Para declives superiores a 30%, recorre-se habitualmente ao estabelecimento de terraços;
2. Para declives inferiores a 30%, pode optar-se ou pela preparação total do terreno ou por faixas. Como estas diferentes alternativas dependem das vantagens resultantes da maior capacidade de armazenamento de água no solo e facilidade de desenvolvimento radicular, e são condicionadas pelo custo e pelo impacto ambiental resultante destas operações, devem ser analisadas caso a caso.

Com a preparação do solo visa-se, fundamentalmente: (i) criar camadas superiores do solo bem arejadas que facilitem a penetração das raízes, em boas condições de respiração; (ii) criar condições de armazenamento para a água; e (iii) dar início a processos de “formação” de solo, sobretudo quando se trata de solos delgados.

A necessidade de mobilização do solo aumenta tanto mais quanto estamos: (a) perante regiões, sob **influência do clima mediterrânico**, com as chuvas concentradas nas épocas de repouso vegetativo, em períodos curtos, e a existência duma estação quente e seca, coincidente com a época de repouso vegetativo; (b) perante **solos degradados**, de reduzida espessura, com nula ou reduzida matéria orgânica que inviabiliza a vida microbiana do solo, com baixo ou reduzido teor em macronutrientes, como é o caso dos solos esqueléticos; (c) perante **topografias desfavoráveis**, em especial nos declives elevados que aceleram os processos erosivos. Estes dependem não só do declive (para um dado tipo de solo e regime de chuvas) mas também da extensão das encostas, sendo o processo erosivo mais intenso no terço inferior das encostas (Alves, 1982).

Em termos gerais e da multiplicidade de situações, este trabalho no solo envolve soluções, que variam em extensão (abrangendo toda a área ou parte dela) e em intensidade (a) simples **mobilizações**, como **cavas**, com recurso a processos manuais, onde não é possível o recurso a tração mecânica, nas situações difíceis de afloramentos rochosos ou grandes declives; (b) **mobilizações superficiais**, em profundidades até 30 cm, realizado com maquinaria leve; (c) **mobilizações profundas**, com recurso a tração mecânica, em profundidades até 70 cm ou mesmo 1 m, consoante os solos, com ou sem ripagens prévias (para rasgamento do solo); e (d) **armação do solo**, nomeadamente aquele que se generalizou entre nós, a armação em **vala e câmoros**, **ripagem** e **terraceamento**.

Nestas condições dispomos de várias técnicas dependentes da particularidade de cada situação:

- ripagem;
- vala e câmoros;
- ripagem com grade amontoadora.

Atualmente, existe uma tendência para numa só passagem no terreno se efetuarem várias operações, como por exemplo associar a ripagem com a fertilização e a marcação das linhas de plantação. Esta realidade exige um aumento da potência dos tratores utilizados, mas por outro lado uma redução de horas de trator por hectare rearboreado (CAFSA, 2007).

Ripagem

A *ripagem prévia* do terreno destina-se a fazer o rompimento do solo até profundidades variáveis, com o objectivo directo de criar condições para o futuro desenvolvimento dos raízes e aumento da capacidade de armazenamento em água, mas igualmente para facilitar o trabalho posterior de mobilização por outras máquinas. Existem vários tipos de **ripagem**, quanto ao número de dentes do *riper* (um, dois ou três), simples ou cruzada, em faixa ou cruzada (Figura 5.4 e Figura 5.5). O tipo de *riper* utilizado, bem como os tratores a que são acoplados, poderão fazer trabalhos com profundidades entre 40 a 80 cm, com maior ou menor arejamento de solo. Os tratores usados nesta operação são de rastros, de potências entre 150 e 300 HP.

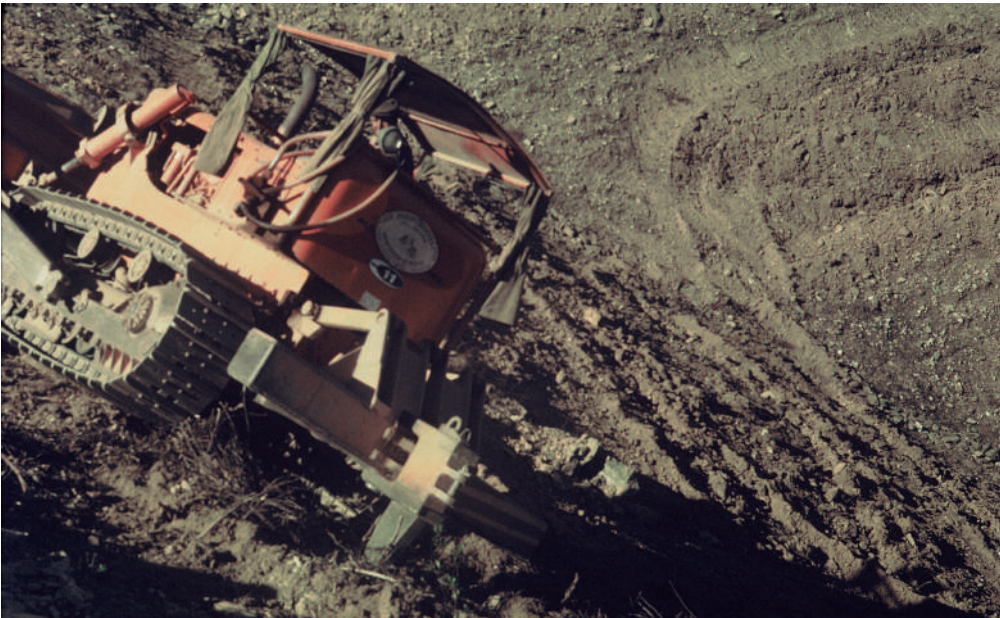


FIGURA 5.4
Ripagem em faixa com um dente em declive máximo, situação de risco.



FIGURA 5.5
Ripagem contínua do terreno com três dentes em pequeno declive.

Vala e cômoro

A operação mais frequente com recurso a charruas é a vala e cômoro (Figura 5.6), sendo as mais usadas as charruas com 45 a 55 polegadas. A vala e cômoro é efetuada segundo a curva de nível com dois regos encostados. Habitualmente, estas charruas são rebocadas com aivecas invertidas de 180° por tratores de rastos de 80 a 120 HP (Figura 5.6). Mais recentemente, têm sido utilizadas charruas, de menor dimensão, acopladas ao trator de rastos, executando 2 a 3 regos encostados.

Esta técnica, introduzida em Portugal nos anos 60 e que na sua fundamentação original muito deve aos técnicos franceses em trabalho no Norte de África, conjuga os objetivos essenciais de mobilização superficial – visando a fácil e inicial penetração das raízes, em bom arejamento – e de mobilização profunda – aumentando a zona de abastecimento em elementos minerais e, em particular, de reservatório hídrico, e a armação do solo. Este com a função de: (a) constituir uma zona de retenção de água, a aproveitar por infiltração e a não se perder por escoamento superficial; (b) favorecer a acumulação dos materiais mais finos arrastados dos espaços entre as sucessivas linhas armadas; e (c) deslocar para maior profundidade, relativamente à posição das raízes das plantas, o reservatório hídrico estival, evitando que este se esgote rapidamente antes do início da estação seca e vá satisfazendo as necessidades em água, de forma gradual, ao longo dessa época (Figura 5.6).

FIGURA 5.6
Trator de rastos com
charrua rebocada com
aiveca a 180° para
construção de vala e
cômoro.



Como ilustra a Figura 5.7, a técnica vala e cômoro consegue que, duma camada humedecida de espessura uniforme, com abertura duma **vala** seguindo as curvas de nível (1 – superfície do solo antes da armação; 2 – a mesma superfície depois do **cômoro** estabelecido), se obtenha uma espessura da camada humedecida muito maior, por vezes complementada com rasgamento do solo em profundidade (3 – limite inferior da camada humedecida, antes; 4 – depois). Não só pelo acréscimo do volume da camada humedecida, mas pelo maior afastamento da superfície do seu limite inferior, satisfazem-se os objetivos da progressiva disponibilidade em água, para além de a planta passar a dispor dum maior cubo de terra convenientemente mobilizado.

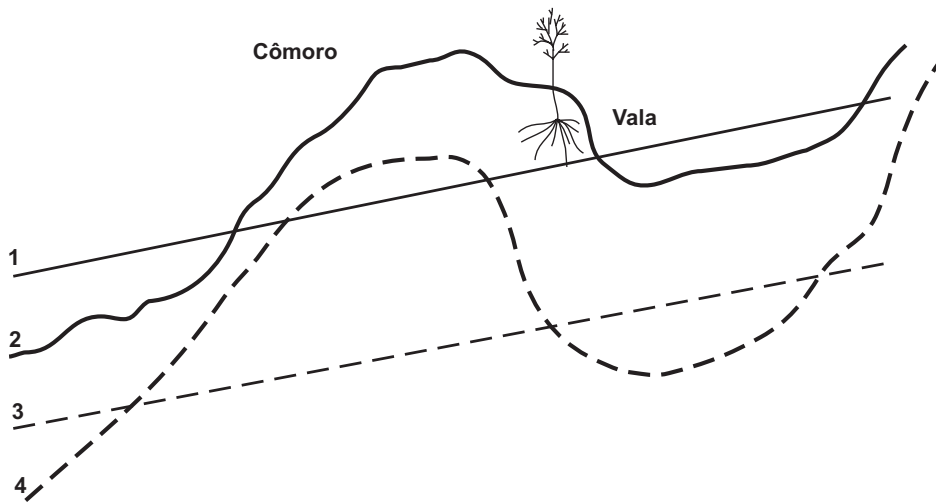


FIGURA 5.7
Esquema de armação de terreno em vala e cômoro (Alves, 1982).

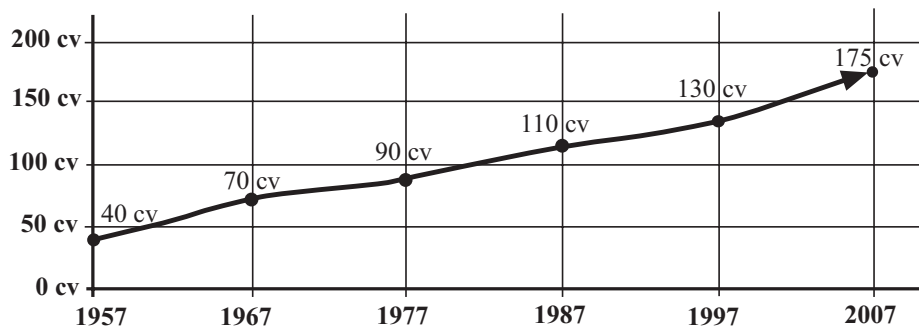
Ripagem com grade amontoadora

Conforme referido anteriormente, existe a tendência de numa só passagem se executarem várias operações de preparação do solo, ou seja, ripagem para descompactação do solo, amontoa para criar cama para o desenvolvimento das raízes e fertilização localizada. A Figura 5.8 exemplifica uma dessas situações, em que estas operações são realizadas com um equipamento onde o disco rígido em frente ao *riper* corta os resíduos florestais após a exploração, evitando o seu arrasto pelo *riper*. Os discos que fazem amontoa têm a particularidade de trabalharem individualmente, permitindo que a existência de um obstáculo num dos discos não impeça o trabalho dos restantes. Complementarmente é feita a adubação com um distribuidor localizado atrás do *riper*. Esta tendência verificou-se em toda a Europa originando a utilização de tratores de maior potência. A Figura 5.9 ilustra a evolução da potência de tratores de preparação de solo nas Landes francesas. Naturalmente que esta tendência está diretamente relacionada com a dimensão das frentes de trabalho, que vão condicionar fortemente a utilização deste tipo de equipamento. Em áreas geográficas de minifúndio, foi desenvolvido outro tipo de equipamento de pequenas dimensões mais ajustado a essas realidades.

FIGURA 5.8
Equipamento de permite a operação múltipla de ripagem, amontoa e fertilização.



FIGURA 5.9
Evolução da potência dos tratores silvícolas nas Landes Francesas (Adaptada de CAFSA, 2007).



Terraceamento

Quando os declives começam a tornar-se mais marcados (acima dos 30%), o que é frequente em Portugal nas condições dos terrenos que se destinam à arborização, a execução da vala e câmara por processos mecanizados começa também a não ser possível. O risco de desequilíbrio das máquinas impede o seu trabalho ao longo das curvas de nível, recorrendo-se à construção de verdadeiros **terraços** para viabilizar a instalação de povoamentos florestais. Nos países da borda do mediterrâneo, realizam-se modalidades variadas destes terraços – *terrasse en gradin* fr. – que, por exemplo por todo o Sul de Espanha, constituem o processo mais generalizado de instalação de povoamentos florestais. No nosso país, esta técnica também foi introduzida nos finais da década de 60 do séc. XX, existindo já largas áreas de arborização em terraços ou **banquetas**, tendendo esta última designação a aplicar-se às de menores dimensões.

Em Portugal, a prática do terraceamento é maioritariamente usada na instalação de eucaliptais, bem como nas suas rearborizações, onde a distância na horizontal é de 1,5 a 3 m e à volta de 2 metros na vertical. A sua construção implica uma grande mobilização

de terras, cujo custo limita a sua viabilidade aos casos em que o investimento a possa compensar, sendo também condicionada pelo tipo de máquina utilizada, solo e declive. Geralmente, para o terraceamento, recorre-se a grandes tratores de rasto contínuo, de potência média entre 140 – 160 HP, equipados com lâmina frontal do tipo angledozer, e ripper de 3 dentes. O interesse da utilização da lâmina com possibilidades de ajustamentos laterais reside na vantagem de, assim, não se acumularem grandes quantidades de terra à frente, dificultando o processo de progressão da máquina. A terra mobilizada vai-se localizando na parte exterior, formando o bordo do terraço (Figura 5.10). A maior ou menor largura consegue-se penetrando mais ou menos no talude interior, através de avanços e recuos da máquina. Como se compreende, o desenvolvimento do trabalho deve fazer-se do cume para o sopé da encosta. Há, por outro lado, toda a vantagem em que os terraços sejam na sua superfície inclinados ligeiramente (1%) de fora para dentro, de modo a facilitar o escoamento lateral das águas, sendo útil que a lâmina possa também executar ajustamentos transversais tiltdozer. Quando bem construídos (e é importante o cuidado a ter no fecho desses terraços), constituem o melhor sistema de conservação do solo, em especial em condições de chuvas em regime de certa torrencialidade dos climas semiáridos; além disso, aumentam grandemente a capacidade de armazenamento da água e, pela incorporação simultânea dos matos, permitem criar condições de melhorar os teores orgânicos do substrato físico recentemente posto à superfície.

Após a construção da banquetta, a mesma deverá ser ripada com 3 dentes do ripper ou pelo menos com 1 dente na falta de largura da banquetta, que constituirá a linha de plantação. Atualmente, com a mecanização da exploração florestal, verificou-se a necessidade de se construir uma banquetta mais larga a cada intervalo de 3 a 5 para facilitar a extração da madeira. Contrariamente ao terraceamento realizado no passado, nos dias de hoje existe a preocupação de evitar a construção de terraços sem acesso. Habitualmente, o número de horas necessário para efetuar 1ha de terraços está compreendido entre as 12 e as 20 horas, dependente do tipo de máquina, solo e declive.

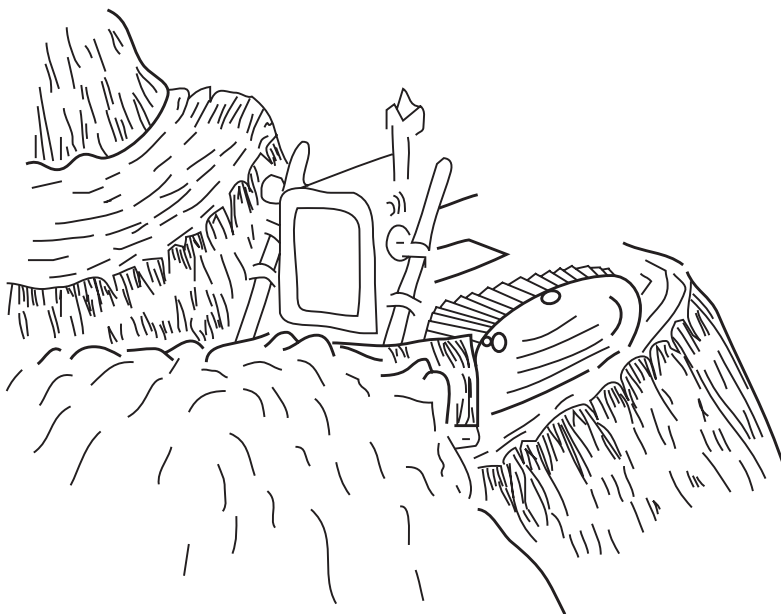


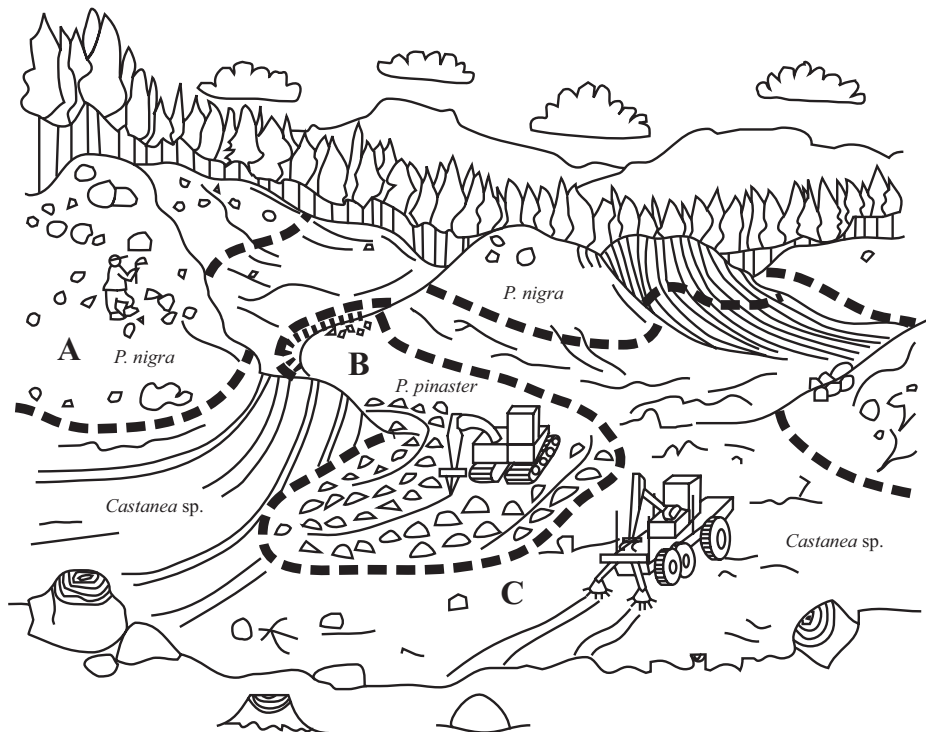
FIGURA 5.10
Construção de terraços
(Alves, 1982).

A plantação é feita normalmente no bordo dos terraços, e é fundamental garantir uma densidade mínima de plantas por hectare, dependente da espécie usada. Em certas situações, para um maior aproveitamento do espaço, existe a tendência para instalar uma segunda linha de plantação, realizada em pé de galinha. Contudo esta solução é polémica, face à qualidade do solo disponível na segunda linha, consequência das ações de mobilização de solo.

Num projeto florestal, o técnico é confrontado com diferentes situações, sendo necessário aplicar as várias técnicas de preparação de solo e recorrer a diversas espécies. A Figura 5.11, simula numa zona montanhosa do Norte do País, um projeto em que são utilizados 3 tipos de preparação do solo e 3 espécies florestais. No que respeita à preparação do solo, existem situações em que devido ao declive e afloramentos rochosos, se tem que optar entre duas soluções: a mecanização recorrendo ao terraceamento ou práticas manuais. Neste exemplo recorreu-se à abertura manual de covas (A), por se admitir que se trata de uma zona protegida com área reduzida. Na zona intermédia, apesar de também ter afloramentos rochosos, foi feita uma mobilização localizada com alfaia acoplada ao braço de uma giratória (B). Nas zonas de vale, encharcadiça, foi efetuada uma gradagem amontoadora para garantir o sucesso da instalação (C). Relativamente às espécies, o castanheiro foi a espécie escolhida para as zonas com solo mais profundas, e nas restantes situações, o pinheiro – *Pinus nigra* variedade *larício* nas cotas mais elevadas e pinheiro bravo nas mais baixas.

FIGURA 5.11

Exemplo de uma arborização com a preparação de solo adaptada ao sítio: (A) abertura manual de covas; (B) ripagem localizada com 1 dente; (C) grade com amontoadora (Adaptada de Savill *et al.*, 1997).



5.4 MÉTODOS DE SEMENTEIRA E DE PLANTAÇÃO

O avanço ao nível do melhoramento genético florestal observado em alguns países, como E.U.A., Brasil, França e países escandinavos, demonstram que o futuro das arborizações (sementeiras e plantações) terão forçosamente que passar pela utilização de Materiais Florestais de Reprodução melhorados, quando se pretende maximizar a produtividade ou combater doenças e pragas florestais. No entanto, em Portugal a disponibilização deste material é limitado quer no que respeita às espécies quer em quantidade. Assim sendo, pode justificar-se o recurso à regeneração natural por permitir a seleção dos indivíduos através dos desbastes, assim como em situações de proteção de solo ou de floresta com objetivo de prestação de serviços, o recurso à sementeira ou plantação de plantas de raiz nua poderá ser uma prática a considerar (Figura 5.12).



FIGURA 5.12
Regeneração natural de pinhal.

5.4.1 Sementeira *versus* Plantação

Não é de resposta unívoca a opção entre sementeira ou plantação, na medida em que os fatores de decisão e as situações possíveis são múltiplas e por vezes contraditórias. Depende em primeira mão dos objetivos da arborização (produção de material lenhoso, proteção do solo, da flora, da fauna e/ou criação da paisagem que permita o recreio, o turismo, a caça, etc.). Naturalmente que a espécie condiciona a decisão, uma vez que está dependente da disponibilidade de semente e das suas características, nomeadamente da sua capacidade germinativa, e do ritmo de crescimento inicial.

Em princípio seria de considerar a preferência pela sementeira, por permitir um desenvolvimento natural do sistema radicular no local definitivo e a possibilidade de seleção dos indivíduos, em virtude da densidade de plantas nos primeiros anos. Para um quadro geral de decisão, há duas ordens de razões a ter em conta: (i) as de **natureza técnico-biológica**, quanto às características das espécies e à ecologia da localização, (ii)

e as de **natureza técnico-económica**, quanto ao balanço entre os custos de instalação, confrontados com os ganhos ou perdas em crescimento antecipado.

No que respeita às **caraterísticas das espécies**, considera-se a preferência pela plantação, no caso das espécies que:

- a) produzem pouca semente ou semente de difícil conservação;
- b) desenvolvem programas de melhoramento genético que disponibiliza MFR de qualidade superior;
- c) se desenvolvem muito lentamente nas fases iniciais de vida ou possuem sistemas radiculares de crescimento mais rápido;
- d) possuem sistemas radiculares que suportam bem as transplantações.

Já no que se refere às **situações ecológicas**, a preferência pela plantação acontece em:

- a) climas mais adversos, de elevada aridez ou, pelo contrário, de excessivo rigor invernal;
- b) solos pedologicamente mais degradados ou de textura muito compacta e argilosa;
- c) terrenos sujeitos a inundações;
- d) riscos de ataques de roedores ou outros animais, como aves, que possam destruir as sementeiras.

Se olharmos para os aspetos de **natureza técnico-económica**, como fatores de decisão, temos essencialmente a considerar:

- a) o **custo efetivo da instalação** (em confronto, o custo das sementes e das plantas, a preparação do sítio, a intervenção no solo, a distribuição da semente e das plantas), que vai no sentido de favorecer as sementeiras;
- b) o **tempo ganho ou perdido**, em associação com os efeitos relativos sobre o crescimento, que vai no sentido de favorecer as plantações, porquanto nestas haverá em média uma antecipação de 3 a 5 anos, isto é, um ganho correspondente à idade das plantas na altura da instalação. Estes ganhos traduzem-se numa redução do ciclo das rotações e, portanto, numa antecipação da obtenção dos resultados económicos.

O Quadro 5.1 resume as diferentes vantagens e desvantagens, quer biológicas quer económicas, da sementeira e da plantação.

QUADRO 5.1 – Sementeira versus Plantação: vantagens e desvantagens biológicas e económicas.

		Biológicas	Económicas
SEMENTEIRA	VANTAGENS	Sistema radicular desenvolve-se naturalmente Maior seleção por limpezas e desbastes	Facilidade de execução custo reduzido
	DESvantagens	Exige semente abundante, barata, de fácil germinação Exige uma espécie robusta de rápido crescimento inicial, pouca concorrência	Necessita de cerca de 10 vezes mais semente Tempo perdido em comparação com a plantação Emergência e desenvolvimento irregular
PLANTAÇÃO	VANTAGENS	Consome pouca semente de boa qualidade Solos degradados, estações secas Menor mortalidade, composição de espécies mais fácil	Ganho de tempo
	DESvantagens	Desramação fraca, pouca seleção	Mão-de-obra abundante Custo elevado

5.4.2 Épocas de Sementeira e de Plantação

As condições de sucesso das instalações estão ligadas, mais especificamente, à **época de sementeira** ou **de plantação**, isto é, ao período de tempo no qual é de esperar um melhor resultado, variável naturalmente com as espécies, o seu sistema de instalação, clima e tipo de solo, sendo de atender em particular a:

1. regime da pluviosidade e temperaturas;
2. capacidade de retenção do solo para a água;
3. ação dessecante dos ventos;
4. ocorrência de neve, gelos ou geadas.

As sementeiras outonais são privilegiadas para garantia de uma germinação rápida e de desenvolvimento radicular suficiente capaz de enfrentar o período seco de verão. No entanto, correm o risco de, num ano extremamente frio e chuvoso, as sementes poderem apodrecer no solo. Nos locais sujeitos a geadas, a gelo ou neve, também há que conciliar o estado de desenvolvimento vegetativo com estes riscos. As **sementeiras de primavera** são recomendáveis quando há grande probabilidade de chuvas no início do verão, ou também em regiões com pluviosidades muito elevadas com possibilidade de excesso de água no solo durante o inverno.

Quanto às plantações, há igualmente a considerar as plantações de outono e de primavera, tendo em consideração que o crescimento lenhoso não é contínuo e está sujeito a períodos de crescimento ativo e de inatividade ou dormência. A dormência típica é a **dormência permanente**, ou inverno, que se verifica do outono à primavera, após as plantas terem estado sujeitas durante semanas ao efeito das baixas temperaturas. Após este período de inatividade, mais ou menos prolongado, quando aumenta a temperatura inicia-se o desenvolvimento dos gomos e o crescimento em altura, frequentemente de-

pendente da origem do MFR; mais tarde, inicia-se o crescimento em diâmetro, muito dependente da disponibilidade dos recursos hídricos e nutricionais.

Podem verificar-se períodos de **dormência temporária**, dias ou semanas, dentro da fase de crescimento ativo, como pode verificar-se a chamada **dormência aparente**, que acontece quando a parte aérea da planta ainda está inativa, mas as raízes e os seus meristemas estão em funcionamento.

As instalações devem fazer-se nos períodos de repouso vegetativo, evitando-se os momentos de grandes frios que prejudicam a adaptação das jovens plantas, nomeadamente o caso das raízes que sob o efeito da contração e expansão do solo podem sofrer um processo de “descalçamento”. Naturalmente que, para além desta condição, há que considerar a disponibilidade de água no solo.

O manuseamento das plantas do viveiro para o local definitivo da arborização é uma operação que requer cuidados especiais, pelo risco de mortalidade resultante do impacto negativo no crescimento consequência da desidratação por transpiração. Este desequilíbrio hídrico interno no semestre seco, condiciona o êxito do processo. Procede-se, assim, a práticas compensatórias das eventuais carências: regas no viveiro antes da sua deslocação, redução a um mínimo do tempo do transporte e possibilidade de escolha, quando possível, de melhores momentos como dias húmidos, ou nublados. No caso das plantações, uma prática habitual é o encharcamento do torrão antes do ato da plantação. A rega à plantação justifica-se não só pela disponibilização de água às plantas, mas também pela possibilidade que dá ao sistema radicular de aderir totalmente ao solo. Também em situações de seca extrema se pode recorrer à rega nos dois primeiros anos após a plantação. Atualmente, no sentido de ampliar o período de plantação, tem-se recorrido ao uso de hidrogéis explorando a sua capacidade de absorção de água e posterior libertação gradual às plantas.

Numa perspetiva, digamos universal, da variedade dos climas, a época naturalmente mais indicada, principalmente quando os invernos são rigorosos, é a de **plantação de primavera**, com um melhor aproveitamento da época de crescimento rápido das raízes e com o solo nas melhores condições, a não ser nos locais sujeitos a geadas tardias. Quando se verificam condições climáticas de maior aridez, há vantagens na **plantação de outono** para garantir a formação de novas raízes antes do inverno, nas primeiras chuvas, e estabilizar o enraizamento, antes do período quente e seco, evitando efeitos negativos da transpiração e respiração intensas sobre os novos tecidos formados. No caso das folhosas, acresce o interesse desta época de plantação, na medida em que nelas é bastante frequente um crescimento invernal das raízes. No entanto, e de um modo geral, pode dizer-se que se correm riscos do êxito no pegamento das instalações, por não ser fácil determinar o momento de entrada das plantas em dormência fisiológica e se poderem aproximar os rigores inverniais. Assim, para as espécies de folha caduca, recomenda-se proceder às operações logo após a queda das folhas, e para as espécies de folha persistente, as operações podem ser efetuadas até um pouco mais tarde. Já quanto às plantações de primavera, a boa regra será efetuar as plantações duas semanas antes da rebentação dos gomos, quando o sistema radicular já está em plena atividade. No caso das plantas de folha caduca, deve evitar-se a plantação depois de se ter iniciado o desenvolvimento das folhas.

Perante a irregularidade da precipitação e a subida de temperatura associadas às alterações climáticas, a oportunidade da plantação está fortemente condicionada, podendo em anos extremos, ser contraproducente ou corresponder a um período muito limitado.

5.4.3 Modalidades de sementeira

Na **instalação por sementeira** enfrentam-se com maior frequência insucessos, dada a inexistência de condições para o êxito das germinações e a grande suscetibilidade das plântulas nas fases iniciais de vida, quando a sua constituição é quase totalmente reduzida a tecidos pouco lenhificados. Atualmente, qualquer sementeira privilegia a utilização de meios mecânicos, contudo, em áreas muito reduzidas, poder-se-á optar por **sementeira total** – *full, broadcast seeding* ingl.; *semis en plein* fr. –, sendo a semente distribuída a **lanço ou à rasa** – *a la volée* fr. –, enquanto que em áreas pequenas ou de média dimensão, é efetuada a **sementeira parcial** – *partial seeding* ingl.; *semis par places* fr. –, e, neste caso, as sementes são distribuídas segundo diversas modalidades como:

- a) **sementeira em faixas** – *strip seeding* ingl.; *semi a bandes* fr.; *siembra en bandas* cast. –, abertas segundo as curvas de nível, com larguras de 0,5 a 1 m e distanciadas entre si, no mínimo de 2 m, e com a mobilização feita com charruas de disco ou de aiveca;
- b) **sementeira em manchas** – *seeding in spaces* ingl.; *semis à placeux* fr. –, pode assumir-se como uma versão reduzida da sementeira em faixas ou seja de **faixas interrompidas** – *bandes brisé* fr. –, de uma forma regular, por exemplo de 5 em 5 m, a zona semeada ou irregular, em desenho ajustado à uniformidade do terreno.

No caso de parcelas com uma dimensão significativa, que viabilize a utilização de meios mecânicos, a sementeira poderá ser:

- c) **sementeira em linhas ou regos** – *seeding in lines, drill sowing, semis en ligne* ingl.; *semis à potèt* fr.; *siembra en surcos, sembrado en línea* cast. –, que reduz fortemente a quantidade de semente a empregar, cria melhores condições (regos e amontoa) para o desenvolvimento da nova planta, permitindo simultaneamente a adubação e a aplicação de herbicidas pré-emergentes, prestando-se especialmente para o caso de sementes de grandes dimensões, como carvalhos, castanheiro, nogueira. Os regos devem seguir as curvas de nível, quando há declives.

No caso de o declive ou os afloramentos rochosos não permitirem a utilização de semeadores de linha, procede-se mecanicamente ou manualmente a:

- d) **sementeira em covachos ou furos** – *seeding in holes, dibbing* ingl.; *semis a la canne au plantoir* fr.; *siembra encasillas ou en hoyos* cast. –, igualmente adequada a sementes grandes. Os furos terão as dimensões que se ajustam ao tipo de solo: furos de maiores dimensões nos solos de elevada compacidade, por exemplo. Para facilitar a abertura das covas ou covachos, nos casos em que é possível passar um pequeno dente de *ripper* ou escarificador, a utilização destas alfaias facilita a abertura da cova e controla a sua disposição no terreno.

A utilização de equipamento mecânico para a abertura das covas é também uma prática corrente, no entanto, deve ter-se o cuidado de garantir que as suas paredes não fiquem “vidradas” permitindo o bom desenvolvimento das raízes.

A escassez e o preço da semente, proveniente de programas de melhoramento genético, obrigam a um desenvolvimento de técnicas de **sementeiras de precisão** recorrendo a técnicas utilizadas nas atividades agrícolas de forma a obter o máximo rendimento desta semente. A **sementeira por via aérea** é possível com grande precisão e baixo custo, no caso de espécies pioneiras. Para viabilizar a distribuição homogênea da semente há que efetuar previamente uma mistura das sementes com fertilizante ou um corretivo, de forma a criar uma “massa” que permita a sua melhor distribuição.

Em qualquer caso, é decisivo atender à **profundidade do enterramento** (cobertura da semente) adequando-a ao tipo e dimensão das sementes. Em princípio, será tanto maior quanto o seu tamanho, a ligeireza da textura do solo, a exposição do local à radiação e a época temporã da instalação. Para situações médias (qualidade de semente e preparação ligeira do solo) refram-se, a título de exemplo, os seguintes casos: castanheiros e carvalhos, 5-8 cm; pinheiro manso e faia, 2-3 cm; pinheiro bravo, larício e de Alepo, 1-2 cm; pinheiro silvestre, larix, ácer e freixo, 0,5-1 cm; bétula, amieiro e ulmeiro, <0,5 cm. Em certas situações, pode efetuar-se uma mobilização muito superficial, com escarificador ou algo semelhante, para garantir a cobertura da semente.

Importa também conhecer a **duração do período de germinação das sementes** das várias espécies, como elemento de controlo do sucesso da sementeira. No que respeita à **quantidade de semente**, para o caso da sementeira total com preparação de terreno, deve admitir-se como correspondente a menos de 50% relativamente ao caso de não preparação do terreno, de mais de um terço a metade, para a sementeira em faixas, e de um quarto a um terço para a sementeira ao covacho.

5.4.4 Plantação

Como já referido, o sucesso de uma arborização depende de múltiplos fatores: a) da escolha das espécies e das proveniências, e da sua adaptabilidade às características ecológicas da área; b) das condições climáticas no ano de plantação; c) dos métodos de preparação do solo; d) dos cuidados após a plantação; e) da qualidade das plantas. A influência destes fatores no sucesso da instalação das plantas tem sido objeto de estudo, tendo em vista a previsão ou a interpretação das taxas de sobrevivência (McKay, 1996; Louro, 1999; Costa e Silva, 2001; Navarro e Palacios, 2004). Em muitos casos, na análise destas taxas de sobrevivência, tem sido dado maior peso aos fatores ambientais e às características do sítio, do que à qualidade da planta. No entanto, face de resultados díspares para as mesmas condições ambientais, é reconhecida a influência da qualidade das plantas. De qualquer forma, a complexidade dos processos fisiológicos, que afetam a sobrevivência das plantas, implica que a análise do resultado de uma plantação deva ter em conta a multiplicidade e a interação dos fatores que a influenciam, não esquecendo a componente genética (South, 2000; Navarro e Palacios, 2004).

5.4.5 Crise de transplantação para local definitivo

O aquecimento global tem induzido alterações nos padrões fenológicos das árvores dos climas temperados e mediterrânicos. Por exemplo, tem-se verificado um alargamento do período vegetativo em consequência de invernos mais suaves e primaveras mais quentes, o que leva a uma ampliação do período favorável para a plantação e maior crescimento das árvores, especialmente se não ocorrerem secas severas devido a alterações na distribuição/diminuição da precipitação. Infelizmente, os cenários de alteração climática para a Península Ibérica preveem aumentos na ocorrência de períodos muito quentes e na frequência de secas severas. Estas condições vão certamente agravar a crise de transplantação.

Garantir o sucesso da transplantação das plantas para local definitivo é um dos problemas fundamentais das técnicas de instalação, que importa analisar com algum pormenor. O período de tempo necessário para uma planta se estabelecer no campo é variável, ainda que se aceite, usualmente, que os primeiros dois anos são o período de maior suscetibilidade para a sobrevivência das plantas. No entanto, é o período imediatamente a seguir à transplantação que apresenta a maior importância para o “pegamento” das plantas. É neste período inicial que as plantas estão sujeitas ao que se costuma designar por “crise de transplantação”, fase especialmente crítica, em que a planta deve recuperar dos diferentes stresses inerentes ao processo de transplantação: (i) mudança brusca de condições ambientais e disponibilidade de recursos, (ii) danos devidos ao transporte e plantação e (iii) desequilíbrio hídrico entre a capacidade de absorção das raízes e a transpiração. Esta fase traduz-se, consoante as condições, numa paragem ou diminuição de crescimento, ou mesmo na sua morte, por emurchecimento. Ultrapassar este período crítico implica para a planta desenvolver novas raízes e iniciar a colonização do solo, de modo a retomar as funções vitais de absorção da água e nutrientes (Burdett, 1990; Margolis e Brand, 1990). Assim, um dos pontos básicos do sucesso do estabelecimento das plantas está na sua capacidade de iniciar um **rápido desenvolvimento das raízes**, principalmente em condições de plantação com limitações hídricas, onde a sobrevivência das plantas depende sobretudo da prontidão com que o desenvolvimento das raízes permite procurar a água necessária ao restabelecimento do balanço hídrico interno. O sucesso do estabelecimento no local definitivo está, portanto, muito dependente das condições em que se encontra o sistema radicular das plantas no momento da sua instalação. De um sistema radicular bem desenvolvido depende o recomeço da atividade da planta, e nele jogam papel decisivo as raízes finas, as quais determinam a capacidade de absorção da superfície radicular (Costa e Silva *et al.*, 2001).

Numa segunda fase, depois do restabelecimento dos processos fisiológicos da planta (ex. absorção de água, fotossíntese), é desejável que esta adquira os padrões de crescimento e desenvolvimento adequados às condições do sítio e, inerentes à espécie. Este crescimento, e em particular o desenvolvimento radicular, tem especial importância nos climas mediterrânicos onde a planta deve explorar um grande volume de solo para garantir o acesso à água durante o primeiro Verão. Desta forma, podemos dizer que o sucesso de uma plantação se traduz e se quantifica através da taxa de sobrevivência e do crescimento das plantas.

Como referem Kramer e Kozlowski (1972), o aumento da probabilidade de sobrevivência das plantas, depende não só da própria qualidade das plantas, como também das técnicas seguidas antes e depois da colocação em local definitivo, tendo em vista o cuidadoso manuseamento, o controle de doenças, pragas e infestantes, a manutenção de apropriadas relações parte área/sistema radicular e uma escolha adequada do período de plantação. É de referir que em ambientes sujeitos a prolongadas secas estivais, como sucede no clima mediterrânico, é no período de verão e não imediatamente após a transplantação, que normalmente se observam as maiores taxas de mortalidade das plantas (Navarro *et al.*, 2006). Daí que as avaliações logo após a plantação de algumas variáveis fisiológicas (como a recuperação do potencial hídrico, os níveis das trocas gasosas, ou o estado do aparelho fotossintético), possam não ser indicadores fiáveis de ter sido ultrapassada a fase crítica da instalação das plantas. Na região mediterrânica, muito provavelmente, são as medições realizadas durante o verão que melhor avaliam a instalação das plantas. Por outro lado, o período que medeia a recuperação do stress da transplantação e o início do stress hídrico estival pode ser crucial para assegurar o estabelecimento das plantas. Durante este período as plantas passam por um processo de aclimação, ajustam a sua área foliar e iniciam a colonização radicular do solo (Pausas *et al.*, 2004). Esta capacidade de ajustamento da morfologia e fisiologia no curto prazo é uma etapa importante no seu estabelecimento a longo prazo. No entanto, atualmente ainda há pouca informação relativamente à estratégia de muitas espécies mediterrânicas nesta fase, até que ponto dependem dela para o seu estabelecimento, e como podemos reforça-la, de forma eficiente, através de técnicas de viveiro e de campo (Cortina *et al.*, 2006).

5.4.6 Modalidades de Plantação

Antes de se adotar por um determinado **método** ou **modalidade de plantação** na instalação das plantas em local definitivo, é necessário planear o **esquema** ou **desenho da plantação**. O esquema fica dependente, antes de mais, da densidade da plantação, associada ao tipo de preparação do solo, por sua vez também dependente das condições topográficas. Deste modo, distinguem-se as soluções de maior ou menor regularidade (distribuição geométrica) dos traçados, consoante se passa de regiões planas, pouco onduladas, para as de elevados declives, montanhosas, com afloramentos rochosos, neste caso sendo regra essencial procurar manter traçados que respeitam as curvas de nível. A esta questão dos traçados liga-se a da organização do trabalho, desde o transporte das plantas, à sinalização da sua localização e à instalação propriamente dita. O espaçamento (densidade) das plantações depende, obviamente, das espécies, mas também da orientação silvícola dos seus objetivos técnico-económicos, da região ecológica e, em particular, da fertilidade e da preparação do solo. Com o avanço do recurso à mecanização dos trabalhos, é importante considerar o **espaçamento entrelinhas** a deixar para realização de futuras operações mecanizadas. A distância mínima entre linhas não deverá ser inferior a 2,5 metros e, por outro lado, na linha de plantação a distância entre plantas não deverá ser inferior a 1,5 metros, originando uma densidade máxima que rondará 2600 plantas por hectare. Atualmente, o custo das plantas e da sua instalação,

e a escassez de mão-de-obra no espaço florestal inviabiliza o modelo de densidades elevadas (10000 plantas/hectare) utilizada no início do séc. XX, no centro da Europa.

As densidades de instalação variam muito significativamente com a espécie. Alguns exemplos com objetivos e ciclos de exploração contrastantes:

- a) pinheiro bravo com densidades iniciais elevadas (2500 /1500 plantas por hectare);
- b) silvicultura intensiva com espécies de rápido crescimento, como é o caso do choupo e mesmo do eucalipto (1600/1000 plantas por hectare);
- c) espécies de transição da silvicultura para a arboricultura, como o sobreiro, o castanheiro e o pinheiro manso (800 a 400 plantas por hectare).

Nos **métodos** ou **modalidades de plantação** no local definitivo há que distinguir as seguintes questões:

1. Plantas de raiz nua ou em contentor

As **plantas de raiz nua**, em princípio, desde que não se verifiquem contraindicações de natureza das espécies ou do solo, permitem custos mais baixos, no viveiro, no transporte para o local definitivo e no próprio processo de abertura do solo para a sua colocação. Em Portugal, esta técnica foi usada, com sucesso e em grande escala, para a instalação do pinheiro manso na zona de Alcácer e da criptoméria nos Açores. Esta opção, para condições específicas, quer de local quer de espécie pode ser uma solução interessante.

Entretanto, as vantagens de manter o raizame permanentemente em contato com a terra e em condições de humidade, conduzem ao recurso dos processos **de plantas em contentores**, evitando maiores prejuízos nos sistemas radiculares, interrupções no crescimento durante a transplantação e possibilitando melhores condições de conservação da humidade e, se necessário, um alargamento do período ótimo da plantação.

2. Profundidade do enterramento e disposição das plantas

Não devendo deixar-se de ter em conta a variabilidade existente entre as espécies e os solos utilizados, pode dizer-se, em termos indicativos, que a **profundidade de enterramento** obedecerá aos seguintes cuidados: raizame numa localização aproximada, relativamente à superfície do solo, da que existia em viveiro, de modo a evitar que parte do caule fique mais enterrado e se verifique uma emissão de novas raízes, principalmente no caso de raízes superficiais, retardando com isso o desenvolvimento inicial; a parte inferior do raizame deve ficar acima das camadas impermeáveis, não mobilizadas, eventualmente existentes. Uma indicação prática geral será a de que a profundidade da abertura para a colocação das plantas deve ser 5-10 cm maior do que o comprimento do raizame.

Simultaneamente, tenha-se em atenção que deve manter-se, como em viveiro, a planta numa **posição vertical**, quer da parte aérea quer do raizame, não permitindo formação duma dobra ao nível do solo, assim como não deixar a raiz ficar **enrolada na base**.

3. Tipo de abertura no solo e processo de enterramento

Apesar da maioria das áreas a plantar terem sido antecedidas por mobilizações do solo, que originou a descompactação do local a plantar, existem situações de exceção. Nestes casos, a aberturas das covas tem que ter uma maior dimensão para favorecer o desenvolvimento do sistema radicular.

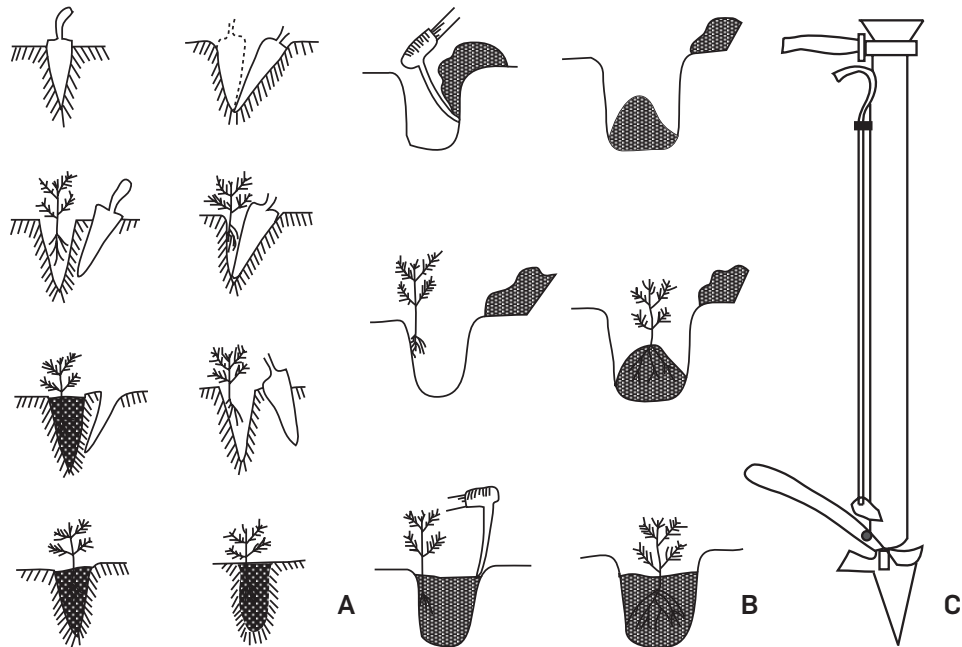
Os métodos abaixo descritos pressupõem uma mobilização do solo. Para o enterramento das plantas há três processos manuais de abertura do solo:

1) com compressão de terra, quando há simultaneidade entre o ato de abertura do solo e o de cobertura do raizame, em que este, portanto, fica comprimido. Este processo é habitualmente efetuado com ferros plantadores de seção piramidal ou cônica (invertidos). A sua dimensão e seção variam significativamente com o tipo de solo e da espécie em causa. (Figura 5.13 A);

2) com remoção de terra, no qual existe separação temporal entre os dois momentos, abertura no solo e cobertura do raizame (Figura 5.13 B). Esta operação é feita com enxada, instrumento que evoluiu no sentido da ergometria e eficiência, de tal modo que permite ser manuseada com uma só mão, libertando a outra para o ato da plantação;

3) sistema misto com plantadores manuais, a partir da década 80 do séc. XX, foram desenvolvidos plantadores manuais, que consistem num tubo de aço de liga leve com cerca de 1 m de comprimento e 5-7 cm de diâmetro, terminado na base por um pedal que permite abrir, depois do enterramento e dentro do solo, a ponta cônica, colocando a planta à profundidade desejada (Figura 5.13 C). A utilização de tubos plantadores permite abrir a cova, efetuar a distribuição de adubo de libertação lenta e a colocação da planta em posição vertical. Iniciou-se com a utilização dos paper-pots, evoluindo para a sua utilização com plantas produzidas em contentor. É uma prática com alguma representatividade no caso do eucalipto.

FIGURA 5.13
Processos de enterramento
das plantas na plantação:
(A) compressão de terra,
(B) remoção de terra e
(C) por tubo plantador
(Adaptada de Alves, 1982).



Nas plantações mecânicas há que referenciar dois tipos básicos:

- a) utilizado genericamente em terrenos de declive suave, consistindo num plantador rebocado por um trator de tração dupla ou de lagartas, são as versões florestais dos plantadores agrícolas.
- b) tem como base uma giratória em que na extremidade do seu braço é montado um plantador rotativo com um sistema de distribuição de plantas agregado a um depósito de água e adubo (Figura 5.14).



FIGURA 5.14
Plantador mecânico em
braço de giratória.

Fertilização à plantação

Atualmente, as plantações são complementadas com fertilizações na primeira fase do estabelecimento dos povoamentos para garantir o desenvolvimento equilibrado das plantas. Nesta fase, podemos considerar 3 tipos de adubação:

a) Adubação de fundo e corretivos

Genericamente os solos em Portugal são ácidos (pH 4,5 – 5,5) e com carência de fósforo. Nesse sentido, e tratando-se de um macronutriente que migra muito pouco em situações de grave carência, é usual a distribuição de adubo a 40 cm da superfície, de preferência misturado com um corretivo (Cálcio (Ca)).

b) Adubação à plantação (adubo de libertação lenta)

Para o estabelecimento das plantas nas primeiras fases de vida após a plantação é importante dispor de nutrientes. Os adubos ternários (N, P, K) de libertação lenta têm a particularidade de disponibilizar gradualmente os nutrientes, contrariando a sua lixiviação e controlando o potencial osmótico da água no solo.

c) Adubação de cobertura

Em certas situações, para promover o crescimento foliar após o enraizamento das plantas, torna-se necessário reforçar a disponibilidade de azoto (N), o que justifica uma adubação de cobertura em que predomina o N.

Técnicas complementares

A sobrevivência das plantas após a plantação está dependente da sua proteção dos danos provocados pelo ataque dos animais ou da carência em água.

De facto, a maior frequência de períodos de seca e a sua maior duração podem ser minorados através da disponibilidade de água através da rega à plantação e/ou esporadicamente, caso se justifique. Outra solução técnica consiste na incorporação à plantação de gel hidrofílico com grande capacidade de absorção de água, permitindo disponibilizá-la posteriormente.

Relativamente aos primeiros anos de vida, os danos causados pelo gado ou animais selvagens pode comprometer seriamente as plantações jovens e afetar a morfologia das árvores. Quando se trata de espécies de crescimento lento esta situação é agravada pela maior exposição no tempo. Nesse sentido a utilização de protetores, de preferência biodegradáveis, ou redes protetoras contribui para a solução deste problema.

Retancho

A retancho, embora corresponda a um encargo financeiro suplementar à instalação, é uma prática recorrente sem grandes inconvenientes nas espécies de crescimento lento, contudo nas espécies de rápido crescimento mantêm-se as consequências negativas ao longo da rotação. Novas tecnologias, quer ao nível da manipulação do sítio, quer ao nível da planta, têm tendência para reduzir a percentagem de falhas, evitando esta operação.

A percentagem de sobrevivência à plantação depende da espécie, estando definidos os níveis máximos a partir dos quais não se justifica a retancho, que variam significativamente com a espécie e o compasso. Como referência geral uma mortalidade abaixo de 5% é aceitável, mas acima de 10% devem ser analisadas as ações a tomar, que irão depender da sua distribuição (localizada ou dispersa).

5.5 PLANEAMENTO DA ARBORIZAÇÃO

5.5.1 Planeamento integrado

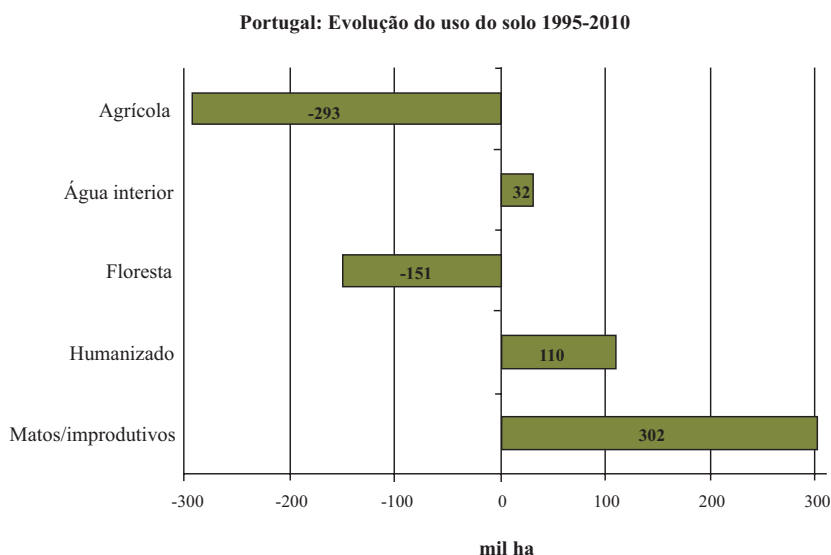
No início do séc. XX, Portugal tinha 2 milhões de hectares de povoamentos florestais e 4 milhões de hectares dos chamados matos e incultos. Ao longo do século desenvolveram-se diversos programas de arborização, quer públicos quer privados, originando uma alteração desta realidade, atingindo cerca de 3,4 milhões de hectares de áreas florestais.

O processo intensivo de utilização do espaço como local de **produção**, está na origem das preocupações atuais pelo esgotamento dos recursos e pela perturbação ou destruição dos ecossistemas naturais. Contudo, atualmente na sua maior parte são ecossistemas artificiais, em maior ou menor grau, ou, dito doutra forma, na medida em que se trata de alterações provocadas pelas tecnologias de produção, os atuais **tecnossistemas**, desencadeiam, na sociedade, movimentos no sentido dos reequilíbrios da Natureza.

Há muito que os florestais, numa prática generalizada ou pelo menos no domínio dos conceitos, têm assumido posição frontal nesse movimento, pois consideram que se os espaços florestais existentes, elaborados nestes programas de fomento, não tivessem sido desenvolvidos, o aumento de áreas degradadas e incultas teria continuado. Contudo, embora de uma forma dispersa, têm acentuado o papel do coberto florestal no sentido da manutenção dos equilíbrios naturais: inicialmente sob os slogans da conservação do solo e do papel da floresta no equilíbrio hidrológico, depois os estudos sobre as “influências florestais” e, mais tarde, a teorização sobre o “uso múltiplo” das florestas.

No 6º Inventário Florestal Nacional (ICNF, 2013), com base no mesmo modelo de fotointerpretação, as fotografias aéreas de 1995 e de 2005 foram comparadas com as de 2010. É assim possível analisar a evolução da área das diferentes espécies da floresta portuguesa que, neste intervalo de tempo, sofreu uma redução de 150611 ha, dos quais 85% foram convertidos em matos e pastagens, que atingiram 2853228 ha (Figura 5.15). No último relatório da FAO, esta tendência foi também referida, sendo Portugal o único país europeu cuja superfície florestal regrediu (FAO 2015).

FIGURA 5.15
Evolução do uso do solo em
Portugal, de 1995 a 2010
(ICNF, 2013).



Paralelamente, a evolução das espécies florestais segundo o IFN6 entre 1995 e 2010 foi a seguinte:

QUADRO 5.2 – Evolução da área das espécies florestais (em ha) segundo o IFN6 (1995-2010) (ICNF, 2013).			
ESPÉCIE DOMINANTE	1995	2005	2010
Pinheiro bravo	977 883	795 489	714 445
Eucaliptos	717 246	785 762	811 943
Sobreiro	746 828	731 099	736 775
Azinheira	366 687	334 980	331 179
Carvalhos	91 897	66 016	67 116
Pinheiro manso	120 129	172 791	175 742
Castanheiro	32 633	38 334	41 410
Alfarrobeira	2 701	4 726	5 351
Acácias	12 278	12 203	11 803
Outras folhosas	155 187	169 390	177 767
Outras resinosas	61 340	73 442	73 217

Naturalmente que a grande chamada de atenção é relativa ao pinheiro bravo. A redução, em 15 anos, de cerca de 1 milhão de hectares para 700 mil hectares é, no mínimo, preocupante, e não restam dúvidas que se deverá intervir fortemente na regeneração desta espécie de forma a recuperar parte destas áreas. Em relação ao eucalipto, embora a variação seja sempre positiva, tem apresentado valores de alguma desaceleração. A tendência da reconversão de antigos povoamentos supera substancialmente as plantações de novas áreas. A situação do sobreiro, apesar da superfície ocupada se manter estável, é muito complexa, uma vez que existem áreas bastante degradadas e envelhecidas, e as muito jovens ainda não chegaram ao estado de produção de cortiça amadia. Quanto à azinheira é uma espécie em que é fundamental a sua recuperação, através de programas

específicos, sob pena de a sua regressão acelerada se manter. Pelo contrário, o pinheiro manso tem tido uma evolução encorajadora, admitindo-se que ainda tem algum espaço para crescer na floresta portuguesa. Quanto ao castanheiro, a evolução da sua área é medíocre, havendo a necessidade de criar novos estímulos, fundamentalmente material genético resistente, com outras capacidades de resposta aos inimigos. As outras resinosas e folhosas têm tido uma evolução positiva nas suas áreas, contudo, em termos absolutos com resultados residuais. Relativamente ao risco das acácias, embora o inventário aponte para uma estabilização nas suas áreas, naturalmente devido à reduzida escala, que poderá ser explicado pela margem de erro inerente ao método de amostragem.

Para confrontar a evolução negativa da floresta portuguesa, a CELPA analisou o que acontecia no norte de Espanha, nomeadamente na Galiza, comparando o terceiro e quarto Inventário Florestal Nacional (IFN3 e IFN4), que se apresenta na Figura 5.16. Conscientes de que a comparação é grosseira, pois as condições edafoclimáticas apenas se assemelham com o Norte do País, verificou-se uma situação inversa, ou seja, a floresta aumentou e os matos e incultos diminuíram.

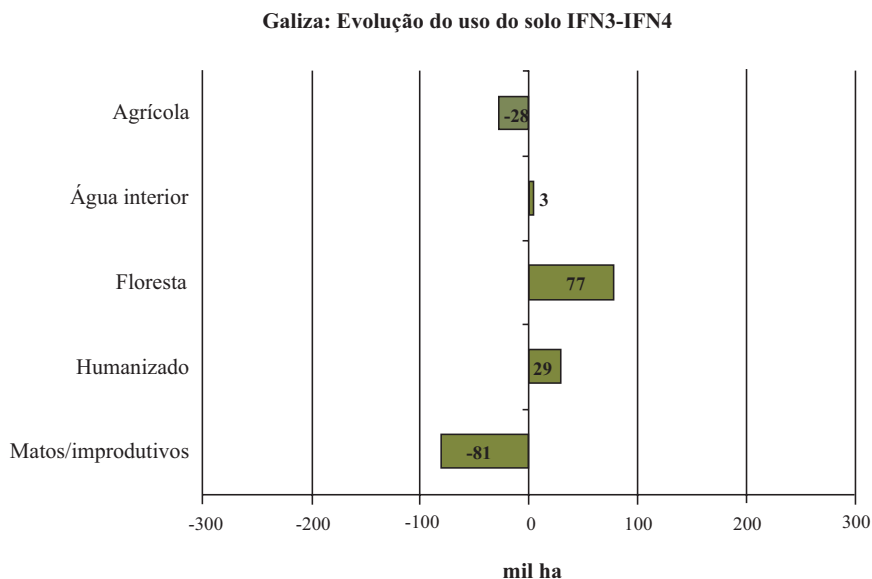


FIGURA 5.16
Evolução do uso do solo na Galiza, do IFN3 ao IFN4 Galiza.

Deste modo, Portugal terá que fazer um esforço significativo para recuperar o seu património florestal e inverter a tendência de desflorestação que se tem verificado nas últimas décadas, dado que as florestas estão numa primeira linha das potencialidades de reequilíbrio biológico do espaço natural:

- a) pela extensão que ocupam nos territórios;
- b) pela característica de populações vivas, em longa permanência sobre o espaço, passíveis de graus muito diversos de utilização produtiva;
- c) pelas condições de influência nos diversos fatores do meio de que dependem muitos dos restantes recursos naturais.

Existem duas categorias de bens com origem nas florestas em sentido lato, ou seja, nas grandes áreas de predominância da cobertura arbórea florestal: (i) **bens materiais**, ou produtos propriamente ditos que podem ser **diretos** – se resultantes diretamente das árvores que constituem os povoamentos – ou **associados** – cuja presença está interli-

gada à existência dessas áreas florestais; (ii) **bens imateriais**, os quais se muitos ainda cabem em grande parte numa condição de bens livres, isto é, não apropriados, estão cada vez mais a entrar na condição de bens raros e, portanto, a poderem ser «contabilizados» em termos económico-sociais e que, na verdade, são também produtos **indiretos** da floresta, serviços de interesse ou consumo coletivo (Alves, 1972). Naturalmente, a floresta pode fornecer simultaneamente, e em grau relativamente diferente, os dois tipos de bens.

Ao aumentar a intensidade dos processos produtivos, isto é, ao acentuar-se o grau de destino ao consumo privado de tais bens, aumentam, normalmente, os antagonismos de produção simultânea de serviços de interesse coletivo. Nestas circunstâncias é muito importante ter uma ótica de produção múltipla, e uma visão dos grandes espaços florestais a utilizar nos seus múltiplos destinos, e a enquadrar numa análise de custos-benefícios. E retenha-se que, como dizia Bhadrán, Director-Geral da FAO, “somente a floresta em consequência das suas características biológicas está apta a **produzir enquanto conserva e a conservar enquanto produz**”. Aqui reside a virtualidade da floresta como atividade de função económico-social, ao mesmo tempo que é à volta das alternativas e das possibilidades de sobreposição de utilizações, que nasce a questão do planeamento da arborização.

A função dos técnicos neste domínio não é planear para repor os ecossistemas naturais, que provavelmente ninguém sabe quais são, mas construir os tecnossistemas apropriados, com capacidade criativa e conhecimento dos limites de risco de desequilíbrios marcados, capazes de responder através do ordenamento do espaço, às necessidades, sempre crescentes, do consumo das matérias-primas florestais e de prestação de serviços de interesse coletivo.

O planeamento, uma tarefa interdisciplinar, implica a consciência de que existe uma trama de interferências múltiplas e mais ou menos sobrepostas, que parte de dois contextos: o **socioeconómico** e o **ecobiológico**. Todas as questões que derivam do contexto socioeconómico, integrando as tarefas de planeamento regional –localização de indústrias, solução de problemas de habitação e urbanização, áreas residenciais e de recreio, terrenos agrícolas, áreas florestais de produção, de caça ou pastagem –, têm cada vez mais em consideração os condicionalismos do contexto ecobiológico (planeamento integrado). O espaço rural, onde se inserem as áreas florestal, agrícola e, complementarmente, os matos incultos com maior ou menor interesse ambiental, estão de tal forma interligados, que a sua gestão tem de ser conjunta. Assim, a conceção das infraestruturas como a análise de riscos exógenos (o fogo, por exemplo), têm de ser considerados globalmente no planeamento do território.

Trata-se de um domínio em que, para além da conceção, se desenvolvem hoje metodologias e técnicas, por vezes muito sofisticadas, embora a vislumbrar-se-lhe um caminho de possível emprego generalizado, que procuram dar aos tradicionais «inventários ecológicos» uma maior operacionalidade de utilização. Tenta-se uma cartografia ecológica que, pela possibilidade de recurso aos meios computacionais, se baseia em unidades ecológicas homogéneas de muito pequena dimensão, permitindo uma descrição muito pormenorizada das **componentes biofísicas do meio** e das **potencialidades da sua utilização**, e o estudo das resultantes diretas ou da interação entre os diversos recursos naturais (Caixa VIII).

Num sentido restrito, predominantemente bioecológico, apresentam-se a seguir alguns temas mais específicos para o planeamento da arborização, conceitos e quadros de decisão, primeiro num âmbito regional, com destaque para o problema da escolha das espécies, com a definição de grandes regiões, depois, numa delimitação local, sobretudo aplicável às zonas montanhosas do Norte, com a exposição dum modelo básico de organização do espaço – Cf. Figura 5.17. Naturalmente que os processos de certificação da gestão florestal dos povoamentos florestais, bem como a sua cadeia de custódia, são fatores fundamentais para a gestão dos povoamentos (instalação e condução).

Qualquer projeto florestal deverá ter uma estrutura que pressuponha uma rede divisional para dar resposta às necessidades de gestão e exploração, assim como de proteção aos fogos florestais. Desta realçamos os seguintes itens:

- rede viária florestal;
- redes de faixas de gestão de combustível;
- mosaico de parcelas de gestão de combustível;
- rede de pontos de água;
- rede de Vigilância e deteção de incêndios;
- rede de infraestruturas de apoio ao combate.

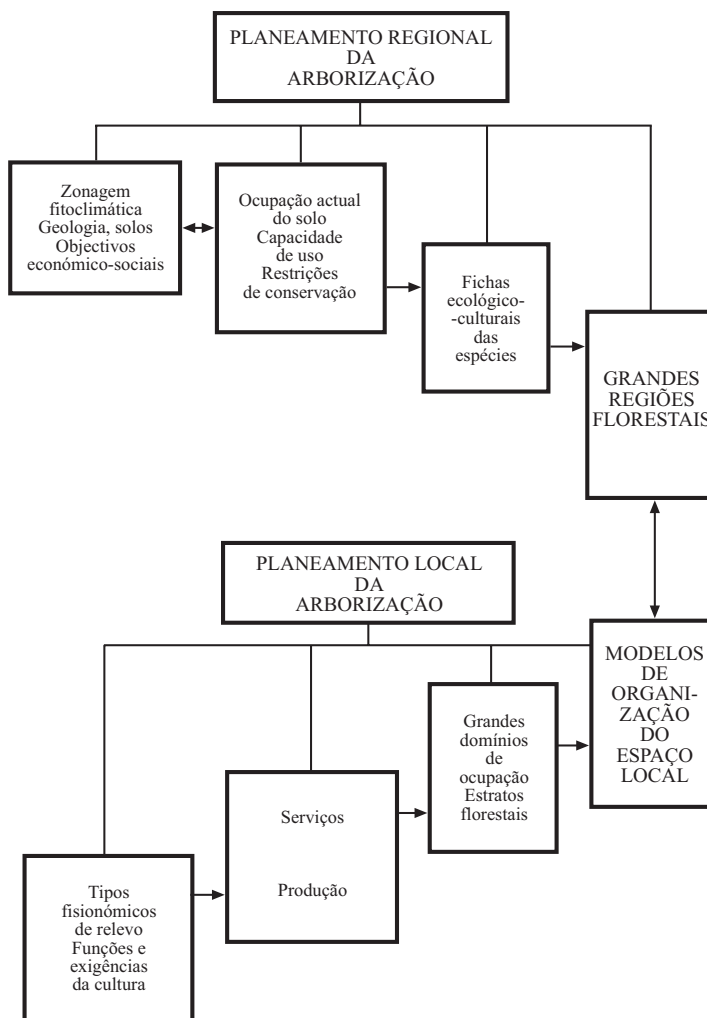


FIGURA 5.17
Questões do planeamento da arborização (Alves, 1982).

5.5.2 As grandes regiões de arborização

Ao falar-se de planeamento regional da arborização, tem-se em vista enquadrar, a partir da caracterização ecológica, e predominantemente fitoclimática, duas questões particulares do planeamento da arborização:

1. traçado dos limites de **grandes regiões florestais**, tendo em vista, diretamente, o problema da (re)arborização;
2. estabelecimento da **listagem das espécies florestais**, potencialmente com interesse para essas regiões.

Em termos quantitativos, os dados de que interessa dispor para um ordenamento do território, resultam da conjugação de:

- a) conhecimento das áreas atuais de ocupação dos principais destinos de utilização agrícola, agroflorestal e florestal;
- b) conhecimento das capacidades de uso do solo.

Dessa conjugação, o que resulta como ideia fundamental é a necessidade de transferência de elevado valor da área agrícola extensiva ou degradada para um destino florestal. Muito se tem discutido sobre a validade dos raciocínios com esta base e, principalmente, os números que dela decorrem. Assim, a atual ocupação do solo do Continente afetando a área agrícola e florestal tem vindo a diminuir, conforme já foi referido. Para se ter uma avaliação mais precisa do espaço rural, deve ter-se presente uma terceira parcela, genericamente designada pelos diversos inventários nacionais de **pastagens, matos e incultos**, cuja dimensão oscila com as restantes utilizações agroflorestais. A dimensão desta componente com um impacto ambiental elevado entra, por vezes, em conflito com os interesses económicos e sociais das outras duas.

Enquadramento fitoclimático

Para a caracterização ecológica, e tendo em vista, particularmente, a definição das grandes regiões, tem-se revelado útil, como base largamente utilizada, a Carta Ecológica de Pina Manique e Albuquerque (1954), a que terá de juntar-se a nível de diferenciação de grupos de espécies a utilizar, a apreciação individualizada das cartas sobre os diversos fatores do clima, em particular, da pluviosidade, temperaturas e geadas, dentro duma zonagem altimétrica.

A Carta de Pina Manique considera 30 zonas fitoclimáticas e 7 edafoclimáticas, com base na existência de **5 polos de diferenciação ecológica**:

- **Atlântico** – clima sempre pluvioso e húmido, inverno moderado e estio mesotérmico, área da *Quercus robur*;
- **Termo-atlântico** – clima mais ou menos chuvoso, húmido e mesotérmico, espécie indicadora: *Myrica faya*;
- **Oro-atlântico** – clima chuvoso, inverno fria, estio mesotérmico, *Betula* sp.;
- **Eumediterrâneo** – pluviosidade mediana, inverno suave, estio seco e mesotérmico, alfarrobeira e amendoeira;
- **Ibérico** – clima pouco chuvoso, estio quente, inverno microtérmico, *Quercus pyrenaica* e *Q. ilex*.

Do jogo de influências destes diversos polos, com auxílio da informação sobre a distribuição da vegetação natural, dispõe-se duma zonagem que, reproduzindo e ampliando trabalhos anteriores, desde Barros Gomes (1878), permite constituir-se num quadro de referência indispensável. Sobre o estudo individual ou integrado dos elementos do clima, necessário à conceção dos planos de arborização, importa referir que na perspectiva da introdução de exóticas, é vantajoso dispor-se dos valores de determinados índices mais utilizados e algumas classificações climáticas. Assim, convém ter presente o interesse do conhecimento da Carta Bioclimática de FAO para a zona mediterrânea, de Emberger *et al.* (1963) na qual se destaca a utilização do chamado **diagrama ombro-térmico** (determinação do período seco) e do **índice xerotérmico**. É igualmente útil, como ponto de referência para a utilização da literatura florestal europeia, a classificação de MAYR, ou de MAYR-PAVARI, com as suas 6 zonas (Quadro 5.3).

QUADRO 5.3 – Zonagem fitoclimática proposta por Mayr-Pavari.

	TEMPERATURA MÉDIA (°C) MAIO, JUNHO, JULHO, AGOSTO
<i>Palmetum</i>	26
<i>Lauretum</i>	22 a 26
<i>Castanetum</i>	18 a 22
<i>Fagetum</i>	14 a 18
<i>Abietum – Picetum</i>	10 a 14
<i>Alpinetum</i>	6 a 10

Portugal enquadra-se fundamentalmente na zona do *Castanetum* e com ocorrências marginais *Lauretum* e *Fagetum* (Alves *et al.*, 2012).

A relação dos termos desta classificação com a vegetação própria ou introduzida, faz parte dum necessário conhecimento básico na abordagem do tema de planeamento da arborização. A este respeito, é também de bastante interesse, dada a proximidade do país para que foi concebida, a classificação de Vasquez (1938). Simultaneamente, e do lado da informação sobre a vegetação natural e da sua distribuição, tenha-se presente o estudo-síntese de Braun-Blanquet *et al.* (1956).

Solo, o conceito da sua capacidade de uso

O Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (SROA) caracterizou os solos em Portugal com base na sua aptidão agrícola, tendo como padrão a cultura ce-realífera de sequeiro, definindo cinco classes de capacidade de uso, em que o A e o B são considerados os mais produtivos agricolamente e os florestais deveriam limitar-se às classes D e E. Também a capacidade de uso é definida com base no atual uso do solo e não numa capacidade de utilização que tenha em conta as modificações de uma tecnologia que o solo lhe poderá acrescentar, nomeadamente através do recurso à rega. Mesmo assim, com todas estas limitações, vamos basear-nos nesta caracterização.

As diferentes classes de capacidade de uso são definidas a partir:

1. das características pedológicas normais (textura, estrutura, capacidade de retenção de água, nutrientes, pH, ...), da espessura efetiva do solo, da pedregosidade, da presença de afloramentos rochosos e da presença de sais tóxicos;
2. da causa ou consequência dessas características, do **grau de erodibilidade** do solo, ligado ao declive.

Destas características decorrem condições que constituem **limitações** ou **riscos** de utilização desses solos e, consoante o respetivo grau, foram estabelecidas as diversas classes. Para as regiões em que existe carta de solos, consideraram-se classes A, B, C, D e E, constituindo dois grupos diferenciados:

- A, B, C – solos “suscetíveis de utilização agrícola”, em maior ou menor intensidade;
 D, E – solos “normalmente, não suscetíveis de utilização agrícola”, destináveis a pastagens, matos ou culturas florestais.

No Quadro 5.4 é apresentada informação mais pormenorizada.

QUADRO 5.4 – Caracterização das diferentes classes de capacidade de uso de solo.				
CLASSE	LIMITAÇÕES	RISCOS DE EROÇÃO	UTILIZAÇÃO POSSÍVEL	CAPACIDADE DE USO (GRAU)
A	Poucas	Ligeiros (ou sem)	Agrícola intensiva	Muito elevada
B	Moderadas	Moderados	Agrícola moderada intensiva	Elevada
C	Acentuadas	Elevados	Agrícola pouco intensiva	Mediana
D	Severas	Elevados	Pastagens, Floresta	Baixa
E	Muito severas	Muito elevados	Pastagens, Floresta ou sua utilização	Muito baixa

A estas classes principais podem acrescentar-se subdivisões, onde se põe em destaque os fatores dominantes que determinam as limitações ou riscos. Assim, as subclasses serão:

- e – riscos de erosão** (declive e suscetibilidade dos solos à erosão) como fatores principais;
- h – excesso de água**, por fraca drenagem ou nível freático elevado, é o fator determinante;
- s – limitações na zona radicular**, por espessura mínima, baixa capacidade para a água, baixa fertilidade, salinidade elevada, presença de elementos grosseiros.

Trata-se de uma informação elaborada sob a perspetiva de identificar os solos onde é possível a cultura agrícola e, portanto, no sentido do planeamento da arborização satisfaz a necessidade de definição daquilo que se poderá chamar de **áreas disponíveis**, isto é, o remanescente da utilização agrícola, mais ou menos intensiva. É ainda assim um instrumento de trabalho que, enquanto novos conhecimentos não forem carreados, satisfaz objetivos de primeira aproximação. De facto, a informação disponibilizada por estas cartas está desajustada com a atual utilização do solo, de que a expansão das culturas da vinha e olival são um bom exemplo.

CAIXA VIII – O Solo e a Produtividade Florestal

A produtividade das plantações florestais está associada à qualidade do sítio, a fatores genéticos e aos sistemas de gestão. A qualidade do sítio envolve vários fatores tais como as condições climáticas, a fisiografia (declive, exposição, formas do terreno) e as características do solo. Onde os factores climáticos e fisiográficos são homogêneos, as características do solo e do respetivo material originário constituem, nas nossas condições, fator determinante da variabilidade do ambiente físico. A espessura, a textura (e proporção de elementos grosseiros), a drenagem, o arejamento e a disponibilidade de nutrientes são, entre outras, características que determinam as funções do solo e a produtividade do sítio. A profundidade é determinante das funções do solo, dado que a espessura deste condiciona o volume disponível para o desenvolvimento das raízes das árvores e o uso de recursos (água e nutrientes). Assim, é fundamental considerar a espessura efetiva de enraizamento – profundidade até à qual as raízes são metabolicamente activas.

O sistema radical das espécies florestais atinge grande extensão, quer lateralmente, quer em profundidade. A extensão em profundidade é essencial para assegurar a transpiração durante a estação seca, a utilização de água de camadas profundas e a resistência a condições climáticas adversas e a eventos extremos, como é o caso da extensão de períodos secos ou de tempestades que possam levar à queda e arranque de árvores. Toalhas freáticas próximas da superfície e camadas impermeáveis e compactas podem restringir a expansão das raízes a uma profundidade inferior à do próprio solo. Mas, a profundidade de enraizamento pode abranger não só o solo propriamente dito, mas também espessura apreciável do respetivo material originário, resultando numa espessura efetiva de enraizamento que facilita a utilização sem limitações de recursos disponíveis.

É crucial identificar os fatores que condicionam a espessura efetiva de enraizamento para avaliar a classe de qualidade de um sítio. A produtividade é limitada pela ocorrência de formações litológicas compactas a pequena profundidade, pela restrição à penetração das raízes e baixa disponibilidade de água. Pelo contrário, grandes espessuras de materiais não consolidados (como os arenosos), não obstante a fraca capacidade de retenção de água e nutrientes, constituem um fator determinante da qualidade de um sítio. Os solos desenvolvidos, por exemplo, sobre formações sedimentares e graníticas podem apresentar pequena espessura, mas o material originário alterado de espessura variável determina forte diferenciação na qualidade dos sítios devido à sua influência na espessura efetiva de enraizamento. A estratificação (vertical a horizontal) de rochas metamórficas (por exemplo, os xistos), independentemente da profundidade a que ocorrem, pode ser decisiva na diferenciação da qualidade dos sítios. Assim, o conhecimento das características do material originário do solo (e das formações litológicas) também é decisivo para identificar o tipo e a intensidade de práticas de preparação do solo que assegurem o êxito de projetos de índole florestal e agroflorestal.

A utilização de cartas de solos, na escala apropriada, é de grande utilidade para avaliar a qualidade dos sítios e permitir a categorização das unidades de solos para efeitos de suporte a decisões inerentes aos sistemas e práticas de instalação, condução e exploração de plantações florestais. Mas, a simples consulta das cartas de solos pode ser insuficiente para suplementar a informação necessária ao gestor florestal, sendo frequentemente necessária uma interpretação mais aprofundada e a aquisição de informação adicional sobre o sistema solo/material originário (particularidades litológicas) e a fisiografia do sítio, para identificação de medidas necessárias para minimizar limitações respeitantes à espessura efetiva de enraizamento e a outras características do solo. Aliás, no caso da Carta dos Solos de Portugal, na escala de 1:50 000, essa informação é muitas vezes insuficiente porque a diferenciação espacial das unidades de solos baseou-se em critérios meramente taxonómicos. Além disso, na denominada Carta da Capacidade de Uso, na mesma escala, os níveis de espessura do solo considerados para definir classes e subclasses de limitações de uso (menos de 25 a mais de 45 cm) são manifestamente inadequados para a avaliação adequada de sítios para fins de projetos de plantações florestais, tanto que as mais das vezes não são consideradas as particularidades respeitantes aos materiais originários dos solos.

Os solos constituem uma componente fundamental dos sistemas de produção florestal porque possibilitam a retenção e a disponibilização de água e nutrientes, o arejamento, a estabilidade das árvores, a acumulação de matéria orgânica e os ambientes adaptados aos organismos do solo. Os sistemas e as práticas inapropriadas de gestão da terra e as mudanças de uso da mesma podem conduzir à degradação dos solos – associada nomeadamente à erosão, à compactação, à perda de matéria orgânica, à depleção de nutrientes e à perda de diversidade – e consequentemente à redução da capacidade da terra (e dos respetivos ecossistemas) em disponibilizar bens e serviços.

Apesar das florestas terem potencialmente papel determinante na prevenção da degradação do solo, as práticas de gestão florestal inadequadas podem intensificar os processos de degradação do solo, nomeadamente no caso de plantações florestais intensivas, muitas vezes associadas a intensa e profunda perturbação do solo, à utilização de maquinaria pesada e a intensa remoção de biomassa – tanto da parte aérea como da subterrânea. Por isso, em tais plantações podem ocorrer acentuadas alterações em características físicas, químicas e biológicas do solo e, consequentemente, nos processos funcionais do solo e do ecossistema e, em última análise, na sustentabilidade do mesmo e na qualidade ambiental. Neste contexto, sublinha-se os eventuais impactes negativos associados à crescente tendência para a remoção de touças ou cepos (fonte de biomassa para a geração de bioenergia) das plantações florestais, dada a forte alteração nas características do solo associada à mistura de horizontes e camadas e a inexistência de fundamentos técnicos e científicos, nas nossas condições ecológicas, de tais práticas no tocante à produtividade e ao estado de nutrição das árvores, aos efeitos na qualidade do solo e, em particular, ao balanço e dinâmica do carbono. Embora seja geralmente aceite que

as plantações florestais, nomeadamente as exploradas em rotações curtas, podem conduzir à degradação solo, também é evidente que tal ameaça está intimamente associada ao sistema de gestão das mesmas e à adequação deste às especificidades do sítio e, em particular, às características do solo.

Os efeitos das plantações florestais na qualidade dos solos não são incontroversos, dado que dependem em larga medida das características intrínsecas do solo, das técnicas utilizadas na instalação, condução e exploração das plantações e de outras características ambientais dos sítios considerados. O conhecimento detalhado da distribuição dos solos na paisagem e das suas características físicas, químicas e biológicas que afetam a produtividade são, por isso, da maior importância para o delineamento de técnicas e sistemas de gestão que sejam específicos ao sítio e adequados à conservação daquela qualidade. O reconhecimento dos fatores que afetam e limitam a produtividade florestal e a identificação de situações em que ocorram solos suscetíveis à degradação, constitui um elemento importante para o desenvolvimento de sistemas de gestão adaptados a cada sítio, de modo a manter e melhorar a qualidade do solo e a produtividade a longo prazo. Em casos extremos, a ocorrência de solos que não sejam aptos para a gestão intensiva pode requerer a adoção de uma gestão mais extensiva e mesmo de proteção, integrando-as em mosaicos paisagísticos com diferentes níveis de intensidade de gestão. Assim, a natureza e intensidade do impacto das perturbações decorrentes do sistema de gestão das plantações florestais deverão ser avaliadas no contexto das características determinantes da resiliência dos respetivos solos, mormente a sua disponibilidade em nutrientes e respetiva reserva mineral.

Os sistemas e práticas de gestão das plantações florestais devem integrar os riscos de degradação do solo, nomeadamente no que toca à erosão, à compactação, à depleção de nutrientes e de matéria orgânica e à perda de biodiversidade. O reconhecimento do efeito dos sistemas e práticas de gestão das plantações florestais deve basear-se na monitorização regular do crescimento das árvores e de parâmetros relevantes que expressem alterações de qualidade do solo e dos processos funcionais a ela associados; isto é, devem ser considerados os apropriados sistemas de monitorização. O sistema de monitorização deverá consubstanciar-se na identificação do indispensável cotejo de indicadores e que sejam simples, genéricos e fáceis de medir, mas robustos, dada a enorme complexidade do sistema solo e a variação temporal e espacial dos seus processos. Esses indicadores devem obviamente refletir os processos funcionais do solo associados à produção florestal. Dada a dificuldade em monitorizar diretamente as taxas dos processos (funcionais) que determinam o desempenho das funções do solo, essas modificações – associadas maioritariamente às práticas de instalação e de exploração das plantações florestais – poderão ser avaliadas pela medição de características do solo indicadoras desses processos – os denominados indicadores (físicos, químicos e biológicos) de qualidade do solo. Estes e os critérios associados constituem um sistema de alerta de variação da qualidade do solo e da necessidade de adaptação do sistema e das práticas de gestão. Este sistema é uma ferramenta indispensável

para a sucessiva adaptação do sistema de gestão para assegurar a produtividade e a qualidade ambiental e, ainda, para a adaptação às mudanças climáticas previstas para a região mediterrânea.

O sistema de monitorização deverá, naturalmente, ser implementado de modo a minimizar custos e garantir a abrangência e a eficiência de informação, tomando em consideração as situações em que os riscos para a sustentabilidade económica e/ou ambiental sejam mais elevados. A monitorização e avaliação da qualidade do solo e a análise dos indicadores revestem-se de alguma incerteza e necessita de um adequado sistema de referência. Essa incerteza, para além da diferenciação das condições climáticas, está associada à complexidade fisiográfica das diferentes áreas em que as plantações florestais ocorrem, bem como à diversidade dos respetivos solos (associada à diversidade do material originário do solo) e à perturbação a que os mesmos foram submetidos. Esta abordagem abrangente e transdisciplinar permite identificar as medidas apropriadas de prevenção de riscos, bem como os procedimentos de restauro da funcionalidade do solo após a identificação de processos de degradação, incluindo os associados a eventos extremos ou catastróficos.

Manuel Madeira

5.5.3 Determinantes da escolha das espécies a utilizar

Os **fatores determinantes da escolha das espécies** a utilizar num projeto de arborização são de âmbito ambiental (solo, clima, pragas e doenças e risco de fogo), económico e das características dessas espécies (Figura 5.18).

Dada a expansão secular de matos e incultos abre-se, em termos físicos, uma larga margem às possibilidades de recuperação da floresta. Contudo, há a considerar as seguintes condicionantes:

- a) o enquadramento ecológico destas áreas limita as potencialidades quer em número de espécies autóctones quer nas suas características produtivas;
- b) a área florestal é cerca de 95% privada, logo os fatores socioeconómicos são determinantes para a escolha das espécies.

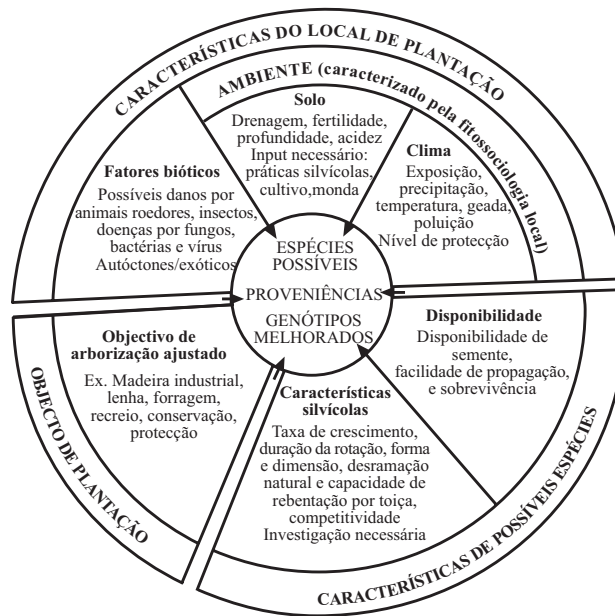


FIGURA 5.18
Aspectos a considerar
na seleção das espécies
(Adaptada de Savill e
Evans, 1986).

Face às limitações referidas, associadas a uma carência de conhecimento obtido em campos experimentais, o leque de espécies utilizadas em média ou larga escala tem sido limitado a cerca de uma dúzia. De facto, a floresta portuguesa em virtude da degradação e sobre-exploração que ocorreu ao longo dos últimos séculos, é resultado de uma forte intervenção humana (Radich e Alves, 2000), em que três espécies (pinheiro bravo, sobreiro e eucalipto) cobrem 71% da área florestal, aumentando para cerca de 90%, se incluirmos as áreas do pinheiro manso, da azinheira e do castanheiro.

Em Portugal, na segunda metade do séc. XIX, a procura do conhecimento e da novidade originou a introdução de múltiplas espécies florestais, tendo sido D. Fernando II um grande impulsionador desta realidade, de que é exemplo o Parque da Pena. De certo que se levantam questões e algumas de autêntica “filosofia das origens”, como a dicotómica dos defensores e dos críticos da introdução de exóticas. Não nos debruçaremos sobre ela, diretamente. Mais importante do que estar do lado dos defensores ou dos críticos, do lado dos que consideram «não se dever fazer» ou dos que acham apenas «ser de fazer», julgamos que a melhor posição será a de «fazer bem». Por outro lado, é evidente que apreciando essas possibilidades a um nível “micro-ecológico”, nas restrições a que uma conservação de recursos obriga, assim como as limitações culturais, se reduz o campo de escolha. Se forem introduzidas questões como os custos, quer de instalação, quer de exploração, ou as ligadas as necessidades de **áreas mínimas** de determinada espécie capazes de satisfazerem um abastecimento industrial, as opções poderão igualmente reduzir-se.

As **grandes regiões de arborização** baseiam-se em três eixos fundamentais:

1. zonagem fitoclimática e solos;
2. ocupação atual do solo, capacidade de uso, restrições de conservação e objetivos económico-sociais;
3. fichas ecológico-culturais das espécies propostas.

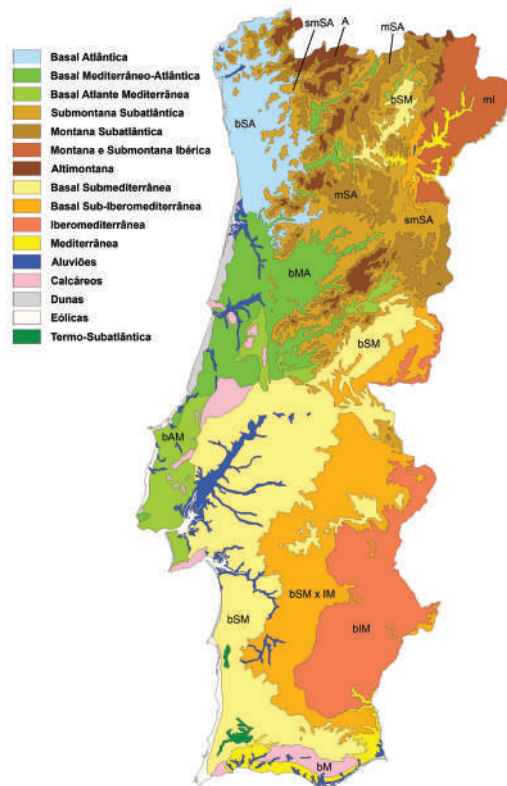
Paralelamente, o planeamento local da arborização poderá ser organizado e desdobrado da seguinte forma:

1. tipos fisionómicos de relevo, funções e exigências da cultura;
2. serviços e produção;
3. grandes domínios de estratos florestais.

No sentido duma primeira aproximação ao planeamento regional da arborização, é possível e vantajoso ao nível dos conhecimentos de que atualmente se dispõe, estabelecer um **quadro de referência** mínimo, de base ecológica, relativamente ao qual possam apresentar-se os mais diversos tipos de informações de interesse para esse objetivo. Não é importante, a este nível, o elevado rigor da cartografia ecológica, mas sim a possibilidade que esse quadro permite de pensar situações, correlações e interferências de fatores climáticos, pedológicos, de distribuição da vegetação, assim como económico-sociais, de modo a fazer um balanço de soluções alternativas viáveis.

Lince de Oliveira (1970), em diversos trabalhos, simplificou esta classificação e apresentou uma carta das “Grandes Regiões de Arborização” – mais do que “grandes regiões florestais”, pois o objetivo era planejar a arborização – e mais tarde, Pinho de Almeida, João Pinho e Giuseppe Cornaglia fizeram adaptações a esta carta (Figura 5.19).

FIGURA 5.19
Mapa das Regiões
Florestais do Continente
(AFN, 201w).



As zonas fitoclimáticas iniciais foram agrupadas em 12 zonas principais, mantendo o fundamental da diferenciação como resultado dos polos ecológico, atlântico, mediterrâneo e ibérico, fazendo intervir depois a **zonagem** de transição altimétrica. Desta-

ca-se uma transição Norte-Sul do nível basal, desde a influência mais marcadamente atlântica até à mediterrânea e, por outro lado, uma transição altimétrica transversa, do nível basal ao altimontano, o que, em conjunto, é especialmente adaptado ao objetivo da análise da escolha das espécies, em particular das espécies a usar (Figura 5.20). Esta zonagem vale, além do mais, como um quadro de relacionamento mental de muitos dos problemas que se põem na arborização.

Sendo o número de espécies próprias, ou há muito adaptadas, relativamente pequeno, a questão de utilização de exóticas, não só pela sua elevada capacidade produtiva ou permitindo tipos de produção que as nossas espécies não satisfazem, tal como outros países o fizeram, é caminho que vale a pena percorrer. Além disso, a experiência que pode retirar-se já dos núcleos de muitas dessas espécies, felizmente introduzidas em alguns perímetros florestais sob administração do Estado, é positiva apesar do desconhecimento da origem geográfica dessas populações.

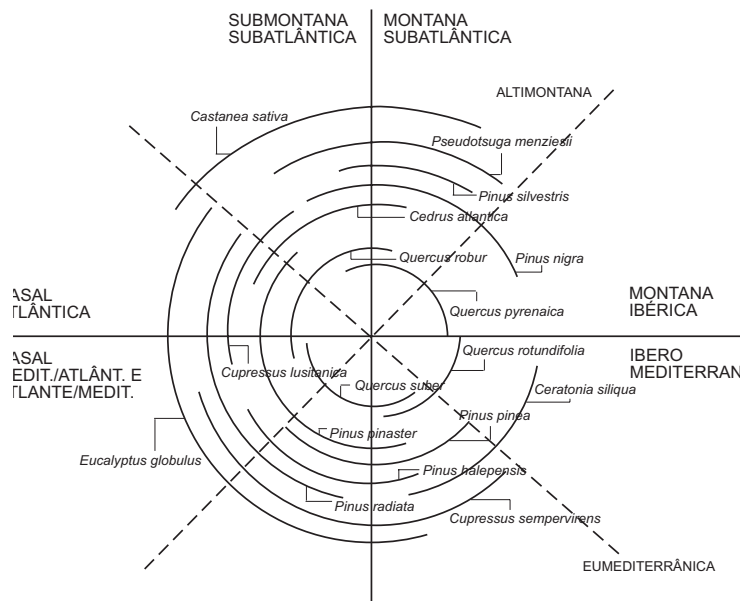


FIGURA 5.20
Possibilidades de expansão
das principais espécies
florestais (Alves *et al.*,
2012).

Entretanto, convém ficar registado que, se nalguns casos se poderá avançar resolutamente na expansão dessas espécies, noutros deverá ter um carácter mais experimental, embora alargado. Em qualquer dos casos, é essencial um acompanhamento conveniente, com base técnica, das arborizações efetuadas, não se adiando o estabelecimento de rede ou redes de parcelas de estudo, com múltiplos fins de observação, nomeadamente, a adaptação às alterações climáticas. Deste objetivo são exemplo os 38 arboretos da rede Reinforce, em que estão representadas 35 espécies, estabelecidos entre as latitudes 37° e 58°, para monitorizar o efeito das alterações climáticas e testar a eficiência das medidas de adaptação. Assim, numa caracterização sintética, apresentada na Figura 5.21, as zonas consideradas apresentam os seguintes aspetos justificativos da sua agregação.

I – Região Basal Atlântica

Trata-se duma região com elevadas potencialidades de crescimento para algumas espécies como o *Pinus pinaster*, o *Eucalyptus globulus* e o *Quercus robur*, mas por outro lado é uma região predominantemente agrícola. Juntamente com a região Basal mediterrâneo-atlântica constitui, no aspeto florestal, a zona onde se concentram as áreas de povoamentos mistos de pinheiro e eucalipto. Será muito importante atender nesta zona às questões da floresta de valorização e defesa das áreas cultivadas agricolamente, em especial por ser o “solar” do *Quercus robur*, espécie que urge defender uma vez que poderá satisfazer necessidades em material lenhoso de qualidade, ao mesmo tempo que, com outras folhosas como os ulmeiros, plátanos, salgueiros, áceres, amieiros, choupos, participarão na vantajosa compartimentação da paisagem.

Ao caminhar-se em altitude dentro da zona, surgirão as maiores possibilidades de uma arborização produtiva com as espécies resinosas exóticas.

II - Região Basal Mediterrâneo-Atlântica

Pode dizer-se que se inicia nela a influência mediterrânica embora, quer nas características de ocupação agrícola quer nas das possibilidades de utilização de espécies florestais, seja muito próxima da região anterior. É uma das regiões mais intensamente ocupadas pelo pinhal bravo, em que o *Eucalyptus globulus* tem presença significativa.

III – Região Basal Atlante-Mediterrânea

Intensifica-se a influência mediterrânea e trata-se da área de distribuição da *Quercus faginea*, a qual não acompanha o seu eventual interesse como espécie de proteção com interesse para produção de lenho. Quanto às espécies florestais a utilizar, a posição é idêntica à das zonas anteriores.

IV - Região Submontana Subatlântica

Marginando as duas primeiras zonas, pelo lado da maior altitude, aumentam as possibilidades de diversificação florestal. Nela se deverá ainda recorrer ao *Pinus pinaster*, como espécie rústica e, de certo modo, plástica, nas cotas mais baixas, mas onde já se pode optar pela *Pseudotsuga menziessii* e se deverá pensar muito seriamente no ensaio ou expansão controlado doutras espécies, nomeadamente o *Pinus nigra* (subsp. larício). O castanheiro, quer como produtor de fruto e de madeira de qualidade, quer em talhadia, também tem possibilidades nesta região, assim como, na perspetiva já referida antes, o *Quercus robur* e as nogueiras poderão ser uma alternativa, em áreas de bom solo e água.

V - Região Montana Subatlântica

Com a região anterior formam o conjunto das áreas de características mais tipicamente florestais do nosso país, quer pela natureza das espécies que nelas são possíveis, quer pelas próprias potencialidades de produção. Englobam o essencial das serras de Trás-os-Montes e Beiras.

Para além das espécies referidas, as plantações desenvolvidas na década de 70 de *Pseudotsuga menziessii* e *Pinus nigra* (larício) confirmam as possibilidades de expansão destas espécies naturalmente, sempre com áreas com algum significado. Esta é a área “solar” do castanheiro, que pelas suas qualidades interessa expandir e, embora grande

parte comece a situar-se na área de distribuição da *Quercus pyrenaica* –menos interessante sob o ponto de vista produtivo, o que não quer dizer que não seja de preservar em muitas situações –, interessará levar até onde for possível o seu “parente” próximo, o *Quercus robur*, com os objetivos já referenciados, uma vez que com outras folhosas também já apontadas, se satisfarão funções hidro e edafobiológicas. Nas cotas mais baixas e em bons solos com água, as nogueiras poderão ser uma boa alternativa.

Convém referir que, as razões de insistência na utilização de resinosas introduzidas decorrem da necessidade de diversificar a nossa produção do material lenhoso. Através destas espécies conseguem ser obtidas determinadas qualidades de matérias-primas mas, acima de tudo, têm uma elevada capacidade produtiva e, mesmo em termos de efeitos de proteção, são possivelmente mais interessantes que as habitualmente.

Assim, relativamente ao pinheiro bravo largamente expandido nestas regiões, mantém-se em suspenso um problema que importa solucionar, que é o da escolha das proveniências mais adaptadas a estas condições, pois, na atualidade e numa grande parte desta região montana, se desenvolve com taxas de crescimento de reduzido interesse. Por outro lado, não deve esquecer-se que, nas muitas áreas planálticas destas regiões o destino apropriado é a pastagem silvo pastoril, melhorada e convenientemente compartimentada, e até em soluções de sob coberto.

VI - Região Montana Ibérica

Trata-se da região cujo núcleo central é o “planalto de Miranda”, embora nas suas margens envolventes possua no aspeto de arborização, características e perspectivas de arborização perfeitamente idênticas às da zona anterior. Na sua parte mais típica, é uma região propensa à expansão de pastagens, compartimentadas pelos ulmeiros, freixos, choupos, plátanos e mesmo com bosquetes de resinosas montanas.

VII - Região Altimontana

Trata-se duma região com pouca representação no país, reduzida às partes altas de algumas serras, onde em termos específicos serão de referir as possibilidades de *Pinus silvestris* e *Betula* sp., eventualmente *Larix*, espécies que podem também satisfazer, não em grandeza da área, algumas situações de proteção das regiões montanas.

VIII - Região Basal Submediterrânea

É predominantemente a região do *Quercus suber*, na qual também o *Pinus pinaster* tem boas condições de crescimento, com razoáveis potencialidades, nas condições de mais elevada humidade atmosférica, na qual se encontra a cultura do *Eucalyptus globulus*. Também se tem expandido o *Pinus pinea*, com vista à produção de fruto e, na extremidade sul desta região, o *Arbutus unedo* tem vindo a aumentar com algum significado a sua área.

IX - Região Basal Sub-Iberomediterrânea

Região de características intermédias entre a anterior e a região iberomediterrânea, onde vai surgindo *Quercus rotundifolia* e se mantém largas possibilidades de expansão de *Quercus suber*, tal como no caso anterior, com vantagem em consociação com pastagens extensivas. O *Cupressus sempervirens* e *C. arizónica*, mereciam experimentação.

X - Região Iberomediterrânea

Zona com as condições de aridez do clima mais acentuadas, com os efeitos negativos para o crescimento lenhoso das influências conjugadas, mediterrânea e continental. É a região típica do *Quercus rotundifolia*, onde igualmente se terá de recorrer no sentido dum melhor aproveitamento do solo a soluções silvopastoris.

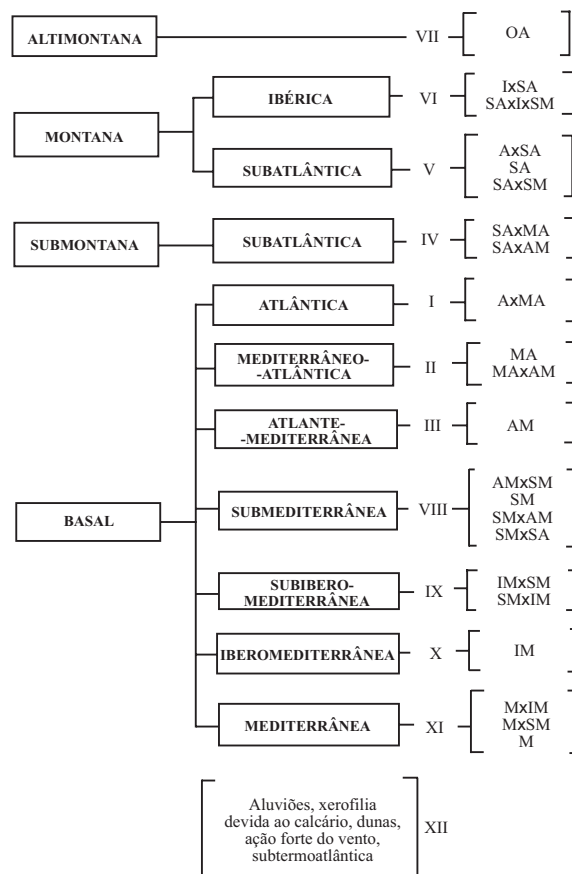
XI - Região Mediterrânea

Admitem-se aqui, ainda nas cotas mais elevadas, soluções com base no *Quercus suber*, mas na sua maior parte deverá recorrer-se à *Ceratonia siliqua*, *Pinus pinea* e *P. halepensis*. O *Arbutus unedo* tem vindo a ganhar interesse devido aos seus resultados económicos originando expansão da sua área.

XII - Zonas Edafoclimáticas

Não se trata verdadeiramente de uma região, mas sim de um conjunto de zonas com situações climaticamente diferenciadas, mas nas quais, sob o ponto de vista de arborização, é predominante o fator solo: como por exemplo o caso das dunas, dos aluviões e dos solos calcários. O primeiro caso, foi objeto das primeiras arborizações realizadas em Portugal, havendo larga experiência sobre a matéria. No segundo caso, estão envolvidas, particularmente, questões da floresta de compartimentação; e no terceiro, recomendam-se espécies tolerantes ao calcário como são o *Pinus halepensis*, o *Pinus brutia* e os *Cupressus* sp.

FIGURA 5.21
Agregação de zonas
fitoclimáticas da Carta
de Pina Manique
e Albuquerque
(Alves, 1982).



A Figura 5.22 ilustra o estado em que se encontravam largas regiões do país (A) e o esforço de (re)arborização desenvolvido nas últimas décadas (B).

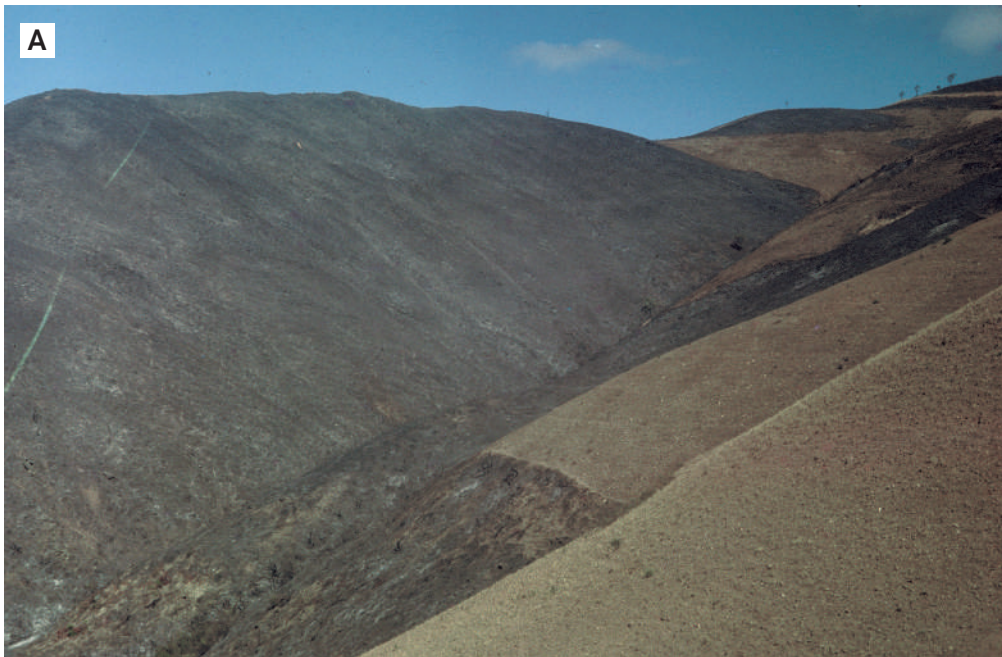


FIGURA 5.22
Na década de 1960: (A) áreas de incultos na zona de Aljezur; (B) área arborizada na região centro.

5.5.4 Modelos de organização do espaço local

A organização do espaço está fortemente condicionada pela orografia e pelos solos, limitando fortemente a intervenção humana. Devem assim ser definidos:

1. **os modelos de organização do espaço**, isto é, a distribuição relativa dos diferentes **domínios** de ocupação do solo e, para a ocupação florestal, os diferentes **estratos** de produção ou de prestação de serviços;
2. **e os padrões culturais**, isto é, para cada povoamento o seu sistema de produção, desde métodos de instalação e condução cultural até aos processos de exploração.

Grandes domínios de utilização do solo

Os grandes domínios de ocupação atual – **agrícola, pastagem, florestal, urbano e industrial** – estão sujeitos a uma transformação progressiva desse quadro para realidades de mais elevado equilíbrio bioecológico. Não são apenas os povoamentos florestais que participam nesta dinâmica e os novos **arranjos espaciais** envolvem todas as outras atividades de ocupação do solo.

Os domínios mais diretamente ligados ao sector primário são:

1) Agrícola (A): situar-se-á nas zonas baixas dos vales largos, diminuindo relativamente a sua importância quanto maior a altitude, acompanhando o sentido de montante dos cursos de água, com maior ou menor penetração nas encostas ou nas zonas de planalto. O progresso da agricultura tem funcionado como num sistema de vasos comunicantes, baixando progressivamente o nível desta área, por compensação de aumentos de produção por intensificação cultural.

2) Pastagem (P): situar-se-á, predominantemente, nas zonas de planalto ou de encosta menos declivosas, e deve considerar-se essencialmente na perspetiva da redução das áreas de pastoreio extensivo sobre pastagens naturais escassas e pobres, a substituir por áreas melhoradas ou de pastagem instalada, capazes de, por intensificação por unidade de superfície, em vez de diminuir, acrescerem os efetivos pecuários e respetivas produções.

3) Floresta (F): implica a definição prioritária das áreas a afetar aos domínios anteriores que, devido à intensificação produtiva das mesmas, disponibiliza as áreas excedentárias para outro tipo de utilizações nomeadamente a florestal.

Dentro deste domínio florestal, como já referido, os estratos de produção ficarão definidos como um remanescente do conjunto das áreas reservadas em funções de aplicação dos princípios que garantam a sustentabilidade ambiental, social e económica, considerando simultaneamente o papel de conservação tendo também presente o abastecimento de matéria-prima às indústrias de base florestal. Embora o ajustamento, a cada “sítio”, do povoamento ou das árvores que melhor satisfaçam os diversos objetivos a atingir seja a função do planeamento, importa considerar que não se trata de procurar uma separação rígida entre, por exemplo, povoamentos com funções de produção

e povoamentos com funções de proteção, mas sim de tentar que essas funções sejam exercidas de forma integrada, em diversos graus de dominância relativa.

Nas notas que se seguem, o esquema sugerido tem particularmente em vista as situações de zonas montanas e submontanas subatlânticas e, de um modo geral, as situações com relevo mais ou menos marcado, porque é de facto este domínio que constitui o campo principal de atuação do florestal, desde que postas de lado as zonas das areias litorais ou de aluviões.

Funções do coberto florestal

A produção de matérias-primas, nomeadamente a produção de material lenhoso, não devendo ser considerada como objetivo único pelos seus reflexos em resultados diretos no conjunto da economia, funciona como um objetivo “motor” da expansão da arborização sendo uma importante justificação dos investimentos no sector florestal. Entretanto, importa referir mais uma vez que a prestação de “serviços” ou funções diversas das florestas, por caberem cada vez mais nas preocupações da sociedade organizada, possuem o seu valor, e em termos nacionais, o seu valor “económico”. Por isto, ao nível de uma planificação local, a questão está no encontro do equilíbrio necessário, no conhecimento das dimensões mínimas e posicionamento das áreas indispensáveis à satisfação ou garantia das funções múltiplas que as florestas podem prestar.

Se no domínio dos princípios é possível estabelecer consenso sobre estas matérias, não é fácil a sua quantificação. Podem, no entanto, propor-se esquemas gerais orientadores do planeamento da arborização ao nível local respeitando um mínimo de normas e cuidados de «conservação» biológica.

As funções ou princípios a que deve atender-se nesta perspetiva, podem ser resumidas em quatro categorias fundamentais:

1. Biohidrológica

Visa a adequada composição da vegetação no espaço de modo a dar condições de boa gestão do regime hidrológico, não só de conservação, mas também de melhoramento através da constituição duma verdadeira **rede biológica**. Procura-se, portanto, o máximo aproveitamento das águas chegadas ao solo, quer permitindo o seu escoamento não torrencial nem erosionante, quer acrescentando as capacidades de infiltração. Esta função é tanto mais importante, quanto nos situamos nas partes mais altas das bacias hidrográficas. Considere-se que o melhor aproveitamento das quantidades de água não evaporadas ou evapotranspiradas se consegue com o percurso mais demorado possível das águas, desde o ponto de queda até a foz dos rios, aumentando-lhe as utilizações intermédias, com a mais conveniente distribuição ao longo do ano.

2. Bioedáfica

Muito interligada com a função anterior, destacam-se dois aspetos: os ligados às possibilidades de intervenção no solo sem riscos de erosão e a impossibilidade de instalação de vegetação arbórea em casos de afloramentos rochosos ou de solos mal drenados. Em contraste com as exigências em solos das culturas agrícolas, certo nível de

pedregosidade e certas categorias de declive, não são impeditivas da instalação da floresta sendo, no entanto, muito limitativas a profundidade do solo ou a impossibilidade da sua desagregação.

3. Conservação e Valorização da Paisagem

Outros Recursos Florestais

Na perspectiva local, interessa principalmente considerar o caso da necessidade de manutenção da vegetação natural existente (mais raramente, a sua reprodução artificial) que possa ser utilizada quer para satisfação das funções hidro e edafobiológica, quer como critério geral a respeitar de não redução das áreas de determinadas espécies em riscos de extinção, conservação de recursos genéticos, e, nalguns casos até, de espécies que, dada a rarefação dos próprios lenhos de qualidade, são de valor económico elevado.

Numa perspectiva mais ampla, integrando o nível de planeamento regional, esta função envolveria aquilo a que se tem chamado a criação dos “corredores ecológicos”, com a definição das áreas de reservas integrais ou parciais, geológicas, botânicas ou zoológicas, de zonas de recreio, de áreas de caça e de pesca e a proteção de “sítios” de interesse paisagístico ou científico e do papel a desempenhar, dum modo geral, por povoamentos, núcleos, faixas, em suma, “áreas verdes” mais ou menos densas no enquadramento dum espaço biologicamente equilibrado.

A caça, a pesca e a apicultura merecem tratamento específico, como produtos florestais que são em certas situações, com competitividade económica, o que implica a sua consideração, desde início, numa ótica de uso múltiplo dos territórios.

4. Integração e Defesa de Áreas Agrícolas e/ou Pastagens

Traduz-se essencialmente pela ideia da necessidade de compartimentação florestal, através de cortinas ou sebes vivas, núcleos ou bosquetes arbóreos, com vista em especial à proteção contra os ventos e à criação de microclimas favoráveis àquelas culturas (Figura 5.23). A proteção fitossanitária das culturas agrícolas é também fortemente beneficiada pela descontinuidade proporcionada pela componente florestal.

Através da escolha das espécies, e talvez mais da composição dos povoamentos e forma da sua exploração e da sua localização no conjunto das áreas a arborizar, será possível concretizar esquemas de arborização em que os princípios anteriores sejam atendidos.



FIGURA 5.23
 Rede de cortinas de abrigo
 na Ilha de S. Miguel nos
 Açores (Fotografia de
 Jorge Belerique).

Um modelo geral de organização dos estratos de arborização

O aspeto fundamental a reter em termos de concretização do modelo de ocupação do espaço é o esforço de **diversificação**, de variedade a dar às soluções de escolha dos ecossistemas a utilizar e a de **integração** ou **interpenetração** dos ecossistemas com funções mais protetivas e dos ecossistemas com destino predominantemente produtivo. É nessa diversificação e nessa interpenetração que se procurará reproduzir ou obter em termos de localizações com diferentes destinos, e não pela cobertura contínua do mesmo ecossistema natural, os resultados e as funções de equilíbrio bioecológico que se deseja.

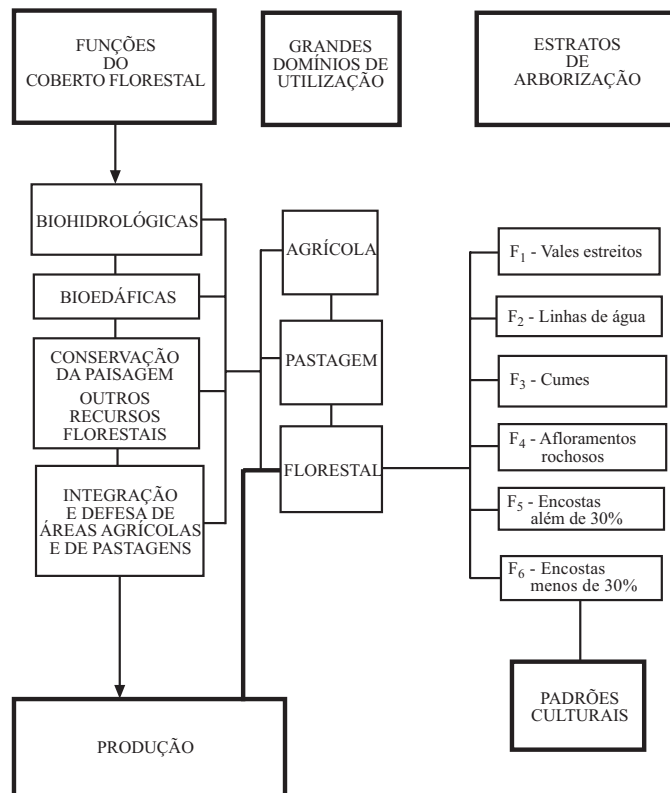
Na perspetiva das zonas que habitualmente temos de enfrentar, isto é, dos relevos acentuados, é a partir de categorias diferenciadas da configuração fisiográfica, com maior ou menor enumeração, que poderá sistematizar-se um modelo geral. São assim de considerar, nesta orientação introdutória, 6 situações específicas que correspondem a diferentes **estratos de arborização** (Figura 5.24):

- F_1 - Vales estreitos;
- F_2 - Linhas de água (de concentração);
- F_3 - Cumes (linhas de festo, plataformas);
- F_4 - Afloramentos rochosos, situações de má drenagem...;
- F_5 - Encostas com declives até 30%;
- F_6 - Encostas com declives superiores a 30%.

1 Talvegue corresponde à linha de reunião das águas pluviais que caem nas faces laterais de um vale, formando uma linha de água ou curso de água.

Os estratos F1 e F2 merecem diferenciação pois é principalmente com base nestes, que se atingem objetivos de **defesa e valorização dos recursos hídricos**. Deve procurar constituir-se uma rede contínua de governo do regime hidrológico, permitindo a garantia e o aumento das condições de armazenamento das águas caídas, não só diminuindo as velocidades de escoamento superficial, mas também pelo aumento da capacidade de retenção e acumulação nos lençóis freáticos. Simultaneamente reduzem-se os riscos de erosão do solo e do carreamento dos materiais sólidos, com o consequente assoreamento de cursos de água e dos efeitos torrenciais do trânsito demasiado rápido das águas sobre os solos. É importante considerar que estes efeitos serão tanto melhor atingidos quanto se atender prioritariamente a uma conveniente arborização nas partes altas das bacias hidrográficas.

FIGURA 5.24
Modelo geral de organização do espaço local (Alves *et al.*, 2012).



A arborização dos talvegues¹, desde as mais simples linhas de primeira concentração de águas aos vales estreitos, deve merecer um tratamento específico, com recurso a espécies de preferência endêmicas, em composição mista e com predominância de folhosas.

O estrato das linhas de festo, cumes e plataformas de maior dimensão (F₃) merecem distinção, particularmente por necessidades de **proteção contra os ventos**, embora, na prática, devam igualmente fazer parte, em termos de continuidade de faixas ou núcleos arborizados, da rede contínua anterior, utilizando-se espécies que possuam resistência àquela ação direta dos ventos.

O estrato F₄ justifica-se em situações de presença frequente de afloramentos rochosos, eventualmente a deixar entregues à vegetação natural, ou de existência de situações

de má drenagem, de difícil correção. Os estratos F_5 e F_6 constituem verdadeiramente as situações de **arborização produtiva** e também de maior dimensão relativa. Os anteriores traduzem-se em corredores, faixas e núcleos, de largura variável, de ocupação percentual reduzida, a não ser em condições muito particulares que, quando se fala em planeamento da arborização, não são as predominantes. Enquanto, para os estratos anteriores, se deve procurar a definição duma **área mínima** capaz de garantir as funções protetivas, agora, e ao contrário, porque está em causa a criação de valores económicos diretos, deve procurar-se a definição de **áreas máximas** a aproveitar, porquanto abaixo de certo valor, não só no que se refere a condições de rentabilidade de instalação e tratamento dos povoamentos mas, e muito importante, a condições de exploração rentável, pode tornar-se inviável a realização de investimentos com justificação económica, sobretudo sob a ótica da propriedade privada.

São difíceis as quantificações neste domínio, mas importa ter presente que na opção de áreas máximas se deve ter em conta, por um lado, as áreas com arborização produtiva contínua e, por outro, numa perspetiva mais ampla, a proximidade e repetição dessas áreas, fornecendo o somatório da área arborizada produtiva. No primeiro caso, os fatores limitantes estarão essencialmente na possibilidade de justificação rentável, ao nível da instalação e tratamento dos povoamentos, predominantemente das possibilidades de mecanização das operações, para o segundo há sobretudo a considerar a viabilidade económica da extração dos produtos. No entanto, na gestão da paisagem relativa aos diferentes estratos (agrícola, agroflorestal e florestal) é fundamental considerar descon-tinuidades, nomeadamente para a prevenção e combate aos fogos rurais.

Os declives superiores e inferiores a 30% com a falta de rigor de tal delimitação originam dois tipos de situações relativas à possibilidade de mecanização condicionadas pelas atuais técnicas de instalação de povoamentos, as da possibilidade ou não de trabalhar o solo com máquinas ou de formas menos e mais intensivas desse trabalho, também muito dependentes das características, sobretudo de profundidade, do próprio solo.

5.5.5 Normas de arborização e Legislação

A floresta constitui um dos principais recursos endógenos nacionais e a sua consolidação e aumento de multifuncionalidade, a assegurar através de uma gestão ativa e profissionalizada, são objetivos primordiais da Estratégia Nacional para as Florestas.

Decorrente do impacto das imagens transmitidas pelos media sobre os incêndios florestais ocorridos em 2003 e 2005 junto da opinião pública, assistiu-se a um debate generalizado em vários sectores da sociedade sobre os fatores que estiveram na génese de tal calamidade. Entre as medidas estruturais para uma Reforma Estrutural do Sector Florestal, foi aprovada a criação de Zonas de Intervenção Florestal (ZIF), Decreto-Lei n.º 127/2005, de 5 de agosto, com o objetivo de garantir uma gestão e uma defesa mais eficaz contra os incêndios florestais do território ocupado por espaços florestais em zona do minifúndio. Pretendeu-se ultrapassar o problema da extrema fragmentação da propriedade florestal e o abandono dos espaços florestais, contribuindo para uma gestão ordenada e profissional desses mesmos espaços, promovendo simultaneamente

uma defesa eficaz contra os agentes bióticos e abióticos, e dando uma maior coerência e eficácia à aplicação de recursos financeiros (Caixa IX).

CAIXA IX – Arborizações, Planeamento Florestal e Ordenamento do Território Solo e a Produtividade Florestal

A relevância das ações de arborização ou rearborização conduzidas pelo Homem constitui uma das características distintivas dos espaços silvestres portugueses, praticamente desde os alvares da nacionalidade.

Em quase todo o território a floresta constitui a vegetação natural potencial e certas regiões de Portugal exibem das mais elevadas taxas de crescimento lenhoso da Europa; contudo, desde o domínio romano que a agricultura, a pastorícia ou simplesmente o corte desregrado das árvores e o mau uso do fogo (incluindo para defesa contra fauna bravia) criaram paisagens largamente desflorestadas, ao ponto de no Continente a taxa de arborização chegar a ser inferior a 10% no início do século XIX.

Devido à importância ecológica da floresta e ao valor estratégico da madeira e de outros produtos florestais, os poderes públicos desde sempre lutaram por inverter esta tendência, fosse por meio de legislação protetiva e demarcação de reservas (coutadas), fosse pela promoção da rearborização. É assim que a expansão artificial dos pinhais costeiros, durante Primeira Dinastia, constitui aquela que é considerada a mais antiga reflorestação em larga escala na história da Humanidade e vários reis das dinastias seguintes promulgaram numerosas leis promovendo a arborização, contudo com notório insucesso. Para isso concorreu uma das mais determinantes características da floresta portuguesa: ser detida quase exclusivamente por entidades privadas ou comunidades locais, facto único a nível internacional. O que também confere um valor decisivo à componente de execução das políticas florestais públicas (definida pela trilogia “atribuições”, “competências” e “meios”), que nas últimas décadas tem sido o “parente pobre” do processo de planeamento florestal no nosso país, que se pretende dinâmico e consequente.

Após a Revolução Liberal diversas políticas públicas inverteram decididamente a situação, promovendo a silvicultura privada. Essas políticas incluíram a privatização dos baldios, a venda em hasta pública das propriedades recém-incorporadas no Tesouro (incluindo as da Coroa e as confiscadas à Igreja, 1834-70), uma forte propaganda oficial em favor da arborização e pautas alfandegárias favoráveis à exportação da produção agrária. É assim natural que o grosso das ações de (re) arborização no século XIX (e até meados do século XX) seja delineado e executado pelos proprietários privados, num quadro técnico rudimentar e utilizando as rotinas tradicionais de instalação e condução dos povoamentos, que respondiam quer às necessidades da economia familiar e local, quer aos estímulos dos mercados internacionais e do desenvolvimento da sociedade portuguesa, sobretudo a

partir do final do século XIX. É exceção neste período o elevado nível técnico alcançado a partir da década de 1860 nas matas nacionais geridas pelo Estado (e nalgumas – poucas – propriedades privadas), em que as arborizações passaram a ser enquadradas por planos de ordenamento, muito por via da superior competência de silvicultores como Barros Gomes ou Sousa Pimentel.

O Regime Florestal de 1901 fixa o conhecimento técnico ao nível dos planos e projetos de arborização, a cumprir nos terrenos geridos pelos Serviços Florestais e nas propriedades particulares submetidas ao regime florestal parcial, enquadrando o enorme esforço de arborização prosseguido pelo Estado e pelos privados até à década de 1960. Por outro lado, os grandes programas públicos de arborização, como o Projeto Geral de Arborização dos Areais Móveis de Portugal (1897) ou o Plano de Povoamento Florestal (1938) radicavam já numa lógica de ordenamento do território e da função das florestas no saneamento de graves problemas ambientais (proteção de bacias hidrográficas e de aglomerados urbanos, fixação de dunas móveis), de saúde pública (combate à malária) ou de infraestruturização (construção de rede viária, proteção de portos, barragens e canais de navegação), ao mesmo tempo que integravam políticas públicas de combate ao desemprego e à depressão económica.

Só a partir do início da década de 1960, quando novos desafios se colocam ao sector florestal – reconversão agrária, incêndios florestais, valorização da paisagem e dos ecossistemas naturais ou eficiência económica na utilização dos recursos, os projetos de arborização formais se começam a vulgarizar na floresta privada, sobretudo através dos programas públicos de apoio à floresta (inicialmente pelo Fundo de Fomento Florestal [a partir de 1964], depois com o Projeto Florestal-Banco Mundial e com os programas comunitários) ou de legislação especial, tal como a que enquadrava a arborização em áreas protegidas (1970) ou a utilização de espécies florestais de rápido crescimento (1988).

Com o atual regime jurídico da arborização (2013), pela primeira vez se criou um quadro comum e universal para todos os tipos de (re)arborização, que permite não só o acompanhamento próximo das dinâmicas de uso do solo e ocupação florestal, mas também o explícito cumprimento do vasto conjunto de legislação e normas de planeamento a considerar num projeto, tal como determina a Lei de Bases da Política Florestal (1996): desde as orientações e os modelos de silvicultura constantes em plano regional de ordenamento florestal (PROF) ou em plano de gestão florestal (PGF), até às prescrições oriundas dos regimes jurídicos de gestão e proteção florestal, de conservação da natureza, de proteção dos recursos hídricos ou do património cultural, entre muitos outros que concorrem para as políticas de “ordenamento do território”.

Nos termos da Lei de Bases da Política Florestal, os diferentes níveis de planeamento florestal integram as opções nacionais, regionais, municipais e setoriais no que respeita ao uso do território, partindo do nível estratégico nacional (por exemplo, a taxa de arborização do país que se considere desejável no muito longo prazo).

QUADRO 5.5 – Sistema de planeamento florestal.				
NÍVEL	GESTÃO FLORESTAL	COMBATE À DESERTIFICAÇÃO	PROTEÇÃO CONTRA AGENTES BIÓTICOS	PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS
Nacional	Estratégia Nacional para as Florestas	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação	Programa Operacional de Sanidade Florestal	Plano Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios
Regional	Planos regionais de ordenamento florestal			Planos distritais de defesa da floresta e planos regionais de ordenamento florestal
Concelhio	-	-	-	Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios
Local	Planos de gestão florestal, planos específicos de intervenção florestal e projetos florestais			

Estabelecidas que estejam, em sede de planeamento territorial, as zonas em que o uso florestal seja admissível ou mesmo dominante (que aliás abarcam a maior parte do território), é em sede de planeamento do setor florestal que são definidos os modelos de silvicultura (incluindo as espécies florestais e as técnicas silvícolas de instalação e condução dos povoamentos) mais adaptados às condições ecológicas e ao regime de propriedade, em consonância com os desígnios nacionais da política florestal.

João Pinho

Numa perspetiva regional, os Planos Regionais Ordenamento Florestal (PROF), previstos na Lei de Bases da Política Florestal (Lei de Bases nº 33/96 de 17 de agosto) e regulados pelo Decreto-Lei nº 16/2009, de 14 de janeiro, fornecem o enquadramento técnico e institucional apropriado para minimizar os conflitos relacionados com categorias de usos do solo e modelos silvícolas concorrentes para o mesmo território. Um PROF desenha um modelo florestal a longo prazo, que cumpre os objetivos estabelecidos e se ajusta aos recursos disponíveis. Atualmente está em curso a revisão dos PROFs e a sua redução para 7 Regiões.

Segundo a Lei de Bases da Política Florestal (Lei nº 33/96, de 17 de agosto), os PROF têm como objetivos gerais:

- avaliar as potencialidades dos espaços florestais, do ponto de vista dos seus usos dominantes;
- definir o elenco de espécies a privilegiar nas ações de expansão e reconversão do património florestal;
- identificar dos modelos gerais de silvicultura e de gestão dos recursos mais adequados;

- definir áreas críticas do ponto de vista do risco de incêndio, da sensibilidade à erosão e da importância ecológica, social e cultural, bem como das normas específicas de silvicultura e de utilização sustentada dos recursos a aplicar a estes espaços.

Atualmente as ações de arborização e rearborização estão regulamentadas, a súmula da legislação a considerar nas ações de arborizações e rearborizações pode ser consultada no *site* do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (<http://www.icnf.pt/portal/florestas/arboriz/docs>).

Também pode ser consultado neste site <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/enq-leg> a legislação relativa às medidas e ações a desenvolver no âmbito da defesa da Floresta Portuguesa contra os incêndios.

CAPÍTULO 6

A EXPLORAÇÃO FLORESTAL

com a coautoria de PEDRO OCHÔA CARVALHO

6.1 EXPLORAÇÃO FLORESTAL COMO PROCESSO DE PRODUÇÃO

A Exploração Florestal – *harvesting* ingl.; *logging* ingl.; *explotation* fr.; *aprovechamiento forestal* cast. – é o conjunto das operações através das quais o material lenhoso, quer principal (proveniente de corte final), quer secundário (proveniente de desbastes), após o momento da sua “colheita”, é retirado do local onde foi produzido e colocado no primeiro ponto do seu circuito comercial em carregadouro, na margem ou proximidade da floresta, em local acessível ao transporte rodoviário. Desta forma inclui o abate, o processamento e a extração ou movimentação (vulgarmente designada “recheia”) para o carregadouro, local de concentração de material lenhoso pronto a ser transportado. Trata-se, portanto, de converter as árvores em pé existentes num povoamento florestal em produtos utilizáveis pelo processo industrial.

É frequente encontrar autores que incluem o transporte do material lenhoso, nas suas diversas modalidades, até ao local onde se efetua a transformação industrial como parte integrante da exploração florestal, incluindo já aspetos de logística e de planeamento das cadeias de abastecimento. É também possível estender o conceito de exploração florestal à obtenção de produtos florestais não lenhosos, tais como a cortiça, a resina ou frutos provenientes das árvores (por exemplo, a castanha ou o pinhão). Por outro lado, convém lembrar que existe também um sentido mais abrangente para a palavra **exploração**, equivalente a empresa, como estrutura de gestão, envolvendo todas as atividades florestais, da instalação à extração passando pelo tratamento. Neste capítulo será adotada a definição dada no primeiro parágrafo deste texto introdutório.

Em Portugal, a exploração anual de rolaria de pinho e eucalipto, ronda os dez milhões de m³ (CELPA, 2016). Paralelamente, tem vindo a desenvolver-se uma atividade complementar de produção de biomassa de diversas origens, nomeadamente os resíduos da exploração tradicional de pinheiro bravo e eucalipto, a produção lenhosa dos desbastes de pinhal manso e a utilização de cepos provenientes das reconversões florestais. Tendo em consideração a rarefação da mão-de-obra, assim como o aumento da rentabilidade dos equipamentos, e as condições proporcionadas pelos apoios comunitários à modernização das empresas florestais, verificou-se um forte incremento na mecanização das operações de mecanização florestal.

1 Definida como “Gestão e utilização das florestas e terrenos florestados que, utilizando a técnica florestal, seja capaz de manter globalmente a sua biodiversidade, a sua produtividade, a sua capacidade de regeneração, a sua viabilidade, e a sua capacidade de satisfazer, atualmente e no futuro, as funções ecológicas, económicas e sociais pertinentes aos níveis local, nacional e global sem causar danos noutros ecossistemas” (MCPFE, 1993). Ver também Alves *et al.* (2012), pp 66-73.

6.1.1 A Exploração Florestal no contexto da Gestão Florestal Sustentável

No contexto das plantações florestais e da sua gestão sustentável¹, as características das operações de exploração florestal permitem a obtenção de material lenhoso para uso industrial em condições adequadas à sua transformação. Ocorrendo após as fases de instalação e condução dos povoamentos florestais, descritas em capítulos anteriores, a exploração florestal tem como ponto de partida as árvores que resultam dos sistemas de silvicultura postos em prática, convertendo-as depois em produtos (troncos, toros, ramos, estilhas, casca), geralmente matéria-prima industrial. Todas estas ações deverão ser efetuadas de acordo com as prescrições de um plano de gestão florestal, definidor

do modo de produção florestal e do(s) volume(s) a obter. As operações de exploração florestal estão também envolvidas na fase de intervenção produtiva, nomeadamente nos desbastes, em condições que configuram menores níveis de rentabilidade, mas essenciais para atingir os objetivos de gestão pretendidos. Também os cortes culturais e de emergência e/ou sanitários configuram situações de exceção, em que as operações devem ser implementadas recorrendo a métodos e técnicas especializadas. Neste sentido, a exploração florestal é um conjunto de atividades essencial na gestão florestal sustentável, envolvendo as operações que permitem a obtenção de produtos lenhosos em condições de garantir a melhor valorização técnica e económica do material lenhoso. Os critérios operacionais incluem fatores como a qualidade dos produtos, a rendibilidade e a segurança e saúde, enquanto os critérios ambientais incluem a conservação dos solos, a qualidade da água, a poluição ou a biodiversidade, entre outros. A dimensão social e a governança são também consideradas nestes critérios.

A variedade de situações existentes – quer da situação das zonas a corte (montanhosas ou planas, por exemplo), distância aos centros de transformação ou de consumo, rede de estradas ou caminhos florestais, meios de extração e de transporte disponíveis, condições de comercialização, entre outras –, configura uma grande variabilidade de casos operacionais encontrados na prática e uma necessidade de tipificação dos mesmos sob a definição de exploração florestal acima referida.

6.1.2 As operações de exploração florestal

De uma forma geral, as operações que constituem a exploração são as seguintes:

- a) **Marcação** – *marking* ingl.; *martelage* fr.; *marqueo* cast. – operação prévia que se destina a assinalar, quando necessário, as árvores a abater e com base na qual se elaboram os registos necessários para avaliação do volume a vender e de fixação dos preços a estabelecer nos respetivos contratos. Esta operação está relacionada com aproveitamentos múltiplos do material lenhoso, madeira de serração e de celulose, e não em explorações em que o material lenhoso tenha um só destino. No entanto, em situações de cortes culturais ou desbastes, esta operação é necessária para assinalar as árvores a abater. Atualmente, com os programas de cartografia digital incorporados nos sistemas de medição das máquinas, a marcação é feita de forma automática conforme parâmetros previamente definidos.
- b) **Abate** – *fellling* ingl.; *abattage* fr.; *apeo* cast. – corte, normalmente junto ao solo, das árvores marcadas, sendo a primeira verdadeira fase de “colheita” do material lenhoso e início do processo de movimentação da matéria-prima nos percursos até à sua transformação tecnológica. Nos últimos 20 anos, em Portugal houve uma alteração radical no modelo de mecanização do abate do material lenhoso.
- c) **Corte de ramos** – *trimming*, *delimbing* ingl.; *ébranchage* fr.; *desramado* cast. – primeira operação sobre os troncos abatidos, destinada a libertá-los de pernadas, ramos e pontas ou bicadas (neste caso, designa-se como **desponta**). Confunde-se a designação com a de **desramação**, aplicada à operação de libertação do mesmo tipo de material, mas com as árvores em pé e objetivos diversos de tratamento cultural. Infelizmente, a operação de desramação efetuada em resinosas não está

generalizada no nosso País, apesar de recentemente ter havido algum desenvolvimento desta prática cultural no caso do pinhal manso, a qual coincide com a prática dos desbastes.

- d) **Toragem** – *bucking* ingl.; *tronçonnage* fr.; *tronzado* cast. – seccionamento dos troncos abatidos em toros de diversas dimensões consoante os destinos a dar ao material lenhoso. Na toragem moto-manual, esta é precedida da **traçagem**, que consiste na marcação feita no tronco da árvore abatida, definindo o seccionamento a realizar na toragem. Neste caso, o corte de ramos e a toragem realizam-se normalmente de forma sequencial e em simultâneo. Trata-se de uma operação fundamental na valorização do material lenhoso produzido, permitindo a sua categorização em classes de aproveitamento, podendo ocorrer no local de abate, em carregadouro ou mesmo em estaleiro fabril, quando é realizada a extração de troncos inteiros ou árvore completa.
- e) **Descasque** – *barking* ingl.; *écorçage* fr.; *descortezado* cast. – consiste na eliminação da casca que pode ser realizada, conforme os destinos do material ou os objetivos da exploração florestal, logo após a operação anterior, reduzindo custos de transporte, ou em local posterior do circuito. Atualmente existe uma tendência para não descascar na mata, mas sim dentro da unidade fabril, para que a casca possa ser utilizada como combustível.
- f) Refira-se o termo **descarrasque**, que se refere em exclusivo à remoção parcial de casca das árvores em pé, sujeitas a resinagem.
- g) **Estilhaçamento** – *chipping* ingl.; *déchiquetage* fr.; *astillado* cast. – processamento de madeira, de dimensões variadas, ou de resíduos de exploração florestal, que resulta na produção de estilhas (fragmentos de madeira, de dimensões variadas, desde apenas alguns milímetros até vários centímetros). Esta operação é também designada como trituração ou destroçamento.
- h) **Extração** – *logging* ingl.; *débardage* fr.; *desembosque, saca* cast. – fase de movimentação do material abatido até carregadouro, junto a via principal, muito diversificada consoante a natureza do material e a sua situação no local, levando a processos distintos na sua dimensão e técnicas de execução. Pode envolver uma fase prévia de **rechegagem** ou **rechega** – *bunching* ingl.; *debusquage* fr.; *apilado* cast. – com concentração do material lenhoso (**empilhamento**) em determinado ponto e deslocação posterior até carregadouro.
- i) **Carregamento e descarregamento** – *loading, unloading* ingl.; *chargement, dechargement* fr.; *cargamiento* cast. – inclui todas as operações de transferência de material lenhoso ao longo do processo de exploração florestal (operações de colocação e retirada do material sobre os veículos de transporte). Tem havido uma evolução muito grande relativamente à dimensão dos toros explorados, passando-se das cargas transversais de 2,2 m, para cargas longitudinais de 3 a 4,5 m. Nestas circunstâncias, o carregamento tem que ser totalmente mecanizado: alguns meios de transportes têm grua própria, contudo a grande maioria das vezes é efetuada com grua autónoma ou com a grua do *forwarder* que efetuou a rechega. Trata-se de operações características de zonas de concentração de madeira (carregadouros). Os **carregadouros** são áreas abertas, de dimensões variadas, geralmente livres de arvoredo, onde se processa e/ou se acumula material lenhoso, em formas variadas de

armazenamento, antes de proceder ao carregamento dos camiões. São locais para onde convergem trilhos de extração, caminhos ou estradas florestais, transitáveis pelos camiões. O tráfego também depende da dimensão do carregadouro, função da quantidade de material a armazenar e da necessidade de processar material in loco, que implica uma organização em locais de trabalho e de armazenamento, assim como a implementação de vias internas que impeça “engarrafamentos” dentro do carregadouro. Nos carregadouros, é importante que os acessos de camiões, sobretudo os de saída, estejam devidamente garantidos, por se tratarem de locais onde se cruzam mais veículos numa zona sujeita a exploração florestal. De referir que nesses locais, o solo pode estar sujeito aos efeitos de um tráfego mais intenso, originando compactação, e consequente erosão, devendo por isso estar instalados em zonas planas ou ligeiramente inclinadas, bem drenadas, que não devem localizar-se junto de linhas de água. Para além disso, os carregadouros são zonas que podem gerar impactes visuais consideráveis, pelo que devem situar-se no interior das áreas florestais sem contacto visual direto a partir de estradas públicas com muito trânsito.

j) Transporte – *transport* ingl. – transporte do carregadouro a longas distâncias para os centros de destino, que incluem transformação industrial ou porto de exportação/importação. O transporte pode ser rodoviário, ferroviário, fluvial (e neste caso, por flutuação ou em barças) e marítimo. Em Portugal, mais de 90% do material lenhoso (toros, estilha e elementos de biomassa) é transportado em rodovias, sendo o remanescente realizado, fundamentalmente, em transporte ferroviário. Ao nível ibérico, e considerando as importações de madeira de pinho e de eucalipto, é usado o frete marítimo intercontinental, bem como de pequenos volumes (cabotagem). O transporte marítimo tem um peso considerável na importação de madeira, e consiste atualmente na importação de madeira em estilha e rolaria de mais de 5 m de comprimento, sendo esta uma tendência consistente com a redução de custos.

O conjunto das operações de corte de ramos e toragem designa-se como **processamento**. No entanto, e em rigor, as operações de descasque e estilhaçamento também configuram situações de processamento.

A exploração florestal é um conjunto complexo de operações que envolve encargos relativamente elevados, variando significativamente com a distância ao centro de consumo, a acessibilidade e com o tipo de material lenhoso a explorar. O valor do preço do **material lenhoso em pé** – *stumpage value* ingl.; *prix sur pied* fr. – preço ao centro de referência a que habitualmente se estabelecem os negócios – resulta da diferença entre o valor do produto no centro de transformação/consumo, (“à porta da fábrica”) e os custos totais de exploração e transporte, constituindo um “excedente de conversão”, valor remanescente daquela diferença. Numa exploração florestal medianamente bem gerida, é indispensável a racionalização destas operações que determinam o seu balanço económico-financeiro, na medida em que a sua participação neste preço final é consideravelmente elevada, tanto que em dificuldades extremas (custos elevados ou baixo valor dos produtos obtidos) de exploração-extração poderá considerar-se impeditiva da sua concretização, considerando-se os recursos florestais como não-disponíveis ou economicamente inacessíveis.

6.1.3 Mecanização florestal: máquinas e técnicas operacionais

A **mecanização** consiste na substituição da energia física de pessoas e animais pela energia mecânica fornecida por um motor e distribuída por diferentes vetores – mecânicos, hidráulicos, elétricos, entre outros – aos órgãos de trabalho e de deslocação de uma máquina. A condução das máquinas e dos instrumentos permanece humana através de uma interface (comando) apropriada. Esta definição não se aplica à utilização da motosserra, pois esta somente substitui um instrumento de trabalho mais antigo (o machado ou a serra) e continua a ser transportada e utilizada diretamente pelo operador, designando-se como um processo moto-manual.

No caso da **automação** total ou parcial de um trabalho, trata-se de substituir as ordens humanas, transmitidas aos comandos, por sistemas mecânicos, hidráulicos, elétricos e, sobretudo, eletrônicos. O operador limita-se a dar a ordem inicial, cessando então a sua intervenção na sequência do desenrolar do trabalho (ARMEF-CTBA-IDF, 1993).

A mecanização das operações de exploração florestal é hoje possível em praticamente todas as operações, sendo inclusivamente possível automatizar uma grande parte dessas operações. Este processo teve um desenvolvimento muito importante nas últimas décadas nos domínios da exploração florestal, coincidindo em parte com o desenvolvimento e expansão da área de plantações florestais. Paralelamente, surgiu uma maior necessidade de conhecimento de **rendimentos de trabalho**, dos **custos financeiros** e de fazer **planeamento operacional**, de modo a definir as dimensões ótimas da exploração e da empresa.

Tendo como base o motor de combustão interna, o desenvolvimento do automóvel e dos sistemas hidráulicos podem considerar-se marcos da mecanização florestal: o trator equipado com rastos ou lagartas (décadas de 1920-30), as motosserras, no início extremamente pesadas e hoje com um peso médio muito inferior (a partir da década de 1930), o trator articulado com rodas (primeiro os tratores rechegadores ou de arraste – *skidders* – depois os tratores auto-carregadores-transportadores – *forwarders*), e as máquinas coletoras ou de abate e empilhamento (*feller-bunchers*) ou “processadores” (*harvesters*), equipados com sistemas de grua hidráulica (décadas de 1970-80). Juntamente com o trator agrícola adaptado ao trabalho florestal, com 4 rodas motrizes (tração integral) e restantes unidades operadoras incluindo descascadores e estilhaçadores, guinchos, reboques, gruas e garras hidráulicas, fica completo o panorama da mecanização florestal. Paralelamente, a incorporação dos sistemas informáticos nestes equipamentos tem vindo a permitir a recolha e armazenamento de informação fundamental para a gestão eficiente dos povoamentos florestais.

As ideias de racionalização e de mecanização unem-se quando atendemos – numa visão histórica do que foi o processo de penetração na atividade florestal (numa primeira etapa de substituição parcial de trabalho manual nalgumas operações para, em etapas sucessivas, se estender para a mecanização máxima de todas as operações) – às vantagens da sua implementação, nomeadamente:

1. acréscimo da produtividade do trabalho, para além da redução de mão-de-obra, possibilidade de trabalhar maiores volumes de material lenhoso em períodos de tempo mais curtos;
2. melhoria das condições de trabalho, diminuição do contacto com o objeto do trabalho e do esforço físico, reduzindo o risco de acidente e valorização da qualificação profissional dos operadores;
3. melhoria da qualidade tecnológica, por facilitar e promover a redução dos desperdícios e a maior qualificação tecnológica dos produtos. Os pressupostos anteriormente indicados estão todos relacionados com a evolução tecnológica dos equipamentos, assim como a formação profissional dos operadores das mesmas, por forma a tirarem partido da tecnologia disponível. O recurso a equipamentos de tecnologia avançada, de elevado custo e com muita influência nos custos de operação, tem que ser forçosamente rentabilizado, sob pena de inviabilização do processo. Assim, é necessário desenvolver um grande esforço para promover a formação dos operadores destas máquinas, recorrendo à utilização de meios evoluídos de formação como por exemplo, simuladores dedicados (Figura 6.1). Esta formação dos operadores tem enorme impacto na redução do tempo de aprendizagem, com reflexo na rentabilidade do equipamento e no respeito pelo meio ambiente.

FIGURA 6.1
Simulador de *harvester*.



O Abate e processamento das árvores

O **abate** é o corte, junto ao solo, das árvores marcadas para a extração, e constitui o início do processo de movimentação de matéria-prima lenhosa dentro dos percursos para a sua transformação tecnológica. Qualquer que seja a técnica ou método de abate adotado, o principal objetivo é garantir a maior rapidez possível, aproveitando a maior quantidade possível de material lenhoso, evitando desperdícios devidos a defeitos de abate e a execução técnica deficiente.

O controlo da direção de queda das árvores é determinante para evitar danos sobre as mesmas e, ao mesmo tempo, maximizar a eficiência das operações subsequentes. Para isso, são utilizadas técnicas de **abate dirigido**, em que as árvores são abatidas em direções preferenciais de modo a facilitarem as operações seguintes, nomeadamente a movimentação do material lenhoso para o carregadouro (recheia/extração).

Embora haja tendência para alargar a realização do abate ao longo de todo o ano (aproveitamento do alargamento do período, de melhor tempo e dias mais longos), considera-se recomendável a não realização no período estival, em virtude das elevadas temperaturas que potenciam o risco de fogo, mas também pelo acréscimo de esforço, quer do equipamento, quer da mão-de-obra, verificando-se mesmo a sua proibição neste período nalguns países mediterrânicos. A sua execução no **período de outono-inverno** poderá estar condicionada por razões de excesso de água no solo, devido ao risco de originar fenómenos de compactação, mas também devido às condições de trabalho serem desfavoráveis ao nível da visibilidade, questões que têm vindo a ser ultrapassadas pela inovação tecnológica. Para além disso, é nesta época do ano que se verificam melhores condições de conservação, na medida em que as baixas temperaturas, no período de repouso vegetativo, impedem ou dificultam a propagação de pragas e doenças, dependendo também das espécies presentes. Por exemplo: considera-se que para as resinosas será mais indiferente do que para as folhosas, para as quais será mais indicado o pleno Inverno; já no caso especial das talhadias, nas quais é conveniente manter as condições de rebentação dos gomos, será preferível nem muito cedo com tempo muito frio, nem muito tarde dentro do tempo seco, sendo a melhor época o fim do Inverno.

Atualmente, o abate é realizado basicamente por dois processos, a saber:

1. Abate moto-manual

O abate é feito recorrendo à motosserra, sempre que os meios mecanizados são desaconselhados: terrenos demasiado inclinados ou acidentados, e árvores demasiados grandes ou em situações de volume em pé reduzido ou área de abate reduzida. As motosserras evoluíram muito relativamente à sua qualidade, peso, dimensão e segurança do utilizador, sendo fundamental escolher a motosserra de acordo com a operação que se irá executar. Assim, para operações de abate de árvores de pequenas dimensões (desbastes) e desramações, é recomendado utilizar motosserras mais leves e manuseáveis, facilitando a mobilidade do operador e diminuindo a sua fadiga. Em cortes finais de árvores de maiores dimensões, deve utilizar-se equipamento compatível, procurando diminuir o peso e comprimento da lâmina-guia, de forma a garantir um desempenho eficiente e diminuindo a fadiga do operador.

O uso da motosserra nas operações de abate, corte de ramos e toragem, em pinhal, é ainda muito frequente. No eucaliptal, a motosserra é essencialmente utilizada no abate (genericamente denominado pré-abate) e, só alguns dias depois, é efetuado o corte de ramos e a toragem com um processador. Em povoamentos de eucalipto já com várias rotações, em que a toíça ficou excessivamente sobrelevada, é importante proceder a este pré-abate com motosserra, para facilitar explorações futuras. Esta técnica permite também que se inicie a secagem da madeira, evitando o descasque durante o processo de toragem.

Descrição da técnica de abate e processamento com motosserra

Pode encontrar-se uma descrição detalhada em ICNF (2003) e CAP (2006).

Técnica constituída por duas fases:

i) Preparação

Na preparação para o abate, o operador deve proceder à observação preliminar da direção de queda natural (avaliando a inclinação da árvore, a forma da copa, o sentido e intensidade do vento) para definir, depois, a direção de queda conveniente ou planeada, e atender aos obstáculos, à proteção das árvores em pé e à organização do trabalho, com medidas de segurança. Deve procurar evitar-se quedas em linhas de água e atender à passagem de linha elétricas, existência de muros ou quaisquer infraestruturas. Em seguida, o operador deve desimpedir o solo à volta da árvore de pedras e vegetação – para facilitar o trabalho e diminuir riscos de danos nos instrumentos de trabalho –, preparar a base da árvore para o abate e determinar qual a direção dos caminhos de fuga a tomar em caso de descontrolo da queda da árvore. Por último, o operador deve, quando julgado necessário ou conveniente, proceder à eliminação dos contrafortes de embasamento do tronco, de modo a tornar cilíndrica essa base, através da execução, com a motosserra, de um primeiro corte horizontal, na base do contraforte, até uma profundidade suficiente para eliminar a sua excentricidade, e de um segundo corte, vertical, para finalizar o destacamento do contraforte.

ii) Abate propriamente dito

O abate propriamente dito consiste na aplicação de cortes que visam garantir o controlo da queda da árvore na direção pretendida em condições de segurança para o operador (Figura 6.2):

- o entalhe de direção ou bica é formado por dois cortes perpendiculares à direção de queda pretendida e realizados do lado da árvore que coincide com esta direção. Para a sua realização, procede-se em primeiro lugar à execução de um corte ou traço oblíquo (corte direcional), que deve formar um ângulo de 30° a 45° com a horizontal e ter uma profundidade de 1/3 a 1/5 do diâmetro do tronco e, de seguida, à execução de um corte ou traço horizontal, fazendo-o intercalar com o primeiro;
- o corte de abate permite garantir o processo de queda da árvore através da presa ou charneira, que “segura” a árvore e assegura que a queda seja gradual. Realiza-se do lado oposto ao entalhe de direção, deve ser perpendicular ao eixo da árvore, a um nível poucos centímetros acima do plano inferior do entalhe, e a uma profun-

didade tal que deixe a presa ou charneira, nem demasiado larga que torne difícil o soltar da árvore, nem demasiado estreita que impeça o controlo da queda, entre 1/10 a 1/20 do diâmetro da árvore. Se necessário é possível contrariar em parte a tendência natural de queda da árvore recorrendo à assimetria da espessura da charneira, permitindo corrigir a direção de queda da forma pretendida devido à resistência desigual assim oferecida pela charneira formada (o tronco tenderá a rodar, na queda, em torno da extremidade mais espessa da charneira).

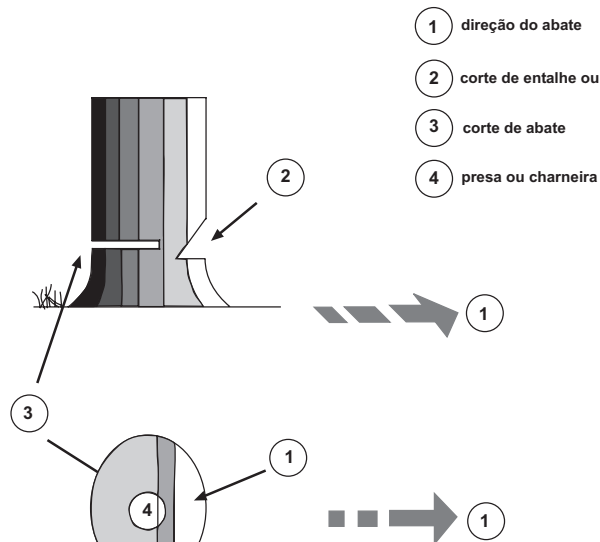


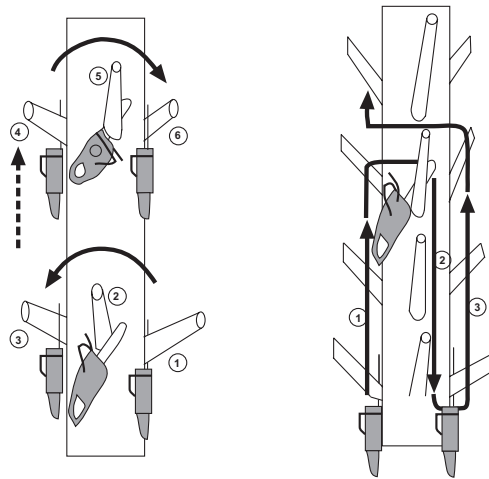
FIGURA 6.2
Realização dos cortes
no abate moto-manual:
entalhe de direção e corte
de abate (ICNF, 2003).

O **processamento**, constituído tradicionalmente pelo corte de ramos e toragem, é feito normalmente em sequência, quando se pretende obter madeira torada como produto. O corte de ramos destina-se à eliminação de pernadas e ramos do tronco e da bicada (no caso das resinosas, a parte do tronco de dimensão variável entre 3-7 cm e no eucalipto 5-7 cm), facilitando o manuseamento e a deslocação dos troncos ou toros. O diâmetro mínimo de comercialização determina o comprimento do tronco dito comercializável, conceito este não-aplicável quando se considera o “aproveitamento integral da árvore” para produção de biomassa. Estas operações podem ser levadas a cabo com a motosserra no local do abate ou no carregadouro.

A técnica utilizada dependerá do número de ramos a cortar e da sua grossura, tendo em conta que o principal objetivo é a obtenção de um tronco sem nós e/ou ramos parcialmente cortados. Os princípios gerais do corte de ramos com motosserra baseiam-se na “economia de esforço” do operador, de modo a diminuir a fadiga que tende a desenvolver-se com o tempo de trabalho. Para tal, o operador deve procurar trabalhar a uma altura conveniente, procurando apoiar o tronco da árvore abatida noutros troncos para adotar adotando uma posição de trabalho de “banqueta”, de modo a poder apoiar, sempre que possível, o corpo da motosserra no tronco da árvore de que se pretende cortar os ramos. O método dos seis pontos permite uma progressão regular no corte dos ramos ao longo do tronco, utilizando a motosserra como alavanca, e o método do pêndulo permite o “varrimento” de secções do tronco, seguindo os mesmos princípios gerais do anterior, mas sendo utilizado nos casos em que os ramos são mais numerosos e finos (Figura 6.3).

FIGURA 6.3

Técnicas moto-manuais de corte de ramos: método dos seis pontos (à esquerda) e método do pêndulo (à direita) (ICNF, 2003).



A operação de **toragem** consiste no sectionamento dos troncos por planos verticais ao seu eixo, em distâncias variáveis: geralmente 2,5 a 3 m de comprimento para as madeiras de pequenas dimensões (rolaria para celulose) e pelo menos 4 m para madeiras de grandes dimensões (serração). Antecipadamente, deverá ser feito um trabalho de marcação prévia dos comprimentos dos toros, deixando o seu valor registado através duma sinalização feita com motosserra no próprio tronco, denominada **traçagem**, facilitando o trabalho posterior de localização dos cortes da toragem. Nesta marcação é utilizada uma fita métrica especial (fita métrica de motosserrista), incluída no equipamento padrão dos operadores de motosserra, munida na extremidade de um gancho que se se fixa na base do tronco abatido e esticada longitudinalmente, o que permite ir fazendo a medição e a toragem. No caso das maiores dimensões (fixas) dos toros, a toragem obedece a regras pré-estabelecidas, de forma a garantir a máxima valorização do material lenhoso.

Esta operação exige algum cuidado, devendo evitar-se a prisão da lâmina da motosserra dentro do tronco, enquanto se executa o corte ou traço, que pode originar falhas no lenho. O problema fundamental nesta questão reside na posição relativa das zonas dos troncos, mais ou menos extensas, que, consoante as irregularidades do terreno, ficam sujeitas a diferentes pressões, em particular, as situações que implicam que as “fibras” do lenho se encontrem em **tensão** ou **tração**, de mais fácil penetração para as lâminas, ou, ao contrário, em **compressão**, dificultando a penetração da lâmina ou, mesmo, implicando a sua prisão no interior do traço.

Assim sendo, principalmente no caso das maiores dimensões, é recomendável executar o corte da seguinte forma (Figura 6.4):

1. inicialmente do lado do tronco onde as fibras estão em compressão, isto é, do lado superior se a posição da secção de corte se encontra entre dois pontos de apoio do tronco no chão, numa profundidade de $1/4$ a $1/5$ do seu diâmetro;
2. posteriormente do lado das fibras em tensão ou tração, até completar o corte.

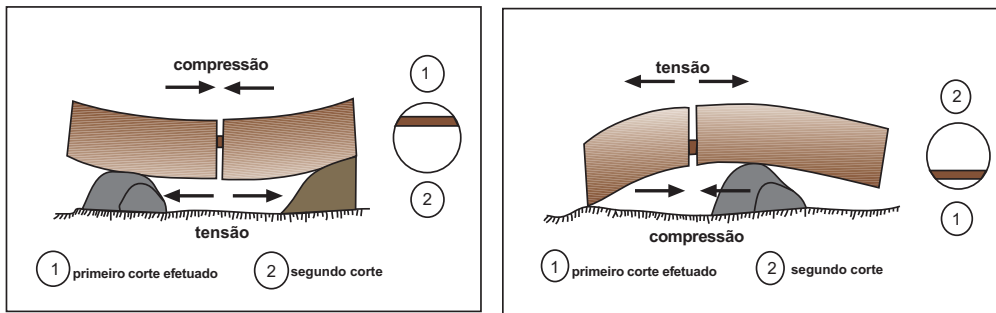


FIGURA 6.4
Condições de execução da toragem com motosserra (ICNF, 2003).

Costuma utilizar-se, para facilitar a execução, uma cunha do lado sujeito a compressão para diminuir o risco de prisão da lâmina.

A **toragem** permite separar, quando necessário, o material lenhoso segundo categorias de aproveitamento – estando por isso diretamente ligada ao tipo de material lenhoso e ao seu destino – e consiste também em produzir material de dimensões adequadas às operações subsequentes. Uma toragem corretamente executada é um fator essencial de valorização do material lenhoso, sobretudo quando se trata de material de grandes dimensões.

2. Abate mecanizado

No abate mecanizado, as operações envolvem máquinas automotrizes (simultaneamente operadoras e motrizes) ou conjuntos de mecanização (constituídos por máquinas operadoras e motrizes), designadas de acordo com as funções desempenhadas. Na prática, trata-se de abater e/ou processar as árvores utilizando cabeças de corte acopladas e acionadas por portadores, ou porta alfaia (*carriers*) de lagartas (rastros) ou pneus.

- a) Máquinas de abate e empilhamento, *feller-bunchers*** – procedem exclusivamente ao abate e empilhamento das árvores abatidas e distinguem-se por o abate ser feito por disco cortante, guilhotina ou tesoura (acionados por sistema hidráulico) de árvores inteiras (Figura 6.5). Podem exibir um sistema de acumulação de árvores abatidas (acumulador), depositando-as, posteriormente, em conjunto no chão; a quantidade de árvores acumuladas vai depender da sua dimensão.

FIGURA 6.5
Cabeça de *feller-buncher*
montada em "giratória"
adaptada.



Os *feller-bunchers* podem ser automotrizes ou conjuntos de mecanização, sendo neste caso, constituídos por duas peças distintas:

- i) as cabeças de abate, com características variadas conforme o fim a que se destinam, desde desbastes envolvendo árvores pequenas a cortes finais de árvores de maiores dimensões; as poucas utilizadas em Portugal têm 3 a 4 toneladas;
- ii) os porta-alfaia que existem basicamente dois tipos: um correspondendo a equipamento específico, construído de fábrica para esta função e outro equipamento adaptado a esta função, geralmente "giratórias" adaptadas de rastos.

O sucesso da utilização destes equipamentos está dependente da compatibilidade entre a cabeça de corte e o porta-alfaia. O modo de operação pode ser "árvore-a-árvore", isto é, implicam a deslocação e posicionamento da máquina, junto de cada árvore, antes do abate, ou por "ação em área limitada", podendo abater várias árvores em cada posicionamento, estando a cabeça de abate instalada numa grua hidráulica.

- b) "**Processadores**" – que podem ser processadores propriamente ditos – desempenham as operações de corte de ramos e toragem) – ou *harvesters* – máquinas que desempenham as operações de abate, corte de ramos e toragem (Figura 6.6). Estes últimos são geralmente designados em Portugal como "processadores", embora não correspondam ao primeiro tipo apontado, praticamente não utilizados nas nossas condições.



FIGURA 6.6
Harvester de rastos
ou lagartas.

Os processadores são também constituídos por duas peças distintas:

- i) a **cabeça de corte**, ou cabeça processadora, cujas características são variadas, conforme o tipo de dimensão do material lenhoso a explorar. Estão equipadas com órgãos de corte do tipo motosserra de corrente, constituídos por lâmina e corrente e acionados por sistema hidráulico. As cabeças de corte procedem ao abate, corte de ramos e à toragem (caso dos *harvesters*), ou simplesmente ao corte de ramos e toragem (caso dos processadores), e podem ser utilizadas na operação de descasque, justificando a grande diferenciação de equipamentos.
- ii) o **porta alfaia**s pode ser equipamento específico ou adaptado, tal como no caso dos *feller-bunchers*.

Existem dois tipos de *harvester* (Tolosana *et al.*, 2000):

- de ação única (*one-grip harvesters*): usam uma grua hidráulica florestal (equipada com braço de extensão, que aumenta o alcance) e cabeça de corte (ou processadora), que permite fazer o abate e processamento em movimento contínuo sem apoios através de um sistema de alimentação que permite a deslocação linear do tronco da árvore na cabeça processadora; são muito mais utilizados e mais económicos, sobretudo em árvores de menores dimensões;
- de ação dupla (*two-grip harvesters*): dispõem de uma cabeça de abate e uma mesa (plataforma) processadora no semi-chassis traseiro do porta alfaia.

Naturalmente que há diferenças de características e de preço entre estas soluções. Relativamente ao equipamento dedicado, que pode ser de lagartas ou pneus, houve uma grande evolução, de que as funções do computador de bordo e a cabine oscilante são exemplos (Figura 6.7).

FIGURA 6.7

Harvester de rastros ou lagartas com cabine oscilante, permitindo o nivelamento da unidade em declives mais acentuados.



A adaptação de equipamento multiuso tem tido uma grande evolução ao nível das operações florestais, com uma boa resposta em muitas das situações, e a utilização do tipo de equipamento é função da especificidade da frente de trabalho e do tipo de operador. É também importante salientar a necessidade de compatibilizar sempre estes dois equipamentos (cabeça de corte e porta alfaia).

A operação de **descasque** (Figura 6.8) está muito dependente da natureza das espécies exploradas, particularmente da percentagem de casca, variável não só entre espécies, mas também dentro da própria espécie consoante a sua localização ecológica. Por outro lado, tanto pode ser realizada logo no local de abate (permitindo devolver nutrientes ao solo) ou em carregadouro ou, nalguns casos, já na unidade industrial, dependendo do seu volume que condiciona o transporte, e da eventual utilidade económica desse material, através da venda a outros utilizadores ou do seu uso para fins energéticos.

FIGURA 6.8

Operação de descasque de toros no local de abate.



Extração

A **extração** consiste na movimentação do material abatido e/ou empilhado até carregadouro, junto a via principal. Pode envolver uma fase prévia de rechegagem ou rechega – *bunching* ingl.; *debusquage* fr. – com concentração do material lenhoso (empilhamento) em determinado ponto e deslocação posterior até carregadouro. Esta operação envolve uma variedade e complexidade de processos e de soluções, em particular na sua componente de extração mecanizada, variável com a natureza do material a manusear e a movimentar, a topografia do local, as distâncias de transporte.

Todos os métodos de extração do material lenhoso envolvem um **ciclo de movimentação, ou transporte** (este conceito aplica-se também ao transporte de material lenhoso fora da área florestal), composto por quatro fases: transporte sem carga, carregamento, transporte com carga e descarregamento. Designam-se as fases de carregamento e descarregamento como fases “terminais”, em que não há deslocação. O **tempo de viagem** – *travel time* ingl. – é dado pelo quociente da distância a percorrer e da velocidade. Desta forma, o objetivo fundamental da extração é conseguir concretizar um ciclo de duração curta, aumentando a velocidade, e diminuir os tempos terminais (carregamento e descarregamento), utilizando a carga máxima possível. A produção por unidade de tempo será dada pelo produto do número de ciclos por unidade de tempo pelas dimensões da carga por ciclo.

Sob o ponto de vista da extração, o material lenhoso pode considerar-se como não facilmente manejável, pois além de ser um produto pesado, encontra-se disperso na mata em várias condições e sob várias formas (troncos e toros, com e sem casca). No seu manuseamento e extração podem utilizar-se meios de tração diversos: desde os meios humanos (em especial para as pequenas dimensões ou quando a operação for possível com o simples rolamento dos toros), até à tração animal e à tração mecânica.

No condicionalismo destas diversas condições e de meios a utilizar, destacam-se três ordens de fatores que balizam a programação das operações de extração:

1. **volume e características do material lenhoso a extrair** – natureza do corte (final ou de desbaste), da espécie, do destino tecnológico do material (rolaria, madeira para serração, para postes, desenrolamento, por exemplo);
2. **área e características da parcela a corte** – dimensões da parcela, dispersão do material no seu interior, volume a extrair e sua composição, forma e perfil, declives e obstáculos a ultrapassar;
3. **acessibilidade** – situação da parcela relativamente à rede de caminhos ou vias de acesso.

Os **métodos de extração** utilizados podem agrupar-se da seguinte forma:

- arraste ou semi-arraste (*skidding*) com animais ou tratores;
- transporte (*forwarding*) com animais ou tratores;
- extração com sistemas de cabos de aço;
- extração com meios aéreos (helicópteros ou dirigíveis).

Os dois primeiros métodos são os mais utilizados nas condições que encontramos nas plantações florestais. A extração com meios aéreos só se utiliza em terrenos muito difíceis, quando o material lenhoso é muito valioso, ou nos casos onde é necessário evitar impactes ambientais significativos. A extração com sistemas de cabos de aço é

dispendiosa porque implica um elevado tempo de montagem de dispositivos no terreno, mão-de-obra qualificada e organizada em equipas especializadas, e só se utiliza em terrenos onde os dois primeiros métodos não são viáveis. Tanto nos métodos de arraste como de transporte utilizam-se, predominantemente, tratores de rodas ou de rastos, ou tração animal. Nas plantações florestais usam-se, maioritariamente, tratores florestais. Os tratores florestais podem ser não-articulados (chassis rígido) ou articulados (chassis articulado).

Entre os **tratores não-articulados** destacam-se os tratores agrícolas de tração integral adaptados ao trabalho florestal com cabine de proteção, blindagem de proteção a órgãos mecânicos, como *carter* e diferenciais, e lâmina frontal, se estiver equipado com guincho (Figura 6.9). O trator adaptado ao trabalho florestal pode ser equipado com guincho (podendo arrastar e semiarrestar troncos) ou com reboque florestal e/ou grua. Trata-se de máquinas que podem ser utilizadas noutras tarefas se forem instalados equipamentos apropriados, nomeadamente, grua e/ou reboque florestal (neste caso passam a constituir um conjunto de *forwarding*), estilizador, descascador ou mesa processadora.

FIGURA 6.9
Tratores agrícolas (não-articulados) adaptados ao trabalho florestal.



Os **tratores articulados** possuem tração integral, são providos de um chassis formado por duas partes móveis em torno de um eixo central, e a direção é garantida por sistemas hidráulicos e não pelas rodas. Esta característica permite maior capacidade de manobra e de ajustamento às irregularidades do terreno. São tratores mais pesados que os anteriores garantindo, desta forma, condições de grande aderência ao terreno. A necessidade de garantir coeficientes de aderência elevados, tem levado a opções sobre os órgãos de locomoção destes tratores conducentes a garantir maiores superfícies de contacto com o solo. Assim, têm vindo a usar-se pneus maiores, mais largos e com perfis de baixa pressão. Com o mesmo propósito também se tem verificado o aumento do número de rodas (em tandem, *bogies*). Nesta categoria incluem-se os tratores florestais: **tratores rechegadores ou de arraste** (*skidders*) e os **tratores autocarregadores-transportadores** (*forwarders*).

Os **tratores rechegadores ou de arraste** (*skidders*) (Figura 6.10) procedem à recheга do material lenhoso, normalmente troncos ou árvores completas (com copas) e, excepcionalmente, toros. Existem três tipos:

- i) tratores rechegadores equipados com guincho e cabos de aço (*cable skidders*) – frequentemente usados em terrenos íngremes ou acidentados, em áreas em que o trator não pode transitar (Figura 6.10 A);
- ii) tratores rechegadores equipados com pinça ou garra hidráulica (*grapple skidders*) – estão equipados com pinça hidráulica montada na traseira que serve para apanhar e suportar a carga; vocacionados para movimentar troncos ou árvores inteiras previamente empilhadas por máquinas de abate e empilhamento (*feller-bunchers*) (Figura 6.10 B);
- iii) tratores rechegadores equipados com mandíbula e grua hidráulicas (*clambunk skidders*) – equipados com uma “mandíbula” invertida no chassis traseiro e uma grua hidráulica; possuem capacidades de carga superiores aos tratores descritos anteriormente e são muito eficientes no carregamento do material lenhoso (troncos ou árvores inteiras); requerem quantidades elevadas de madeira a movimentar para melhorar a sua eficiência operacional.



FIGURA 6.10
Trator rechegador
equipado com pinça (A)
ou garra hidráulica (B).

Os **tratores autocarregadores-transportadores** (*forwarders*) (Figura 6.11) procedem à movimentação (“transporte”) do material lenhoso, normalmente madeira torada com comprimentos até 6 metros, sem que haja contacto dos toros com o solo. Dispõem de uma grua hidráulica para carregamento do material e de “caixa” de carga própria para o transporte. Em declives superiores a 30% o seu rendimento reduz-se fortemente. Estes tratores são utilizados tipicamente em sistemas de madeira torada mecanizados, em que o abate e processamento das árvores é feito com “*harvesters*”.

FIGURA 6.11
Trator autocarregador-
-transportador.



Neste método de extração do material lenhoso, o carregamento do trator é feito procedendo a várias paragens ao longo do percurso no terreno florestal, até a carga útil do trator ficar completa.

O ciclo de trabalho com estes tratores pode ser descrito da seguinte forma:

Deslocamento (vazio) até à zona de trabalho (madeira empilhada)

→ N paragens (N ciclos de carregamento com a grua em cada paragem
+ deslocamento com carga incompleta até à paragem seguinte)

→ Deslocação com carga completa até ao carregadouro

Considerando uma distância de extração reduzida, a distribuição dos tempos de cada uma das operações básicas do trator autocarregador-transportador deverá grosso modo ser a seguinte (González *et al.*, 2014):

Deslocação	5 – 8 %
Paragens	6 – 10 %
Carregamento	50 – 60 %
Descarga	28 – 34 %

Desta distribuição de tempos de trabalho, fica evidente a importância das características da grua hidráulica como elemento fundamental da operação de extração com estes tratores florestais, nomeadamente a capacidade de carga, a rapidez dos movimentos, o alcance (o número de paragens por unidade de área diminui significativamente com o valor deste), o peso.

Com este método, a movimentação de toros de menores dimensões torna-se mais rentável desde que o material seja previamente empilhado.

6.2 PLANEAMENTO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL

As operações de exploração florestal descritas anteriormente estão integradas em sistemas operacionais que constituem conjuntos de meios (máquinas e operadores) capazes de garantir a execução de operações bem definidas e especificadas, de acordo com padrões de maximização de eficiência. Os meios utilizados são organizados para trabalhar nas matas, numa sequência de tarefas que garante a transformação da totalidade ou parte das árvores em produtos que serão transportados para um ou vários destinos. Estes sistemas são implementados em áreas florestais com características variáveis em diversos aspetos relevantes para o decorrer das operações e para a eficiência do seu desempenho.

É neste contexto que se define o planeamento operacional de exploração florestal como o trabalho prévio de planear as atividades de corte, extração e transporte, bem como a rede viária e outras infraestruturas, com o objetivo de aumentar a eficiência das operações, assegurando os aspetos de segurança e ambientais. Trata-se, portanto, de um planeamento de curto prazo que concretiza os objetivos de produção definidos nos planos de gestão florestal. O planeamento operacional é, pois, fundamental para conseguir aumentar a produtividade, reduzir custos das operações e evitar, ou minimizar, os potenciais impactes ambientais negativos.

A dispersão geográfica das áreas florestais condiciona as operações de exploração florestal na medida em que coloca a necessidade de transportar pessoas, máquinas e materiais para os locais de trabalho, e a acessibilidade acarreta custos. Assim, a eficiência aumenta quando as áreas de trabalho são contínuas e extensas (pouco dispersas), diminuindo os custos com deslocações.

A variabilidade dos povoamentos florestais, resultante das opções de silvicultura possíveis, traduz-se em tipos de povoamentos muito diferentes quanto à composição específica, à homogeneidade estrutural, dimensões das árvores e sua uniformidade. Deste ponto de vista, a eficiência aumenta com a uniformização dos povoamentos, isto é, com as condições que caracterizam frequentemente as plantações florestais (povoamentos puros, equiênicos, em compassos definitivos).

A variabilidade dos fatores do meio, nomeadamente o terreno florestal, condiciona a eficiência das operações, na medida em que pequenos declives e boas condições do solo para o tráfego de máquinas florestais, dependentes do acidentado do terreno e do tipo de solo quanto à capacidade de porte, aumentam essa eficiência. Também as condições climáticas de precipitação e temperatura exercem influência direta sobre os trabalhadores e o desempenho das máquinas florestais, e indireta, por exemplo, sobre os solos e, consequentemente, sobre as características do terreno enquanto superfície de trabalho de máquinas e operadores. Assim, a eficiência aumenta em terrenos pouco declivosos, pouco acidentados e com boa capacidade de porte, devendo evitar-se também os extremos de temperatura e de precipitação (neste caso, estação chuvosa e degelo).

Os objetivos das operações são também muito variáveis, podendo tratar-se de levar a cabo desbastes, cortes finais e, por vezes, cortes de emergência, decorrentes da ocorrência de fogos florestais, ventos ciclónicos (casos em que a urgência dos cortes é grande e as situações em que se encontra o arvoredo não permitem pautar o decorrer das operações por critérios de eficiência operacional utilizados em situações normais),

ou de pragas florestais. Assim, as condições para que as operações de exploração florestal sejam implementadas com sucesso, isto é, desempenhadas com correção, dependem dos fatores seguintes:

- desempenho técnico, tendo em conta aspetos de conceção, tecnológicos, correção das práticas e procedimentos e de interação com o meio ambiente, nomeadamente o terreno; conforme a tipologia dos povoamentos florestais e as dimensões das árvores que os constituem;
- viabilidade económica e eficiência operacional;
- boas práticas de desempenho ambiental e de segurança e saúde (Caixa X);
- adequação institucional, considerando a legislação e regulamentos.

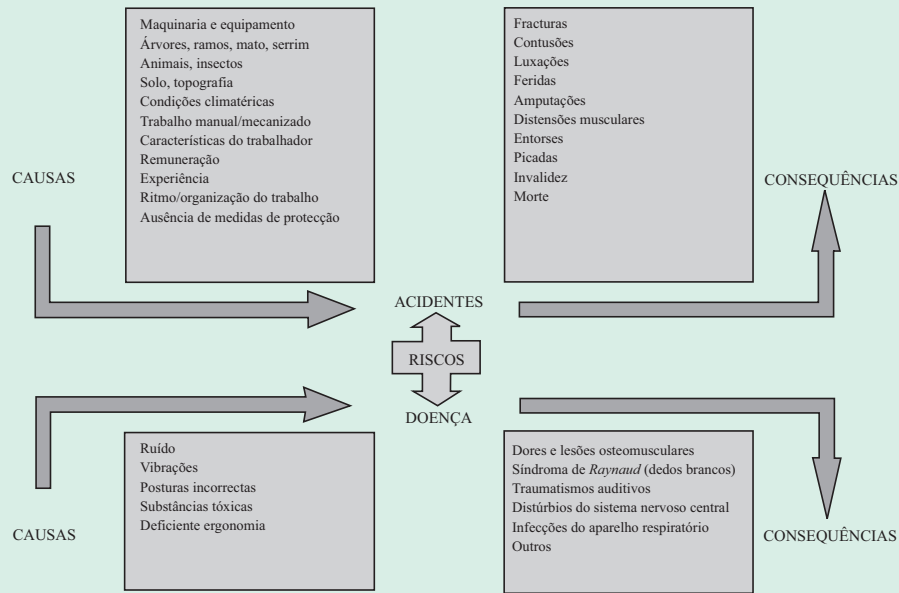
CAIXA X – Segurança e Saúde no Trabalho na exploração florestal (SST)

O trabalho na exploração florestal envolve a exposição dos trabalhadores a fatores de risco profissional (qualquer facto ou situação relacionada com as condições inerentes ao ambiente de trabalho e/ou ao processo operacional das atividades produtivas que possam prejudicar física e psicologicamente a segurança e saúde dos trabalhadores), que os coloca em contacto com determinados perigos suscetíveis de causar acidentes (alguns dos quais graves e mesmo mortais) e/ou doenças profissionais, com implicações económicas (elevados custos, tanto diretos como indiretos, relacionados com a perda de rendimentos do trabalhador, perda de produção e de produtividade das organizações), sociais (perda de qualidade de vida pessoal e familiar) e materiais (danos em máquinas e equipamentos).

Atendendo às especificidades do meio onde se desenvolve a atividade da exploração florestal e às múltiplas operações e postos de trabalho que engloba, são diversos os fatores que contribuem para a presença de risco profissional:

- meio ambiente florestal: terrenos declivosos e irregulares, locais isolados e de difícil acesso, permanente exposição às condições climáticas, dispersão da propriedade e das frentes de trabalho, vegetação densa e variada;
- especificidade das máquinas e equipamentos utilizados: operação e manuseamento de equipamentos potencialmente “perigosos” que requerem conhecimento, experiência, perícia na utilização e resistência física, grande variedade de modelos e tipologias, adequação dos equipamentos (ergonomia), exposição ao ruído;
- características das operações e tarefas realizadas: corte de árvores (abate e processamento), movimentação de cargas, esforço muscular e resistência física, posturas, trabalhos repetitivos, trabalho isolado.

Paralelamente, a procura de ganhos em produtividade e na redução dos custos de produção, traduz-se por vezes em jornadas prolongadas de trabalho, representando um esforço adicional para os profissionais, situações de fadiga e consequen-



QUADRO 6.1
Causas e consequências
dos riscos profissionais
associados à atividade
florestal (ICNF, 2003).

te déficit de concentração, que potenciam a sua exposição ao risco de acidente, pondo em causa a sua segurança.

Paralelamente, a procura de ganhos em produtividade e na redução dos custos de produção, traduz-se por vezes em jornadas prolongadas de trabalho, representando um esforço adicional para os profissionais, situações de fadiga e consequente déficit de concentração, que potenciam a sua exposição ao risco de acidente, pondo em causa a sua segurança.

Por outro lado, a prática da subcontratação dos trabalhos, a transferência de mão-de-obra de outros setores de atividade, sem a necessária formação e qualificação, a dimensão das empresas prestadoras de serviços (mais de 90% das empresas com CAE de Silvicultura possuem menos de 10 trabalhadores), entre outros, constituem novos fatores de risco que comprometem a capacidade de implementação de medidas proteção, de segurança e saúde do trabalho (SST).

A eliminação ou limitação dos riscos profissionais e a diminuição do seu potencial nocivo, passa pela implementação de medidas de prevenção e de proteção, ou seja, pela intervenção ao nível da prevenção – conjunto de atividades desenvolvidas de forma continuada que incluem práticas de identificação, avaliação, análise e controlo dos riscos e que têm como objetivo a redução de acidentes e de doenças profissionais. Estes devem ser combatidos na sua origem, atuando sobre os fatores que os originam, ao invés de combater os seus efeitos.

Nas últimas décadas, com a transposição de diretivas comunitárias, têm sido implementadas em Portugal várias políticas e medidas em matéria de prevenção e segurança. A publicação de um vasto pacote legislativo sobre Segurança e Saúde no Trabalho (SST), veio regulamentar e regular medidas, procedimentos, obrigações e requisitos mínimos de proteção e segurança ao nível das

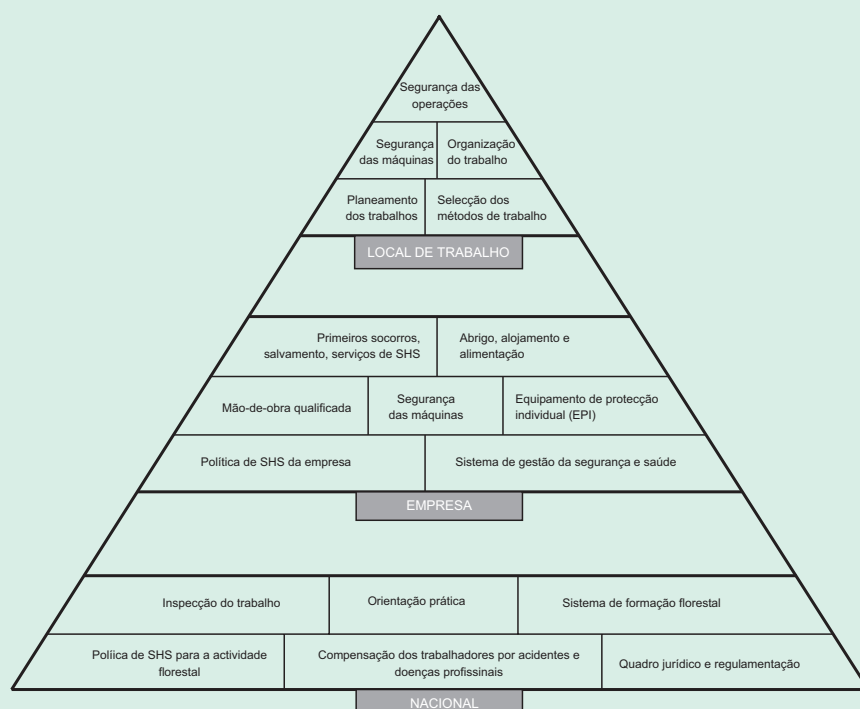
organizações, dos empregadores e trabalhadores, dos locais de trabalho, da maquinaria e equipamentos.

Adicionalmente, a educação, divulgação, sensibilização e a formação profissional constituem importantes veículos para a mudança de atitudes, de consciencialização e de responsabilização, que promova a “cultura de prevenção e da segurança”, de forma integrada, ao nível das organizações, do trabalho e do desempenho profissional.

A fraca qualificação profissional e a falta de formação dos ativos e agentes do setor florestal têm, recorrentemente, sido apontadas como um dos vários fatores que, para além de comprometerem as condições de segurança do trabalho e trabalhadores, constituem um obstáculo à modernização e crescimento económico do setor florestal. Esta preocupação está refletida nos instrumentos de política florestal (Lei de Bases da Política Florestal – Lei n.º 33/96, de 17 de agosto, e Estratégia Nacional Florestal – RCM n.º 6-B/2015, de 4 de fevereiro).

Por outro lado, os processos e sistemas da certificação florestal e da gestão florestal sustentada, ao fazerem cumprir os requisitos para uma adequada prática de gestão e salvaguardando a realização das atividades dentro do quadro legal aplicável e segundo as melhores práticas disponíveis, incluindo a proteção dos direitos dos trabalhadores e a sua segurança, vieram impulsionar, em parte, a procura de formação profissional, quer por parte dos ativos, quer das entidades empregadoras. Constituem algumas medidas preventivas para promover a segurança e saúde no trabalho na exploração florestal (Figura 6.12):

- combater o risco: conhecer (identificar o risco) / avaliar (origem, natureza e consequências nocivas) / prevenir (intervir na fonte de risco, combater na origem, eliminar e reduzir a exposição ao risco);
- trabalho: planeamento / organização ao nível da empresa e do posto de trabalho;
- máquinas e equipamentos: uso dispositivos de segurança / manutenção adequada / adequação operador-máquina e suas condições de trabalho (ergonomia);
- boas práticas: implementação da proteção coletiva (integrada) ao nível da fonte de risco/ adoção de posturas adequadas / aplicação dos métodos e técnicas recomendadas / uso dos equipamentos de proteção individual (EPI) / cumprir as medidas preventivas e legislação em vigor / divulgar;
- informação e formação: formação / qualificação / divulgação / sensibilização (transmitir, integrar e atualizar conhecimentos e procedimentos de boas práticas, criar e aperfeiçoar as competências necessárias, ajustar atitudes corretas e comportamentos adequados).

**FIGURA 6.12**

Princípios de segurança e saúde ao nível nacional, das empresas e do local de trabalho (Adaptada de Organização Internacional do Trabalho – ILO, 1998; ICNF, 2003).

Alguma legislação relacionada

- Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro: regulamenta o Regime jurídico da promoção e prevenção da segurança e saúde no trabalho, de acordo com o previsto no art.º 284º da Lei n.º 7/2009, de 12 de fevereiro;
- Decreto-Lei n.º 109/2000, de 30 de junho: concretiza algumas das medidas preconizadas para melhorar a prevenção dos riscos profissionais, reforço da prevenção e qualificação das modalidades de organização dos serviços de segurança;
- Portaria n.º 987/93, de 6 de outubro: regulamenta as normas técnicas referentes às prescrições mínimas de segurança e de saúde para os locais de trabalho;
- Lei n.º 113/99, de 3 de agosto, que altera o artigo 12º do Decreto-Lei n.º 348/93, de 1 de outubro: prescrições mínimas de proteção, segurança e saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) e regime de contraordenações;
- Decreto-Lei n.º 50/2005, de 25 de fevereiro: prescrições mínimas de segurança e saúde para a utilização de equipamentos de trabalho pelos trabalhadores;
- Portaria n.º 178/2015, de 15 de junho: procede à primeira alteração à Portaria n.º 1456-A/95, de 11 de dezembro, que regulamenta as prescrições mínimas de colocação e utilização da sinalização de segurança e saúde no trabalho;
- Lei n.º 98/2009, de 4 de setembro: regulamenta o regime de reparação de acidentes de trabalho e de doenças profissionais.

Helena Fernandes e João Fernandes

6.2.1 Sistemas de Exploração Florestal

Um sistema de exploração florestal compreende os métodos, os equipamentos de base (os meios) e os procedimentos (técnicas e grau de mecanização) necessários para a realização de um processo de exploração florestal, numa situação concreta de trabalho (local e outros fatores condicionantes). Um sistema inclui várias operações, que podem ser ordenadas de várias formas dentro do sistema, e que podem ser realizadas de acordo com vários métodos que, por sua vez, podem ser desempenhados de acordo com várias técnicas. Destas circunstâncias resulta um número infindável de sistemas únicos, operando sob uma grande variedade de condições ambientais, de produção e de custos.

Dadas as condições em que decorrem as operações de exploração florestal, e as possibilidades de combinação de meios para atingir os objetivos de produção, é conveniente agrupar os múltiplos sistemas de produção possíveis em tipos de sistemas de exploração florestal. É necessário decidir sobre a coordenação e a especialização das operações, nomeadamente através da escolha de métodos e técnicas em cada situação. Existem sempre diversas opções, mas não deve ser esquecido que as mesmas são interdependentes, isto é, o resultado de uma operação afeta as condições e o decorrer da operação seguinte. Neste sentido, o planeamento dos sistemas é essencial e deve ter-se em conta que o sistema deve estar em equilíbrio dinâmico, os fluxos de materiais que compõem o processo devem compensar-se e devem ser evitados tempos de espera que provocam acumulações de material ou “vazios” nos pontos intermédios do processo. Finalmente, qualquer paragem diminui o fluxo produtivo (o resultado final) e aumenta os custos unitários das operações e do sistema em conjunto.

Os objetivos do planeamento operacional dos sistemas de exploração florestal devem centrar-se em definir a sequência das operações, identificar os métodos e as técnicas a aplicar (escolha de equipamento), determinar as necessidades de tempo para efetuar as operações e calcular os custos. Tudo isto tendo em conta os aspetos relativos à segurança e saúde no trabalho, aos impactes ambientais das operações e à responsabilidade social da empresa de exploração florestal.

Os sistemas de exploração florestal são normalmente classificados de acordo com as dimensões e a forma do material lenhoso a extrair da mata, considerando-se tradicionalmente três tipos:

- i) **sistema de árvores completas** (*Full Tree System*) – extração de árvores completas, não desramadas, até ao carregadouro;
- ii) **sistema de troncos inteiros** (*Tree length System*) – extração de troncos até ao carregadouro, o corte de ramos e a despona são realizados no local de abate;
- iii) **sistema de madeira torada** (*Short-Wood System*) – extração de toros, corte de ramos, despona e toragem no local de abate.

A estes tipos de sistemas podem adicionar-se outros dois:

- iv) sistemas que incluem a operação de **estilhaçamento** de parte ou da totalidade dos elementos da biomassa, adotados na produção de energia. A produção de estilhas pode ocorrer no local de abate ou em carregadouro;

v) **sistemas mistos (ou híbridos)**, que asseguram a produção simultânea de material lenhoso de diferentes dimensões e ou formas. Estes sistemas no seu conjunto incluem diferentes formas de triagem que podem ocorrer no local de abate ou em carregadouro.

O Quadro 6.2 mostra os locais em que podem realizar-se as operações nos principais sistemas de exploração florestal.

QUADRO 6.2 – Matriz das operações; local de realização das várias operações em função do sistema de exploração.			
	ABATE	CORTE DE RAMOS	TORAGEM
SISTEMA MADEIRA TORADA			
Local de abate	x	x	x
Carregadouro			
Fábrica			
SISTEMA TRONCOS INTEIROS			
Local de abate	x	x	
Carregadouro			x
Fábrica			x
SISTEMA ÁRVORES COMPLETAS			
Local de abate	x		
Carregadouro		x	x
Fábrica		x	x

O Quadro 6.3 mostra a título exemplificativo sistemas de exploração florestal compreendendo os métodos, as operações essenciais, os procedimentos e os equipamentos utilizados. As circunstâncias e as necessidades que presidem à adoção deste ou daquele sistema, com diferentes opções técnicas, prendem-se sobretudo com as características dos povoamentos florestais que se pretende explorar, com as características do terreno, a disponibilidade e custos das máquinas e da mão-de-obra e com as exigências do mercado, ao nível da comercialização (especificações do material lenhoso nos centros de transformação industrial). Em Portugal, os sistemas mais usados são os seguintes:

- madeira torada com abate e processamento moto-manual e extração com *forwarder*;
- tronco inteiro com abate moto-manual e extração com *skidder* ou trator agrícola adaptado (em zonas de declive acentuado);
- madeira torada com abate e processamento mecanizado e extração com *forwarder*.

Os dois primeiros correspondem a situações típicas de exploração de pinheiro bravo e o terceiro a situações de exploração de eucalipto.

QUADRO 6.3 – Exemplos de sistemas de exploração florestal (Adaptado de ARMEF-CTBA-IDF, 1993).				
SISTEMA	LOCAL DE ABATE			OPERAÇÕES EM CARREGADOURO
	ABATE	PROCESSAMENTO	EXTRAÇÃO	
Madeira torada	Manual	Manual	<i>Forwarder</i>	Não
Tronco inteiro	Manual	Manual	<i>Skidder</i>	Não
Madeira torada	Mecanizado	Mecanizado	<i>Forwarder</i>	Não
Tronco inteiro	Mecanizado	Mecanizado	<i>Skidder</i>	Toragem
Árvore inteira	Mecanizado	Ausente	<i>Skidder</i> com pinça e grua	Corte de ramos
Estilhas	Mecanizado	Presente/ausente	Mecanizado	Estilhaçamento (opcional)

6.2.2 Fatores técnicos e económicos condicionantes do sistema de exploração florestal

O terreno

O terreno é um fator muito significativo na escolha do sistema. O conhecimento do terreno entendido como a superfície em que se vão desenrolar as operações é o ponto de partida do planeamento operacional. Os elementos característicos do terreno são:

- a capacidade de porte;
- o acidentado;
- o declive.

A análise destes elementos permite avaliar o grau de dificuldade das operações (custos e meios materiais) bem como as medidas de organização a adotar. Os métodos de classificação do terreno, considerado como superfície de trabalho, referem-se às condições de circulação de máquinas florestais e consistem numa divisão dos elementos referidos acima em classes de dificuldade. Os critérios da classificação podem variar (quanto ao número de classes a considerar, por exemplo), mas os elementos considerados são praticamente os mesmos.

A **capacidade de porte** refere-se à capacidade dos solos para suportar o movimento das máquinas florestais sem deformação crítica. Considera-se que é boa (favorável) em solos rochosos, arenosos e secos, e desfavorável em solos limosos e argilosos, especialmente em condições de humidade elevada. Neste caso, a classificação depende das condições de precipitação atmosférica no decorrer das operações. O **acidentado** refere-se à presença (frequência e dimensão) de obstáculos no terreno – obstáculos superiores a 50 cm de altura ou de profundidade, neste caso. Se a distância média entre obstáculos de dimensões acentuadas. O **declive** é fundamental na escolha porque determina diretamente a prestação das máquinas. Considera-se que as máquinas florestais funcionam em condições normais até 30% de declive e até 60%, quando estacionadas. é reduzida, o grau de dificuldade aumenta, afetando a capacidade de manobra das máquinas.

Os povoamentos florestais

As características dos povoamentos florestais são definidas em grande medida pela silvicultura aplicada (ver Capítulo 1, Figura 1.1), isto é, pela composição, regime e modo de tratamento. Estes vão determinar as características das árvores que serão abatidas, de acordo com as especificações dos produtos a obter. Os regimes de cortes, a necessidade de desbastes e as talhadias são elementos que determinam diferenças nos métodos e técnicas a utilizar nos sistemas de exploração florestal. A densidade dos povoamentos (número de árvores por hectare) é um elemento determinante, quer pela necessidade de aplicar desbastes em fases intermédias das revoluções (períodos de crescimento dos povoamentos), quer pela decisão de plantar as árvores em compasso definitivo, evitando os desbastes, estabelecendo o espaçamento entre árvores e o padrão espacial da plantação. A existência, isto é, o volume de madeira em pé, é também um fator decisivo no rendimento e na eficiência das operações de exploração florestal.

As características das árvores

O diâmetro e volume médios das árvores individuais são fatores igualmente determinantes no rendimento das operações, sendo este último tendencialmente mais elevado com o aumento daqueles parâmetros, para o mesmo conjunto de condições de exploração. As dimensões da copa, tais como, a percentagem do tronco ocupada com ramos, má conformação da mesma e heterogeneidade da ramificação, diminuem em geral os rendimentos das operações de exploração.

6.2.3 Rendimentos e custos da exploração florestal

Os custos unitários de uma operação são função de:

- a) produção por unidade de tempo: rendimento, produtividade (m^3/tempo ou tempo/m^3);
- b) custo da unidade de tempo (€/tempo) (custo horário).

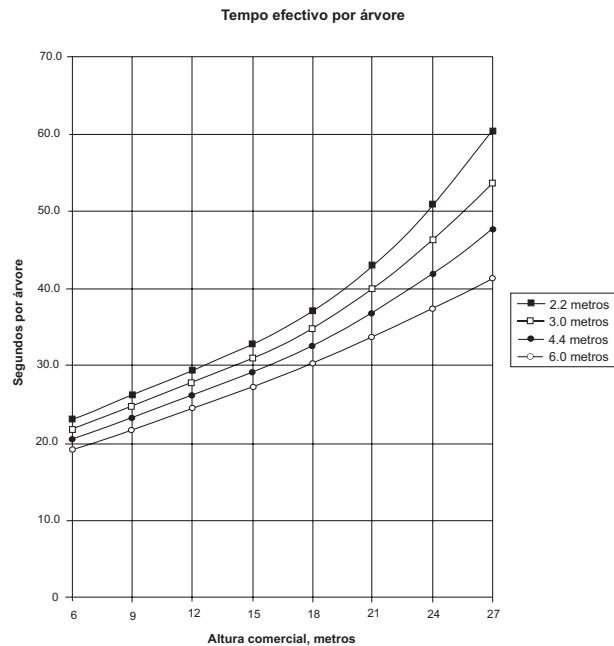
Assim, o **custo por unidade de produto** (€/m^3) será:

$$\text{Custo unitário} = (\text{€/tempo}) / \text{Rendimento} (\text{m}^3/\text{tempo})$$

Os rendimentos das operações são determinados com base em estudos de tempos de trabalho que decorrem em situações padronizadas ou estabelecidas para o efeito, controlando o tipo de máquina, os fatores condicionantes do trabalho (tipos de povoamentos florestais, terreno) e o tipo de operador. O objetivo destes estudos é a obtenção de modelos cuja variável dependente é o rendimento do trabalho, e as variáveis independentes são o diâmetro e a altura das árvores, o seu volume ou, no caso de operações que envolvem movimentação (extração, transporte), as distâncias percorridas. Desta forma, é possível utilizar valores médios das variáveis referidas, ou utilizar distribuições de diâmetros dos povoamentos florestais, e estimar os rendimentos previsíveis das operações desde que decorram em condições próximas das dos estudos. Esta informação deve acompanhar sempre os resultados apresentados (por exemplo, Spinelli *et al.*, 2002).

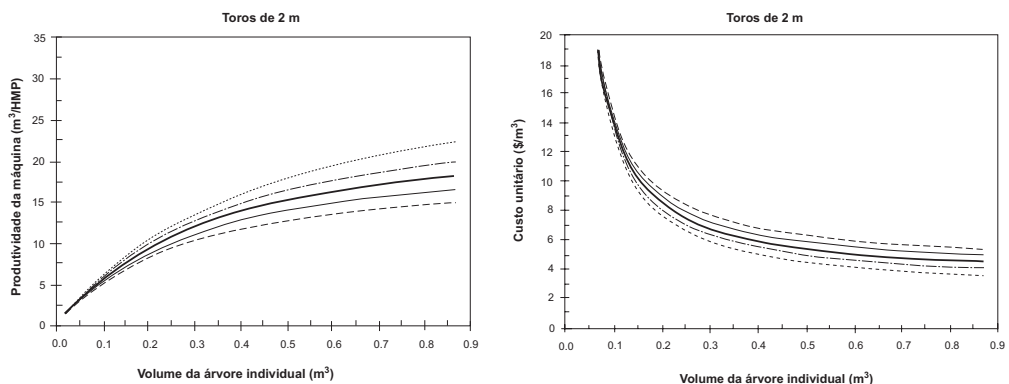
Calculando os custos horários das máquinas e seus operadores e dispondo das estimativas de rendimentos, pode calcular-se o custo unitário definido acima. A título de exemplo, o gráfico da Figura 6.13 mostra a variação com a altura da árvore, do tempo efetivo despendido em cada árvore para diferentes comprimentos de toros de eucalipto. Verifica-se que a decisão de aumentar o comprimento dos toros na operação de toragem com *harvester* diminui consideravelmente o tempo por árvore – redução de 20% no tempo de processamento de cada árvore com altura média de 21 metros, aumentando, portanto, o rendimento do sistema. Este efeito aumenta com a altura média das árvores.

FIGURA 6.13
Variação do tempo efetivo despendido em cada árvore com a altura da árvore, para diferentes comprimentos de toros de eucalipto (Carlsson, 1999).



O estudo de Spinelli *et al.* (2002) sobre a produtividade e custos de um *harvester* em povoamentos de eucalipto em Portugal, revela uma produtividade a variar entre 5 e 14 m³ por hora-máquina, e os custos unitários operacionais entre 4 e 13 \$.m⁻³ (Figura 6.14). Estes valores estão de acordo com os apresentados em CAO (2016).

FIGURA 6.14
Produtividade (à esquerda) e custo unitário (à direita) de um *harvester* em função do volume das árvores e da forma do tronco na produção de toros de 2 m (Adaptada de Spinelli *et al.*, 2002).



A produtividade da exploração florestal é a relação entre a quantidade de produtos obtidos (m^3 , tons, entre outras) e o tempo despendido para a sua obtenção, como medida do trabalho envolvido na obtenção desses produtos. Todos os fatores que representem um dispêndio acentuado de horas de trabalho, associados a resultados de baixo valor (árvores de pequenas dimensões, por exemplo), prefiguram situações de custos unitários elevados. Da mesma forma, estas condições só podem ser compensadas com resultados de alto valor. As combinações de fatores mais produtivas são as que combinam volumes mais altos (árvores com diâmetros e alturas mais elevados, ou técnicas e métodos de trabalho que envolvam movimentação de material lenhoso “em massa”), com fatores que facilitam o trabalho (terrenos mais favoráveis e menores declives, por exemplo) (Figura 6.15).

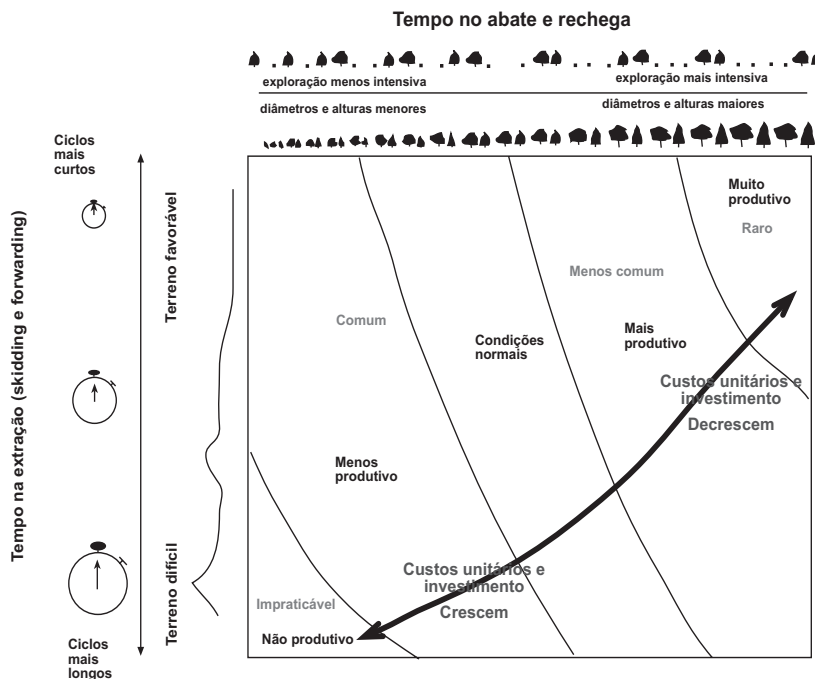


FIGURA 6.15
Paradigma da
produtividade na
exploração florestal
(Adaptada de Bick,
2014).

6.3 EXPLORAÇÃO FLORESTAL E ENERGIA

6.3.1 Sistemas de aproveitamento de biomassa florestal para energia

A biomassa florestal é a matéria orgânica que resulta do processo biológico de crescimento das árvores e outras plantas lenhosas existentes em áreas florestais. Pode resultar de um processo natural ou deliberado (processo produtivo), destinando-se a usos industriais muito variados, como matéria-prima (madeira, cortiça, pasta de papel, entre outras) ou como combustível. Uma parte dessa biomassa constitui os resíduos de exploração florestal, que sobram depois do aproveitamento de material lenhoso efetuado (sobrantes). Assim, são considerados resíduos florestais as componentes da biomassa das árvores que não possuem uma utilização direta e que normalmente ficam no solo florestal, embora possam ser utilizadas como combustível orgânico, como muitas vezes tem ocorrido ao longo do tempo. A maior quantidade é constituída por resíduos derivados dos cortes finais (folhas, ramos e bicadas, sobrantes da operação de corte).

Nas condições encontradas em Portugal a biomassa florestal tem genericamente três proveniências:

- exploração florestal de cortes finais de pinhal, talhadias de eucalipto ou irradiação de acácia;
- desbastes, desramações e podas de pinhal bravo e manso com valor comercial reduzido; também as podas de sobre e azinho estão na base de mercados com características específicas ao nível do aproveitamento da cortiça (falca) e lenhas;
- cepos provenientes de rearborezações.

A biomassa possui três parâmetros que constituem as especificações nas unidades de produção de energia e condicionam o seu destino final:

1. teor de humidade;
2. teor de inertes;
3. granulometria (dimensões do material).

Independentemente das características específicas de cada lote de biomassa, esta terá que ter um elevado grau de homogeneidade. Assim, deve evitar-se o fornecimento de lotes de biomassa com características díspares, de forma a evitar o funcionamento deficiente dos sistemas de queima que são específicos para as características referidas acima. A maior limitação à manipulação da biomassa florestal é a baixa densidade aparente, que dificulta o transporte e aumenta o seu custo. As técnicas de colheita recorrem, portanto, à redução das dimensões do material, produzindo estilhas ou comprimindo-o até alcançar valores mais altos da densidade, que reduzem os custos (Figura 6.16).

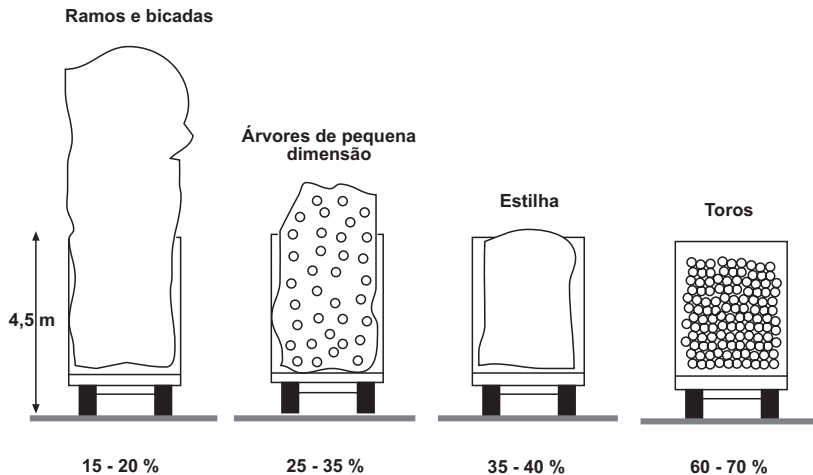


FIGURA 6.16
Aproveitamento do espaço para o mesmo volume sólido de biomassa. Volumetrias diferenciadas conforme o tipo de biomassa (ICNF, 2003).



Os sistemas de colheita da biomassa consistem no abate das árvores, separação dos resíduos e sua trituração, e transporte. Estes sistemas logísticos podem ser operacionalizados separando e empilhando os resíduos na floresta, para que sequem enquanto se procede à exploração das árvores, ficando a sua remoção para mais tarde. Em alternativa, pode optar-se por proceder de forma integrada à extração de todas as componentes em simultâneo sendo, neste caso, maior a viabilidade económica, apesar da necessidade de secagem na mata possa favorecer a primeira opção.

A trituração da biomassa poderá ser feita diretamente na mata, com sistemas autotrizes, desde que existam condições para depositar a estilha em contentores, ou outras formas de evitar a sua contaminação. Caso não seja possível ou viável proceder dessa forma, deverá recorrer-se à rechega prévia do material lenhoso para locais de concentração onde decorrerá a trituração. Nesse caso, o local terá que reunir várias condições, sendo a primeira, que é essencial, ter acesso aos meios de transporte que procederão à carga da estilha. Embora seja desejável que a trituração seja feita de forma

concentrada em locais de fácil acessibilidade, poderá ocorrer um agravamento das distâncias a percorrer na recheia. Deve, por isso, encontrar-se um ponto de compromisso que viabilize a operação no seu conjunto.

A trituração pode ser feita recorrendo a **trituradores de facas** ou **de martelos**, dependendo do grau de inertes do material a ser utilizado. Os trituradores de facas são mais adequados para a trituração de rolaria (com menor grau de inertes), produzindo uma estilha de granulometria mais homogênea e permitindo uma combustão mais eficiente. Os trituradores de martelos são mais adequados no processamento de ramos, folhas e pontas, produzindo um material mais heterogêneo e fibroso. Este material tem menos valor devido à sua combustão ser menos eficiente, ao maior teor de inertes e de humidade que pode apresentar – podendo diminuir o seu potencial energético.

Existe uma grande diversidade de máquinas que podem realizar a recolha, processamento e transporte de resíduos florestais, integradas em duas linhas básicas:

- **Sistemas móveis de trituração:** contam-se tratores com grua e com estilhaçador e reboque com contentor basculante, isto é, uma unidade completa de recolha, processamento, deposição e transporte (extração) de resíduos florestais, que permite o processamento da biomassa no local do abate. Em alternativa procede-se à recheia de biomassa para um local de trituração e a mesma é processada por um estilhaçador de grande capacidade montado em camião, ou estilhaçador fixo montado em semirreboque.
- **Sistemas de enfardamento da biomassa:** máquinas acopladas a um trator transportador que recolhem e compactam os resíduos florestais, que são enfardados sob a forma cilíndrica (Figura 6.17) e depois manipulados de forma semelhante a toros de madeira. A logística do transporte dos fardos, realizada com os mesmos camiões e carregados da mesma forma, é um sistema semelhante ao utilizado no transporte da madeira. Os fardos são manuseados com o mesmo tipo de equipamento que é utilizado para os troncos, ocupando menor espaço físico que a biomassa em bruto, o que permite melhores condições de armazenamento e transporte de biomassa.



FIGURA 6.17
Sistema de enfardamento
de biomassa.

Considerando as opções de localização da biomassa anterior ao seu processamento, poderá optar-se por duas abordagens para o tratamento da biomassa proveniente da parte aérea florestal: sem recarga prévia ou com recarga prévia ao processamento. A recarga prévia é efetuada com recurso a recheadores florestais adaptados, podendo recorrer a alguns acessórios específicos para melhorar a rentabilidade (compactadores) (Figura 6.18). Neste caso, os resíduos são recolhidos e empilhados junto dos trilhos de extração ou levados para carregadouro. A biomassa previamente transportada para carregadouro poderá ser triturada para posterior transporte (Figura 6.19).



FIGURA 6.18
Recarga prévia de
biomassa.

FIGURA 6.19

Triturador semimóvel de grande capacidade em carregadouro ou em parque de biomassa.



Considerando o caso de ausência de recheia, a trituração é feita na mata recorrendo a tratores com grua, estilhaçador e reboque com contentor basculante ou alternativas semelhantes ou com trituradores móveis, que são unidades completas de recolha, processamento, deposição e transporte (extração) de resíduos florestais (neste caso não é necessário empilhamento prévio) (Figura 6.20).

É fundamental haver grande cuidado relativamente à limpeza da biomassa nas diferentes operações, de forma a que a percentagem de contaminantes seja muito reduzida. Algumas recomendações para que essa contaminação não aconteça são:

- a) a recheia da biomassa não pode ser feita por arrasto;
- b) o local de estacionamento para posterior trituração ou carga deverá ser o mais limpo possível;
- c) a carga do material deverá ser feita com enorme cuidado.



FIGURA 6.20
Trituração na mata com
estilhaçadores móveis.



Aproveitamento de cepos

Antecedendo as ações de rearborização, principalmente em áreas de pinhal e eucaliptal, ocorrem necessariamente ações de eliminação parcial de cepos, nas quais se deve evitar a inversão dos estratos dos solos e garantir que parte da biomassa fica no terreno. Assim, o uso de baldes acoplados ao braço de giratórias deve ser evitado, optando-se por equipamentos de corte e trituração de cepos, genericamente denominados enchós ou pinças hidráulicas (Figura 5.1), cuja utilização vai permitir a remoção de apenas parte do cepo (ca. 2/3), garantindo a manutenção de um teor apropriado de matéria

orgânica do solo. Após esta operação, os cepos ficam em cavacos e uma parte destes (cerca de 20 a 40 toneladas por ha) são rechegados por meio de *forwarders* adaptados para carregador, onde são pré-triturados (triturador lento, tipo *Hammel* Figura 6.21 A), crivados para a remoção dos inertes (Figura 6.21 B), podendo em simultâneo serem triturados (Figura 6.21 C e D). Estas operações permitem reduzir drasticamente a quantidade de inertes transportada e um transporte mais eficiente da biomassa útil.

FIGURA 6.21
Pré-trituração de cepos
(A); crivagem dos cavacos
(B); visão geral do processo
de produção de biomassa
(C); produto final após
trituração (D).



Aproveitamento da árvore completa

Quando falamos em aproveitamento da árvore completa, a biomassa utilizada corresponde à parte aérea completa das árvores, isto é tronco, casca e elementos da copa. Todas as árvores são aproveitadas na íntegra para a obtenção de estilha e são provenientes de desbastes, povoamentos de baixa rentabilidade, culturas energéticas, árvores de áreas de cortes antecipados ou de emergência em situações de ocorrência de incêndios, vendáveis ou pragas e doenças. O método utilizado consiste basicamente no corte e uma primeira rechega de árvores inteiras com *feller-buncher*, seguido de movimentação para a carregadouro com trator rechegador (*skidder*), estilhaçamento das árvores e transporte para a fábrica com camiões de contentores.

Plantações dedicadas para a produção de biomassa

Atualmente têm sido desenvolvidas plantações em processos de elevada mecanização com espécies florestais de rápido crescimento, como choupo, eucalipto, salgueiros e outras folhosas com altas densidades, que permitem a produção de biomassa na forma de estilha em rotações muito curtas (ICNF, 2010). A biomassa aérea das árvores é ex-

plorada na sua totalidade e, como não é necessário separar resíduos da restante biomassa, os métodos de exploração utilizados devem o mais possível basear-se em colheita e processamento diretos das árvores inteiras (Figura 6.22).



FIGURA 6.22
Plantação de eucalipto
com 4 anos para produção
de estilha para biomassa
 $50\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.



BIBLIOGRAFIA

- AFN, 2011. *Diagnóstico territorial para o planeamento e gestão territorial*. Lisboa, AFN,.
- AGUIAR, A., M.H. ALMEIDA e N. BORRALHO. 2003. Genetic control of growth, wood density and stem characteristics of *Pinus pinaster* in Portugal. *Silva Lusit.* **11**: 131-139.
- ALBA, N., 2001. *Variabilidad genética de Populus alba L. mediante caracteres isoenzimáticos y fenotípicos. Aplicación a la selección y conservación de recursos genéticos*. Tesis doctoral. ETSI Montes. Dpto. Silvopascicultura. Universidad Politécnica Madrid, Madrid.
- ALBUQUERQUE, J.P.M. 1954. *Carta Ecológica de Portugal (1/250000)*. Lisboa, D.-G. Serviços Agrícolas, 58 pp.
- ALDHOUS, J.R. e W.L. MASON. 1994. *Forest Nursery practice*. Forestry Commission, Bulletin 111. HMSO, London, 268 pp.
- ALÍA, R.M., 2006. Características genéticas de los materiales de reproducción. Influencia sobre la calidad de planta. In: J. Cortina, J.P. Peñuelas, R. Savé e A. Vilagrosa (Eds.). *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos - Estado Actual De Conocimientos* Madrid. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente: 47-66.
- ALMEIDA, M.H. 1993 *Estudo da variabilidade geográfica em Eucalyptus globulus Labill.* Tese de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 196 pp.
- ALMEIDA, M.H. 1994. Resultados preliminares de ensaios de proveniências de *Eucalyptus globulus* Labill. em Portugal. *Revista Florestal* **7**: 3-30.
- ALVES, A.A., J.S. PEREIRA e A.V. CORREIA. 2012. *Silvicultura. A gestão dos ecossistemas florestais*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 110 pp.
- ALVES, A.A.M. 1972. *Bens e serviços florestais no quadro do planeamento económico*. Encont. Agron., Nova Lisboa,
- ALVES, A.A.M., 1982. *Técnicas de Produção Florestal – Fundamentos, tipificação e métodos*. INIC, Lisboa, 334 pp.
- ALVES, A.M., J.S. PEREIRA e A.V. CORREIA. 2012. *Silvicultura – Gestão dos Ecossistemas Florestais*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 597 pp.
- ARMAND, G., 1995. *Feuillus Précieux. Conduite Des Plantations En Ambiance Forestière*. Institut Pour Le Developpement Forestier (IDF), Paris, 112 pp.
- ARMEF-CTBA-IDF, 1993. *Manuel d'exploitation forestière*. Tome I. França, ARMEF, 442 pp.
- ASSIS, T.F. 1997. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In: *Proceedings Iufro Conference on Silviculture and Improvement Eucalyptus*. Salvador, Brasil: 300-304.
- BACHILLER, G.C. 1993. *Semillas de Arboles y Arbustos Forestales*. 4ª ed. Madrid ICONA (MAPA), 392 pp.
- BATTAGLIA, M. 1993. Seed germination physiology of *Eucalyptus delegatensis* R.T. Basker in Tasmania. *Aust. J. Bot.* **41**, 119-136.
- BEWLEY, J. D. e M. BLACK. 1994. *Seeds: physiology of development and germination*. Plenum Press, New York: 445 pp.

- BICK, S. 2014. *Logging productivity paradigm*. A Biomass Demonstration Guide for Northern Loggers. Northeastern Loggers' Association, Thendara, New York. Consultado em maio de 2017: <http://www.northeastforests.com/>.
- BONNER, F.T. 1984. *Glossary of seed germination terms for tree seed workers*. Gen. Tech. Rep. SO-49. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 4 pp.
- BONNER, F.T. 2008. Seed Biology. In: F.T. Bonner e R.P. Karrfalt (Eds.). *The Woody Plant Seed Manual* Agric. Handbook No. 727. Washington, DC. U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 3-37.
- BORRALHO, N.M.G., M.H. ALMEIDA, B.M. POTTS. 2007. O melhoramento do eucalipto em Portugal. In: A.M. Alves, J.S. Pereira e J.M.N. Silva (Eds.). *O eucalipto em Portugal. Impactes ambientais e investigação científica*. ISAPress, Lisboa, Portugal, 61-110.
- BOURGEOIS, C. 2004. *Le châtaignier: un arbre, un bois*. Les guides du sylviculteur. Forêt Privée Française, France, 347 pp.
- BOZZANO, M., R. JALONEN, E. THOMAS, D. BOSHIER, L. GALLO, S. CAVERS, S. BORDÁCS, P. SMITH, e J. LOO. 2014. *Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species*. State of the World's Forest Genetic Resources – Thematic Study. Rome, FAO and Bioversity International, 281 pp.
- BRANCO, M., C. BRANCO, H. MEROUANI e H. ALMEIDA. 2002. Germination success, survival and seedling vigour of *Quercus suber* acorns in relation to insect damage. *Forest Ecology and Management* **166**: 159-164.
- BRAUN-BLANQUET, J., A.R. PINTO DA SILVA e A. ROZEIRA. 1956. Résultats de deux excursions géobotanique à travers le Portugal septentrional & moyen II. Chenaies à feuilles caduques (*Quercion occidentale*) et chenaies à feuilles persistentes (*Quercion faginae*) au Portugal. *Agron. Lusit.* **18** (3): 167-234.
- BRISSETTE, J.C., J.P. BARNETT e T.D. LANDIS. 1991. Container seedlings. In: M.L. Duryea e P.M. Dougherty (Eds.). *Forest Regeneration Manual*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands: 117-141.
- BROOKES, P.C. e D.L. WINGSTON. 1979. Variation of morphological and chemical characteristics of acorns from populations of *Quercus pertraea* (Matt.) Liebl., *Quercus robur* L. and their hybrids. *Watsonia*, **12**, 315-324.
- BROSSE, J., 2000. *L'aventure des forêts en Occident De la préhistoire à nos jours*. Edition Jean-Claude Lattès, 497 pp.
- BURDETT, A.N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research* **20**: 415-427.
- BURKHART, H.E. e M. TOMÉ. 2012. *Modeling forest trees and stands*. Springer Netherlands, 1ª Ed., 458 pp.
- CABRERA, R.I. 1997. Comparative evaluation of nitrogen release patterns from controlled release fertilizers by nitrogen leaching analysis. *HortScience* **32**: 669-673.
- CAFSA - Coopérative Forestière et Agricole Sud Atlantique. 2007. *50 ans de forêt cultivée*, 119 pp.

- CAMPINHOS, E e Y.K. IKEMORI. 1978. *Tree improvement program of Eucalyptus ssp.: preliminary results*. FAO Third World Consultation on Forest Tree Breeding. Vol. 2. CSIRO. Canberra, Australia: 717–735.
- CANNEL, M.G.R. 1985. Dry matter partitioning in tree crops. In: M.G.R. Cannell e J.E. Jackson (Eds.). *Attributes of Trees as Crop Plants*. Institute of Terrestrial Ecology, Titus Wilson & Son, Kendal, Cumbria, England : 160-193.
- CAOF - Comissão para o Acompanhamento das Operações Florestais, 2016. *Tabela de Exploração Florestal do Eucalipto*. Lisboa. Consultado em junho de 2017: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/gf/prdflo/resource/doc/caof/exploracao-florestal-eucalipto.pdf>.
- CAP - Confederação de Agricultores de Portugal, 2006. *A motosserra e equipamentos auxiliares de tracção: sua utilização no trabalho florestal*. Manual técnico: formando. Departamento de Formação Profissional (coord. Clara Guerreiro), Lisboa, 103 pp.
- CARLE, J. e P. HOLMGREN. 2008. Wood from planted forests. *Forest Products Journal* **58** (12): 6 - 18.
- CARLSSON, B. 1999. Diagnostics on Eucalyptus and Pine Operations. Portucel, ciclost,
- CARRASQUINHO DE FREITAS, M.I. 2002. Propagação vegetativa de sobreiros selecionados. *Silva Lusitana* **10** (1): 17-52.
- CARVALHO, E.F. 2003. *Avaliação do efeito do substrato e contentor na qualidade das plantas de pinheiro manso*. Relatório Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Florestal do Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 60 pp.
- CELPA, 2016. *Boletim estatístico da indústria papelreira portuguesa 2015*. Lisboa, Celpa, 96 pp.
- CEMAGREF 1987 *Guide Technique du forestier méditerranéen français*. Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Aix-en-Provence.
- CHAPERON, H. 1987. Vegetative propagation of *Eucalyptus*. In: *Anais Symposium sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales*. Buenos Aires, C.I.E.F., v1: 215-223.
- CLIMENT, J., J. GARCIA e J.A. PARDOS. 1997. Evaluación de un ensayo de progenies e *Pinus sylvestris*, procedencia Sierra de Guadarrama. In: *Livro de Actas I Congreso Forestal Hispano - Luso, II Congreso Forestal Español*. Irati, 23 -27 de junho, 153 - 158.
- COLOMBO, S.J. 2001. Fundamentals to improve the quality of Broadleaved Seedlings Produced in Tree Nurseries. In: L. Ciccarese, S. Luci e A. Mattsson (Eds.). *Proceedings Nursery Production and Stand Establishment of Broadleaves to Promote Sustainable Forest Management*. ANPA – IUFRO – Dalarma University Conf. Roma, Italia, 7 - 10 Maio: 49-61.
- CORREIA, I., L. SANTOS, C. FARIA, C. NÓBREGA, H. ALMEIDA e T. DAVID. 2014. Cone to seedling - variation between *Pinus pinaster* provenances from contrasting altitudes. *Forest Science* **60** (4): 724-732.
- CORREIA, I., M.H. ALMEIDA e A. AGUIAR. 2003. Variabilidade do Crescimento e da Forma de Proveniências de *Pinus pinaster* Aiton aos 8 anos, na Mata Nacional do Escaroupim. *Silva Lusitana* **12**: 151-182.

- CORREIA, I., M.H. ALMEIDA, A. AGUIAR, R. ALIA, T.S. DAVID e J.S. PEREIRA. 2008. Variations in growth, survival and carbon isotope composition ($\delta C-13$) among *Pinus pinaster* populations of different geographic origins. *Tree physiology* **28**: 1545-1552.
- CORTINA, J., R.M. NAVARRO e A.D. CAMPO. 2006. Evaluación del éxito de la reintroducción de especies leñosas en ambientes Mediterráneos. Cap. 1. In: J. Cortina, J. L. Peñuelas, J. Puértolas, A. Vilagrosa, e R. Savé, (Eds.). *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos. Estado actual de conocimientos*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid: 11-31.
- COSTA E SILVA, F., S. MOURA, M.H. ALMEIDA, M.R. CHAMBEL e C. PEREIRA. 2001. Cork oak seedling production: container capacity and substrate effect on seedling performance. In: L. Ciccicarese, S. Lucci e A. Mattsson (Eds.). *Nursery Production and stand Establishment of Broadleaves to promote sustainable forest management*. ANPA – IUFRO – Dalarma University Conf. Roma, Italia, 7 - 10 Maio: 171-178.
- COSTA E SILVA, J., N. BORRALHO, J.A. ARAÚJO, R. VAILLANCOURT e B.M. POTTS. 2009. Genetic parameters for growth, wood density and pulp yield in *Eucalyptus globulus*. *Tree Genetics & Genomes* **5**: 291-305.
- COTTERILL, P.P., C.A. DEAN e G. VAN WYCK. 1987. Additive and dominance effects in *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* and *Pinus elliottii* and some implications for breeding strategy. *Silvae Genetica* **36**: 221-232.
- DESTREMAU, D. X., P. ALAZARD e H. CHAPERON. 1982. Monographie génétique de *Pinus pinaster*. *Annales forestales*. Academia Scientiarum et Artium Slavorum Meridionalium, Zagreb, 26 pp.
- DEXTER, S.T., W.E. TOOTTINGHAM e L.F. GRABER. 1930. Preliminary results in measuring the hardness of plants. *Plant Physiology* **5**: 215-230.
- DICENTA, F., J.E. GARCIA e E.A. CARBONELL. 1993. Heritability of flowering, productivity and maturity in almond. *J Hortic Sci* **68**:113-120.
- DICKMANN, D.I. 1985. The Ideotype Concept Applied to Forest Trees. In: M.G.R. Cannell e J.E. Jackson (Eds.). *Attributes of Trees as Crop Plants*. Institute of Terrestrial Ecology, Titus Wilson & Son, Kendal, Cumbria, England: 89-101.
- DI-GIOVANNI, F. e P.G. KEVAN. 1991. Factors affecting pollen dynamics and its importance to pollen contamination; a review. *Can. J. For. Res.* **21**: 1155-1170.
- DUFLOT, H., 1995. *Le frêne en liberté*. Institut pour le Developpement Forestier (IDF), Paris, 192 pp.
- DUMROESE, R.K., D.F. JACOBS e T.D. LANDIS. 2005. Successful Stock Production for Forest Regeneration: What Foresters Should Ask Nursery Managers About Their Crops (and Vice Versa). In: S.J. Colombo (comp.). *The Thin Green Line: A symposium on the state-of-the-art in reforestation Proceedings*. Thunder Bay, ON. 26-28 July 2005. Ont. Min. Nat. Resour., Ont. For. Res. Inst., Sault Ste. Marie, ON. For. Res. Inf. Pap. No. 160-169: 14-20.

- DURYEA, M.L. 1985. Evaluating seedling quality: importance to reforestation. In: M.L. Duryea (Ed.). *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis: 1-6.
- EMBERGER, L., H. GAUSSEN, M. KASAS e A. DEPHILIPPIS. 1963. *Carte Bioclimatique de la Zone Mediterraneenne*. Unesco, Paris,
- ERIKSSON G., M.C. VARELA, R. LUMARET e L. GIL. 2017. *Genetic conservation and management of Quercus suber. Technical Bulletin*. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), Bioversity International, Rome, Italy, 43 pp.
- ERIKSSON, G., I. EKBERG e D. CLAPHAM. 2013. *Genetics Applied to Forestry An Introduction*, 3rd ed. Dept. Plant Biology and Forest Genetics, Uppsala, Sweden, 206 pp.
- EYMAR E., C. CADAHIA, A. SÁNCHEZ e A. LÓPEZ-VELA. 2000. Combined effect of slow release fertilizer and fertirrigation on nutrient use of *Cupressus glabra* grown in nursery conditions. *Agrochimica XLIV*: 39-48.
- FAO. 2010. *Global Forest Resources Assessment 2010 – Main Report*. FAO Forestry Paper 163. FAO, Rome, 340 pp.
- FAO. 2015. *Global Forest Resources Assessment 2015 – Desk reference*. Rome, FAO, 248 pp. Consultado em dezembro de 2016: <http://www.fao.org/3/a-i4808e.pdf>.
- FAO. 2016. *Planted Forests*. Consultado em Dezembro de 2016: <http://www.fao.org/forestry/plantedforests/67504/en/>.
- FARIA C. e M.H. ALMEIDA. 2013. *Materiais Florestais de Reprodução de Espécies Lenhosas Ribeirinhas – Manual de Boas Práticas*. Fundo EDP para a Biodiversidade. ISA Press, Lisboa, 58 pp.
- FINCH-SAVAGE, W.E. 1992. Seed water status and survival in the recalcitrant species *Quercus robur* L.: evidence for a critical moisture content. *J. Exp. Bot.* **43**: 671-679.
- FU, X.Y., W.P. MO, J.Y. ZHANG, L.Y. ZHOU, H.C. WANG e X.M. HUANG. 2014. Shoot growth pattern and quantifying flush maturity with SPAD value in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Scientia Horticulturae* **174**: 29-35.
- GARCÍA-TEJERO, I.F., J.M. COSTA, R. EGIPTO, V.H. DURÁN-ZUAZO, R.S.N. Lima, C.M. Lopes e M.M. Chaves. 2016. Thermal data to monitor crop-water status in irrigated Mediterranean viticulture. *Agricultural Water Management* **176**: 80-90.
- GASPAR, M., J. LOUZADA, M. SILVA, A. AGUIAR e H. ALMEIDA. 2008. Age trends in genetic parameters of wood density components in 46 half-sibling families of *Pinus pinaster* Ait. *Can. J. Forest Res.* **38**: 1470-1477.
- GATES, D.M. 1993. *Climate Change and its Biological Consequences*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, 280 pp.
- GIANNINI, R., M. CAPUANA e A. GIOVANNELLI. 1999. Produção de Plantas. In: E. Teissier du Cros, M. Ducrey, D. Barthelemy, C. Pichot, R. Giannini, P. Raddi, A. Roques, L.J. Sales e B. Thibaut (Eds.). *O Cipreste*. Manual Técnico, Studio Leonardo, Florença: 45-54.

- GONZÁLEZ, V., E. TOLOSANA, Y. AMBROSIO, R. LAÍNA e S. VIGNOTE. 2014. *Manual de mecanización de los aprovechamientos forestales*. Ed. Mundi-Prensa, 376 pp.
- GORDON, A.G. e D.C.F. ROWE. 1982. *Seed manual of ornamental trees and shrubs*. Forestry Commission, Bulletin 59. HMSO, London, 132 pp.
- GRANT, O.M., L. TRONINA, J.R. COCHICHO, C. KURZ-BESSON, R. LOBO DO VALE, J. SANTOS PEREIRA, H.G. JONES e M.M. CHAVES. 2010. The impact of drought on leaf physiology of *Quercus suber* L. trees: comparison of an extreme drought event with chronic rainfall reduction. *Journal of Experimental Botany* **61**: 4361-4371.
- GRANT, O.M., M.M. CHAVES e H.G. JONES. 2006. Optimizing thermal imaging as a technique for detecting stomatal closure induced by drought stress under greenhouse conditions. *Physiologia Plantarum* **127**: 507-518.
- GROSSNICKLE, S.C. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* **43**:711-738.
- GUIDI, L. e A. CALATAYUD. 2014. Non-invasive tools to estimate stress-induced changes in photosynthetic performance in plants inhabiting Mediterranean areas. *Environmental and Experimental Botany* **103**: 42-52.
- HAKAMATA T., Y. HIRAOKA, S. YAMAMOTO e K. KATO. 2016. Effect of family, crown position, number of winter buds, fresh weight and the length of needle on rooting ability of *Pinus thunbergii* Parl. cuttings. *iForest - Biogeosciences and Forestry* **9**: 370-374.
- HARBARD, J.L., R. GRIFFIN e J.E. ESPEJO. 1999. Mass controlled pollination of *Eucalyptus*. *Canadian Journal of Forest Research* **29**: 1457-1463.
- HARTMANN, H.T., D.E. KESTER, F.T. DAVIES JR. e R.L. GENEVE. 1997. *Plant propagation: principles and practices*. Sixth Edition, Prentice-Hall, New Jersey, 770 pp.
- HARTMANN, H.T., D.E. KESTER, F.T. DAVIES JR. e R.L. GENEVE. 2014. *Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices*, Eighth Edition, Pearson Education, Inc., 922 pp.
- HIERRO, R. S. 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Fundación Conde del Valle de Salazar, 435 pp.
- HONG, T.D. e R.H. ELLIS. 1990. A comparison of maturation drying, germination, and desiccation tolerance between developing seeds of *Acer pseudoplatanus* L. and *Acer platanoides* L. *New Phytologist* **116**: 589-596.
- HUBERT, M. e R. COURRAUD. 1994. *Èlagage et taille de formation des arbres forestiers*. Institut pour le Developpement Forestier (IDF). 2ième édition, Paris, 245 pp.
- HUXLEY, P.A. 1985. The Basis of Selection, Management and Evaluation of Multipurpose Trees - An Overview. In: M.G.R. Cannell e J.E. Jackson (Eds.). *Attributes of Trees as Crop Plants*. Institute of Terrestrial Ecology, Titus Wilson & Son, Kendal, Cumbria, England: 13-35.
- ICNF, 2003. *Princípios de Boas Práticas Florestais*. Direcção Geral das Florestas, Lisboa, 152 pp. Consultado em Maio de 2017: <http://www.icnf.pt/portal/icnf/serv/biblioteca/resource/ficheiros/boas-praticas-florestais/view>.

- ICNF, 2010. *Culturas energéticas florestais. Primeira Abordagem do Levantamento da Situação Actual*. Direcção Nacional das Fileiras Florestais, Lisboa, 30 pp. Consultado em maio de 2017: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/resource/docs/biom/biomass-gtce-jun10>.
- ICNF. 2013. IFN6 - Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal Continental. Resultados preliminares. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, Lisboa, Portugal, 34 pp.
- ILO - Organização Internacional do Trabalho, 1998. *Safety and Health in Forestry Work*. Genève, 132 pp.
- INGESTAD T. 1979. Mineral nutrient requirement of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *Physiologia Plantarum* **45**: 373-380.
- JONES, L.R. 1961 em Kozłowski, T.T. 1971. *Growth and Development of trees*. Volume I: *Seed Germination, Ontogeny and Shoot Growth*. University of Wisconsin. New York: Academic Press, 460 pp.
- JONES, R.C., R.E. VAILLANCOURT, P.L. GORE e B.M. POTTS. 2011. Genetic control of flowering time in *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. *Tree Genetics & Genomes* **7** (6): 1209-1218.
- KARRFALT, R.P. 2008. Seed Harvesting and Conditioning. In: F.T. Bonner e R.P. Karrfalt (Eds.). *The Woody Plant Seed Manual Agric. Handbook No. 727*. Washington, DC. U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 57-83.
- KELLY, D. e V.L. SORK. 2002. Mast Seeding in Perennial Plant: Why? How? Where? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **33**: 427-447.
- KOENING, W.D e J.M.H. KNOPS. 2005. The Mystery of Masting Trees. *American scientist* **93**: 340- 347.
- KOENING, W.D. e J.M.H. KNOPS. 2000. Patterns of annual seed production by Northern Hemisphere trees: a global perspective. *American Naturalist* **155**: 59-69.
- KOENING, W.D., J.M.H. KNOPS, W.J. CARMEN E I. S. PEARSE 2015 What drives masting? The phenological synchrony hypothesis. *Ecology*, **96**: 184-192
- KOLLER, D. 1972. Environmental control of seed germination. In: *Seed Biology*, ed. T.T. Kozłowski, New York: Academic Press: 1-101.
- KONNERT, M., B. FADY, D. GÖMÖRY, S. A'HARA, F. WOLTER, F. DUCCI, J. KOSKELA, M. BOZZANO, T. MAATEN e J. KOWALCZYK. 2015. *Use and transfer of forest reproductive material in Europe in the context of climate change*. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), Bioversity International, Rome, Italy, xvi, 75 pp.
- KOZŁOWSKI, T.T. 1971. *Growth and Development of Trees*. Vol. 2. New York, Academic Press, 514 pp.
- KRAMER, P.J. e T. KOZŁOWSKI 1972. *Fisiologia das Árvores*. Fundação Calouste Gulbenkian, 745 pp.
- KREMER, A. 1981. Déterminisme génétique de la croissance en hauteur du Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait). 2. Comportement interannuel, interaction genotype * année. *Ann. Fo. Sci.* **38**: 192-222.
- KRUSCHE, D., B.L. DAS e B.R. STEPHAN. 1980. Results of a Progeny test with *Pinus sylvestris* and Estimation of Genetic Gains from Different Selection methods. *Silvae Genetica* **29** (3/4): 122-129.

- LANDIS, T. D. 1995. *The Container Tree Nursery Manual, Volume 1. Nursery Planning, Development, and Management*. Agric. Handbook 674. Washington. D.C: U.S. Department of Agriculture. Forest Service, 188 pp.
- LANDIS, T.D., R.W. TINUS e J.P. BARNETT. 1998. *The Container Tree Nursery Manual, Volume 6. Seedling Propagation*. Agric. Handbook. 674. Washington. D.C: U.S. Department of Agriculture. Forest Service, 166 pp.
- LANDIS, T.D., R.W. TINUS, S.E. MCDONALD e J.P. BARNETT. 1989. *The Container Tree Nursery Manual, Volume 4. Seedling nutrition and irrigation*. Agric. Handbook 674. Washington. D.C: U.S. Department of Agriculture. Forest Service, 119 pp.
- LANDIS, T.D., R.W. TINUS, S.E. MCDONALD, J.P. BARNETT. 1990. *The Container Tree Nursery Manual Vol 2, Containers and growing media.*, Agric. Handbook 674. Washington. D.C: U.S. Department of Agriculture. Forest Service, 88 pp.
- LIN, T.P. e N.H. HUANG. 1994. The relationship between carbohydrate composition of some tree seed and their longevity. *Journal of Experimental Botany*. **45** (278): 1289-1294.
- LINCE DE OLIVEIRA, J.A. 1970. Ecologia Florestal. Classificações climáticas e Bioclimáticas. Apontamentos das Aulas (Não publicado). Lisboa, Instituto Superior de Agronomia.
- LINDENMAYER, D.B., J.F. FRANKLIN e J. FISCHER. 2006. General Management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation* **131**: 433-445.
- LOURO, G. 1999. *Avaliação da Aplicação de Programas de Apoio à Floresta na Região do Algarve*. Ministério de Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direção Geral das Florestas, Lisboa, 32 pp.
- LOURO, G. 1999. *Avaliação da Aplicação de Programas de Apoio à Floresta na Região do Algarve*. Ministério de Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direção Geral das Florestas, 32 pp.
- LOURO, V. e P. CABRITA. 1985. *Pseudotsuga: estudo de sucessos e insucessos pós-plantação*. Direção Geral das Florestas, Lisboa, 77 pp.
- LOUZADA, J.L.P.C e F.M.A. FONSECA. 2002. The heritability of wood density components in *Pinus pinaster* Ait., and implications for tree breeding. *Ann. For. Sci.* **59**: 867-873.
- MARGOLIS, H.A. e D.G. BRAND. 1990. An ecophysiological basis for understanding plantation establishment. *Canadian Journal of Forest Research* **20**: 375-390.
- MARQUES, H., G. PINTO, P. PINTO E C. TEIXEIRA. 2012. *Regiões de Proveniência - Portugal*. Autoridade Florestal Nacional, 88 pp. Consultado em fevereiro de 2018: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/gf/ps/resource/doc/reg-prov/reg-prov12>.
- MARTÍNEZ, J.R.R. 2003. *Viveros Forestales – Manual de cultivo y proyectos*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 281 pp.
- MATHEWS, J.D. 1963. Factors affecting the production of seed by forest trees. *Forestry Abstracts* **24**: i-xiii.

- MATTSSON, A. 1991. Root growth measurements in the nursery as a mean to reduce establishment costs. In: M.I. Menzies, G.E. Parrott e L.J. Whitehouse (Eds.). *Proceedings Efficiency of stand Establishment Operations*. IUFRO symposium, Rotorua, New Zealand. FRI Bulletin 156: 67–71.
- MATTSSON, A. 1996. Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forest* **13**: 227–252.
- MATYAS, V. 1969. *Weather influence on Beech flowering*. Second FAO/IUFRO World Consultation on Forest Tree Breeding, Washington, D.C., nº NO-FTB-6911/12, 12 pp.
- MATZIRIS, D.I. 1994. Genetic variation in the phenology of flowering in Black Pine. *Silvae Genetica* **43**:321–328.
- MAUGÉ, J. M., P. ALAZARD, J.P.H. CASTAING e D. LEVADOU. 1976. *Critères de sélection pour la croissance en hauteur du Pin maritime*. Ann. Rech. Sylv. AFOCEL, 331-350.
- MCKAY, H. e I.M.S. WHITE. 1997 Fine root electrolyte leakage and moisture content: indices of Sitka spruce and Douglas-fir seedling performance after desiccation. *New Forests* **13**: 139-162.
- MCKAY, H.M. 1996. A review of effect of stresses between lifting and planting on nursery stock quality and performance. *New Forests* **13**: 369-399.
- MCPFE, 1993. *Resolution H1: General Guidelines for the Sustainable Management of Forests in Europe*.
- MEROUANI H., C. BRANCO, M.H. ALMEIDA e J.S. PEREIRA. 2001c. Effects of acorn storage duration and parental tree on emergence and physiological status Cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Annals of Forest Science* **58**: 543-554.
- MEROUANI, H., C. BRANCO, M.H. ALMEIDA e J.S. PEREIRA. 2001a. A conservação a longo prazo de sementes do sobreiro. Manual prático. FAIR5- CT97-3480. G. Priod, I. Monteleone e P. Belletti (Eds.), DIVAPRA Agricultural Genetics, University Of Turin, Italy, 24 pp.
- MEROUANI, H., C. BRANCO, M.H. ALMEIDA e J.S. PEREIRA. 2001b. Comportement physiologique des glands de chêne liège (*Quercus suber* L.) durant leur conservation et variabilité inter-individus producteurs. *Annals of Forest Science* **58**: 143-153.
- MEROUANI, H., L.M. APOLINÁRIO, M.H. ALMEIDA e J.S. PEREIRA. 2003. Morphological and physiological maturation of acorns of cork oak (*Quercus suber* L.). *Seed Science and Technology* **31**: 111-124.
- MEROUANI, H., R. TRUBAT, M.J. LOURENÇO, T. SAMPAIO, M.L. SANTOS, J. CORTINA, J.S. PEREIRA e M.H. ALMEIDA. 2005. *Le développement de champignons, un facteur limitant la conservation à long terme des glands de chêne-liège (Quercus suber L.)*. 4º Meeting IOLB, Hammamet, Tunisia 5-9 Octobre 2004. Boletim de IOLB 28(8): 129-136.
- MORGENSTERN, E.K. 1996. *Geographic Variation in Forest Trees: Genetic Basis and Application of knowledge in Silviculture*. UBC Press, Vancouver, Canada, 209 pp.
- MOSSELER, A. 1998. Minimum Viable Population size and the conservation of Forest Genetic Resources. In: S. Puri (Ed.). *Tree Improvement*. Science Publishers, Inc. USA: 191- 205.

- MUHS, H.J. 1995. The homogeneity, identification and classification of provenances, regions of provenance and seed orchards. In: D. Terrasson (Ed.). *Proceedings of Quality of forest reproductive material in the field of the application of European Community rules*. 9-10 December, Editions Cemagref, Paris, 25-43.
- MUSCH, B. e A. VALADON. 2004. *Diversité génétique des arbres forestiers: un enjeu de gestion ordinaire*. Rendez-vous Techniques de l'ONF, Hors-série n° 1, 129 pp.
- MUTKE S., J. GORDO e L. GIL. 2005. Variability of Mediterranean Stone pine cone production: Yield loss as response to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* **132**: 263-272.
- NAMKOONG, G. 1969. Nonoptimality of local races. In: *Proceedings of the 10th Southern Conference on Forest Tree Improvement*. Texas Forest Service and Texas A&M Univ., College Station, Houston, Texas, 149-153.
- NAMKOONG, G., T. BOYLE, H.R. GREGORIUS, H. JOLY, O. SAVOLAINEN, W. RATNAM e A. YOUNG. 1996. *Testing Criteria and Indicators for assessing the Sustainability of Forest management: Genetic criteria and Indicators*. CIFOR Working Paper n° 10. CIFOR, Bogor, Indonesia, 16 pp.
- NAVARRO, R.M. e G. PALACIOS. 2004. Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. In: *Actas de la III Reunión sobre Repoblaciones Forestales*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 17. CEMACAM 17-19 de Noviembre 2003. Sociedad Española de Ciencias Forestales, Murcia: 199-204.
- NAVARRO, R.M., A. DEL CAMPO e J. CORTINA. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. In: J. Cortina, J.L. Peñuelas, J. Puértolas, R. Savé e A. Vilagrosa. (Eds.). *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos Estado actual de conocimientos*. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid: 31-46.
- NELSON, C.D. e C.G. TAUER. 1987. Genetic variation in juvenile characters of *Populus deltoides* Bartr. from the southern Great Plains. *Silvae Genet.* **36** : 216-221.
- NIKOALEVA, M.G. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. In: A. Khan (Ed.). *Physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. Elsevier, Holland: 51-54.
- NIU, S., H. YUAN, X. SUN, I. PORTH, Y. LI, Y.A. EL-KASSABY e W. LI. 2016. A transcriptomics investigation into pine reproductive organ development. *New Phytologist* **209** (3): 1278-1289.
- NOVEMBRE, A.D.L.C. 2001. *Avaliação da qualidade de sementes*. Consultado em fevereiro de 2018 www.seednews.inf.br/portugues/seed53/artigocapa53.shtml.
- NUNES A.M., ALMEIDA, M.H., MONTEIRO M.L., PATRÍCIO M.S. 2008 Resultados Preliminares Em Ensaio Genéticos De Sobreiro. Orientações Para A Realização De Cortes De Formação. Projecto FFP n° 2005.09.002239.2 (MADRP – IFAP). Ed: FFPF.

- OLIET, J.A., A. VALDECANTOS, J. PUÉRTOLAS e R. TRUBAT. 2006. Influencia del estado nutricional y el contenido en carbohidratos en el establecimiento de las plantaciones. In: J. Cortina, J.L. Peñuelas, J. Puértolas, R. Savé e A. Vilagrosa. (Eds.). *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos Estado actual de conocimientos*. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid: 89-117.
- OLIVEIRA, A.C., J.S. PEREIRA e A.V. CORREIA. 2000. *A silvicultura do pinheiro bravo*. Ed. Centro Pinus, Porto, 113 pp.
- OROZCO-SEGOVIA, A., M.E. SANCHEZ-CORONADO e C. VÁZQUEZYANES. 1993. Light environment and phytochrome controlled germination in *Piper auritum*. *Funct. Ecol.* **7**(5): 585-590.
- PACHECO-LABRADOR, J., R. GONZÁLEZ-CASCÓN, M.P. MARTÍNA e D. RIANO. 2014. Understanding the optical responses of leaf nitrogen in Mediterranean Holm oak (*Quercus ilex*) using field spectroscopy. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* **26**:105-118.
- PADRÓ, A. 1987. *Creación y selección de nuevos híbridos euroamericanos de chopo en el marco de la mejora genética del género Populus en España*. Tesis doctoral. ETSIM, Madrid, 224 pp.
- PAGTER, M., F. LIU, C. JENSEN e K. PETERSEN. 2008. Effects of chilling temperatures and short photoperiod on PSII function, sugar concentrations and xylem sap ABA concentrations in two *Hydrangea* species. *Plant Science* **175**: 547-555.
- PALLARDY, S.G. 2008. *Physiology of woody plants*. 3rd ed. USA, Elsevier, 454 pp.
- PÂQUES, L. 1992. L'amélioration génétique des essences forestières. *Forêt-entreprise* n°96-1994/2-3.
- PÂQUES, L.E. 2013. Introduction. In : L.E. Pâques (Ed.). *Forest Tree Breeding in Europe: Current State-of-the-Art and Perspectives*. Managing Forest Ecosystems Series: 25, Springer: 1-9.
- PAUSAS, J.G., C. BLADÉ, A. VALDECANTOS, J.P. SEVA, D. FUENTES, J.A. ALLOZA, A. VILAGROSA, S. BAUTISTA, J. CORTINA e R. VALLEJO. 2004. Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes: New perspectives for an old practice-a review. *Plant Ecology* **171**: 209-220.
- PEREIRA, J. S. 2014. *O Futuro da Floresta em Portugal*. Ensaios da Fundação Francisco Manuel dos Santos, Lisboa, 110 pp.
- PEREIRA, J.S., A.V. CORREIA, A.C. CORREIA, M.T. FERREIRA, N. ONOFRE, H. FREITAS e F. GODINHO. 2006. Florestas e Biodiversidade. In: F.D. Santos e P. Miranda (Eds.). *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactes e Medidas de Adaptação*. Lisboa, Gradiva: 301-343.
- PERRY, D.H. 1967. *Importation of breeding material of Pinus pinaster Ait. from Portugal*. Forests Department of Western Australia, Bulletin n° 75. Perth, Australia, 66 pp.
- PERSON, A. 1972. Studies on the basic density in mother trees and progenies of pine. *Studia Forestalia Suecica* **96**: 1-37.
- PHARIS, R.P. 1976. Manipulation of flowering in conifers through the use of plant hormones. In: J.P. Miksche (Ed.) *Modern methods in forest genetics*. Springer, Berlin: 265-282.

- PICHOT, C. e E. TEISSIER DU CROS. 1989. Estimation of genetic parameters in eastern cottonwood (*Populus deltoids* Bartr.). Consequence for the breeding strategy. *Ann.Sci. For.* **46**: 307-324.
- PINHO, J.R. 2012. Planos Regionais de Ordenamento Florestal e Planos de Gestão Florestal – Caixa IX. In: A.M. Alves, J.S Pereira e AV. Correia. *Silvicultura – A Gestão dos Ecossistemas Florestais*. Fundação Calouste Gulbenkian: 62-65.
- PIRES, I.E., M.D.V. RESENDE, R.L. SILVA, M.F.R. RESENDE JR. 2011. *Genética Florestal*. Viçosa, MG, Arka, 319 pp.
- PORTH, I. e Y.A. EL-KASSABY. 2014. Assessment of the Genetic Diversity in Forest Tree Populations Using Molecular Markers. *Diversity* **6**: 283-295.
- POT, D., G. CHANTRE, P. ROSENBERG, J.C. RODRIGUES, G.L. JONES, H. PEREIRA, B. HANRUP, C. CAHALAN e C. PLOMION. 2002. Genetic control of pulp and timber properties in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait). *Ann. For. Sci.* **59**: 563-575.
- POURTET, J. 1964. *Les repeuplements artificiels*. Ec. Nat. des Eaux et Forêts, Nancy, 238 pp.
- PRADA, M.A. 2009. Manipulação de sementes. In: M.A. Prada e D. Arizpe (Eds.). *Guia de Propagação de Árvores e Arbustos Ribeirinhos – Um Contributo para o Restauro de Rios na Região Mediterrânica*. Ed. ISA Press: 152-157.
- PRETSZCH, H. 2009. *Forest Dynamics, Growth and Yield: From Measurement to Model*. Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin, 664 pp.
- RADICH, M.C. e A.A.M. ALVES. 2000. *Dois séculos de Floresta em Portugal*. Ed. Celpa, 226 pp.
- RAMÍREZ-VALIENTE, J.A., F. VALLADARES e I. ARANDA. 2014. Exploring the impact of neutral evolution on intrapopulation genetic differentiation in functional traits in a long-lived plant. *Tree Genet. Genomes* **10** (5): 1181-1190.
- REZENDE, G.S.P. e C. MARQUES. 2012. Plantações clonais de eucalipto. In: A.A. Alves, J.S. Pereira e A.V. Correia. *Silvicultura – A gestão dos ecossistemas florestais*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 597 pp.
- RIBEIRO, D., H. RIBEIRO e V. LOURO. 2001. *Produção em Viveiros Florestais*. DGDRural/DDTI, Lisboa, 149 pp.
- RIBEIRO, H., D. RIBEIRO, J. QUELHAS-DOS-SANTOS, 1999 – Relatório Final do Projeto PAMAF IED 4080 “Utilização de resíduos na formulação de substratos para a produção de plantas”. Instituto Superior de Agronomia e Direção Geral das Florestas.
- RITCHIE, G.A. 1984. Assessing seedling quality. In: M.L. Duryea e T.D. Landis (Eds.). *Forest nursery manual: production of bareroot seedlings*. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, Ore.: 243-259.
- RITCHIE, G.A. 1994. Commercial Application of Adventitious Rooting to Forestry. In: T.D. Davis e B.E. Haissig (Eds.). *Biology of Adventitious Root Formation. Basic Life Sciences*. Vol 62. Springer, Boston, MA: 37-52.
- ROULUND, H. 1975. The effect of the cyclophysis and the topophysis on the rooting ability and behaviour of Norway spruce cuttings. *Acta Horticulturae* **54**: 39-50.

- SAMPAIO, T., M. BRANCO, E. GUICHOUX, R. J. PETIT, J. S. PEREIRA, M. C. VARELA e M.H. ALMEIDA. 2016. Does the geography of cork oak origin influence budburst and leaf pest damage? *Forest Ecology and Management* **373**: 33-43.
- SAVILL, P. e J. EVANS. 1986. *Plantation Silviculture in Temperate Regions. With special reference to the British Isles*. Oxford University Press, 246 pp.
- SAVILL, P., J. EVANS, D. AUCLAIR e J. FALCK. 1997. *Plantation Silviculture in Europe*. Oxford University Press, 297 pp.
- SCHOLANDER, P.F., H.T. HAMMEL, E.A. HEMINGSEN e E.D. BRADSTREET. 1965. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. In: *Proceedings of the National Academy Science*, v.51: 119-125.
- Second MCPFE 16-17 June 1993, Helsinki/Finland, 5 pp.
- SIMPSON, D.G. e G.A. RITCHIE. 1997. Does RGP predict field performance? A debate. *New Forests* **13**: 253-277.
- SOUTH, D.B. 2000. *Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth*. Forestry and Wildlife Research Series N.º1. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama, 12 pp.
- SPINELLI, R., P. OWENDE e S. WARD. 2002. Productivity and cost of CTL harvesting of *Eucalyptus globulus* stands using excavator-based harvesters. *Forest Products Journal* **52**(1): 67-77.
- STANLEY, L.K., W.I. STEIT, e D.M. SCHMIDT. 1974. Seed Biology. In: *Seeds of Woody Plants in the United States*. Agricultural Handbook n° 450. Forest Service, USDA, Washington D.C.: 5-33.
- STEIN, W.I., P.E. SLABAUGH e A.P. PLUMMER. 1974 Harvesting, processing and storage of fruits and seeds. In: *Seeds of woody plants in the United States*. Agricultural Handbook n° 450, Forest Service, USDA, Washington D.C.: 98-121.
- STITT, M. 1991. Rising CO₂ levels and their potential significance for carbon flow in photosynthetic cells. *Plant, Cell and Environment* **14**: 741-762.
- THOMAS, E., R. JALONEN, J. LOO, D. BOSHIER, L. GALLO, S. CAVERS, S. BORDÁCS, P. SMITH e M. BOZZANO. 2014. Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. *Forest Ecology Management* **333**: 66-75.
- TOLOSANA, E., V. GONZÁLEZ e S. VIGNOTE. 2000. *El aprovechamiento maderero*. Ed. Mundi-Prensa, 575 pp.
- Trenkel, M.E. 2010 - Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers, International Fertilizer Industry Association (IFA).
- VALDIVIESO T., M. PIMPÃO, C.S. TRINDADE e M.C. VARELA. 2017. Reproductive phenology of *Pinus pinea*. In: I. Carrasquinho, A.C. Correia e S. Mutke (Eds). *Mediterranean Pine Nuts from Forest and Plantations*. Options Méditerranéennes. SÉRIE A: Mediterranean Seminars nr. 122. CIHEAM. Zaragoza: 63-68.
- VARELA M.C., T. VALDIVIESO, E. NOVELLI, e C.S. TRINDADE. 2016. Flower bud differentiation in *Quercus suber* L. *Southeast European Forestry* **7** (1): 65-70.
- VARELA, M.C. 2000. Handbook of the Concerted Action European network for the evaluation of genetic resources of cork oak for appropriate use in breeding and gene conservation strategies. Funded by EC FAIR Programme. INIA, Estação Florestal Nacional, Lisboa, 115 pp.

- VASQUEZ, G. 1938. *Selvicultura*. Inst.For.Inv.y Exp., Valencia.
- VELLING, P.M. e P.M.A. TIGERSTEDT. 1984. Harvest Index in a progeny test of Scots pine with reference to the model of selection. *Silvae Fennica* **18** (1): 21-32.
- VILAGROSA, A., J.P. SEVA, A. VALDECANTOS, N. HERNÁNDEZ, J. CORTINA, J.Y. BELLOT, V.R. VALLEJO. 1997. Una nueva técnica viverística para la introducción de plantones de *Quercus* sp. en clima seco y semiárido. In: F.P. Tricas e M. Rivas, (Eds.). *Montes del futuro: respuestas ante un mundo en cambio*. SECF, Pamplona, 667-672.
- VILLAR-SALVADOR, P. 2003. Importancia de la Calidad de Planta en los Proyectos de Revegetación. In: J.M. Rey-Benayas, T. Espigares Pinilla e J.M. Nicolau Ibarra (Eds.). *Restauración de Ecosistemas Mediterráneos*. Universidad de Alcalá / Asociación Española de Ecología Terrestre: 65-86.
- VILLAR-SALVADOR, P., J. PUÉRTOLAS, B. CUESTA, J.L. PEÑUELAS, M. USCOLA, N. HEREDIA-GUERRERO e J.M. REY-BENAYAS. 2012. Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling survival in Mediterranean plantations. Insights from an ecophysiological conceptual model of plant survival. *New Forest* **43**: 755-770.
- WALTER, G.A. e J.K. FRANCIS. 2008. *Cryptomeria japonica* (L.f.) D. Don sugi or cryptomeria. In: F.T. Bonner e R.P. Karrfalt (Eds.). *The Woody Plant Seed Manual* Agric. Handbook No. 727. Washington, DC. U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 457-458.
- WAREING, P.F. e I.D.J. PHILLIPS. 1970. *The control of growth and differentiation in plants*. Oxford, New York, Toronto, Sydney, Braunschweig. Pergamon Press, 313 pp.
- WEATHERLEY, P.E. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytologist* **49**: 81-97.
- WHITE, T., T. ADAM e D. NEALE. 2007. *Forest Genetics*. Cromwell Press, CAB International, London, UK, 682 pp.
- WILLAN, R.L. 1991. *Guía para la manipulación de semillas forestales*. Roma, Estudio FAO – Montes 20/2, 502 pp. Consultado em fevereiro de 2018: <http://www.fao.org/docrep/006/ad232e/ad232e00.htm>.
- WRIGHT, J.W. 1976. *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press. New York, 463 pp.
- YOUNG, M e R. ZYSKOWSKI. 1997. *Drift -computer program Animal & Veterinary Sciences Group*. Lincoln University, New Zealand.
- ZOBEL, B. e J. TALBERT. 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley & Sons, New York, 505 pp.

TÍTULO

Plantações Florestais

EDIÇÃO

ISAPress

AUTORIA

António Monteiro Alves

CO-AUTORIA

Armando Goes

Maria Helena Almeida

COLABORAÇÃO

Márcia Santos

Marta Carneiro

DESIGN E PAGINAÇÃO

Júlia Cunha | 004 F*@#ing Ideas

PRODUÇÃO EXECUTIVA

Sara Fortes da Cunha | 004 F*@#ing Ideas

IMPRESSÃO

GIO – Gabinete de Impressão Offset, Lda.

ISBN

978-972-8669-77-5

DEPÓSITO LEGAL

XXXXXXXXXXXX