

Caracterização Dendrométrica dos Povoamentos de Pinheiro Silvestre em Trás-os-Montes e Alto Douro

Luís Roxo Almeida e Carlos Pacheco Marques

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5001-911 VILA REAL

Resumo. Apesar da relativa importância das florestas de pinheiro silvestre na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, estas não têm sido alvo de estudos específicos das suas dinâmicas de crescimento.

Com base em 30 parcelas de amostragem instaladas em povoamentos puros e regulares de pinheiro silvestre na região, com medições efectuadas em 332 árvores em pé e em 121 árvores abatidas, foram criadas várias ferramentas de auxílio à gestão florestal destes povoamentos.

Foram desenvolvidos dois tipos de modelos que exprimem as relações hipsométricas encontradas: relações gerais e locais. As relações hipsométricas gerais ficaram bem explicitadas com a utilização de variáveis do povoamento normalmente medidas em qualquer trabalho de inventário: o diâmetro médio e a altura dominante e ainda o diâmetro à altura do peito da árvore cuja altura se pretende conhecer. As relações hipsométricas do tipo local foram traduzidas da melhor forma pelo modelo da Hipérbole que manifestou superioridade em quase todas as parcelas amostradas, e obtendo ajustamentos muito próximos dos modelos que obtiveram os melhores resultados nas restantes parcelas.

Para avaliação do volume individual da árvore, é apresentada uma equação de volume individual, cujo desempenho na fase de ajustamento do modelo aponta para a sua adequação à região. São ainda apresentadas as equações de predição da percentagem de casca, com ou sem necessidade de determinação da espessura de casca.

Estudada a produção dos povoamentos de pinheiro silvestre amostrados, verificou-se que a média dos valores de acréscimo médio anual em volume (volume do povoamento principal) era de $5.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, mas foram encontrados valores extremos de $8.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (aos 48 anos) e $1.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (aos 51 anos), o que dada a proximidade das idades revela assinaláveis diferenças de produção e intervenção silvícola entre os povoamentos.

Palavras Chave: *Pinus sylvestris*, curva hipsométrica, equação de volume, produção

Introdução

A espécie *Pinus sylvestris* L. (pinheiro silvestre), espécie autóctone em Portugal, embora só na Serra do Gerês se encontrem alguns exemplares que não resultam de plantação, é o pinheiro que ocupa maior extensão a nível mundial. Em Portugal esta espécie foi amplamente utilizada pelos Serviços Florestais no século passado com recurso a semente estrangeira. A maior parte dos povoamentos encontra-se instalada na região de Trás-os-Montes e Alto Douro.

A produção de ferramentas dendrométricas que permitam obter informação quantificada dos vários atributos dos povoamentos florestais podem ser de dois níveis: o nível da árvore e o nível do povoamento.

A relação entre a altura das árvores e dos seus diâmetros é um dos elementos mais importantes da estrutura de uma floresta e pode ser aplicada aos dois níveis referidos.

Nas relações hipsométricas locais, a altura é geralmente função apenas do d , sendo estas relações ajustadas para aplicação no povoamento onde foi feita a recolha de dados.

Este tipo de relações é utilizado abundantemente em gestão florestal para o cálculo do volume das árvores e dos povoamentos (Prodan, 1965; Schmidt *et al.*, 1971; Rondeux, 1993).

Para uma dada espécie, a relação altura-diâmetro de um povoamento pode variar em função: do tempo ou idade, da altura média, da altura dominante, do diâmetro médio, da qualidade da estação e da densidade (Béguin e Raullier, 1995). Destas dependências e para aplicação generalizada a uma região, surgem as relações hipsométricas gerais que são vulgarmente utilizadas em modelos de produção (Tomé, 1988). Estas relações permitem estimar a altura em função do *d* e de vários parâmetros do povoamento: altura dominante, índice de qualidade, idade, diâmetro médio, densidade, etc.

As equações ou tabelas de volume são uma ferramenta essencial para a determinação do volume de árvores em pé. Segundo Marques (1994), a quantificação do volume de madeira em pé tem sido feito, em grande parte das situações, recorrendo a tabelas de volume, de simples e de dupla entrada, produzidas pelos Serviços Florestais mas sem as informações necessárias à sua correcta utilização conduzindo, por esse facto, estimativas com um erro desconhecido, uma vez que nessas tabelas não há qualquer referência à respectiva precisão. Segundo Duarte (2001), a opção mais equilibrada para a prática corrente dos serviços oficiais será a utilização da tabela de dupla entrada.

A estimativa do volume aparente da casca é, geralmente, de interesse secundário, embora de fácil obtenção. No entanto, para a espécie em estudo, vários trabalhos apontam para uma diferente distribuição da casca ao longo do seu tronco. Assim, a percentagem de casca, além de variar muito com a espécie, a idade, o genótipo, a taxa de crescimento e a posição da árvore, pode variar ao longo da árvore. Não será possível encontrar uma equação universal que estime a espessura de casca que não tenha estes factores em linha de conta (Loetsch *et al.*, 1973). A preferência por equações de percentagem de casca em detrimento das equações de volume sobre pau evita anomalias nos valores previstos para os extremos das populações com modelos ajustados para os dois tipos de volumes (Martinez *et al.*, 1993).

A produção actual dos povoamentos florestais é muitas vezes calculada a partir de equações estabelecidas para as relações anteriormente descritas. A caracterização dendrométrica do pinheiro silvestre aqui delineada compreende, ao nível da árvore, a elaboração de equações de volume total e de equações de predição da percentagem de casca; e ao nível do povoamento, apenas as suas relações hipsométricas e a descrição das principais variáveis dendrométricas, bem como a determinação do volume principal com comparação à estimativa feita com recurso às tabelas de produção da Galiza (Martinez *et al.*, 2003) e Reino Unido (Hamilton e Christie, 1971).

Área de Estudo

A região de estudo compreende toda a área da Região Agrária de Trás-os-Montes e Alto Douro. A divisão da região em duas zonas climáticas: Terra Quente - cotas inferiores a 500m e Terra Fria - cotas superiores a 500m (Franco, 1994) será, talvez, a divisão com mais sentido para as áreas em que a espécie tem ou não presença com algum significado. De referir ainda que de um ponto de vista climático, à parte ocidental da região com maior influência atlântica opõe-se a parte oriental de influência mais continental, com uma transição progressiva entre ambas.

A presença da espécie está profundamente associada às principais formações montanhosas da região, com a altitude média das parcelas de estudo instaladas em Trás-os-Montes e Alto Douro a aproximar-se dos 900m. Quanto à precipitação anual, esta tem como valor médio 1512mm anuais, ocorrendo em 90% das parcelas de estudo precipitações superiores a 1000mm, que correspondem aos ombrotipos húmido e super-húmido. A temperatura média anual média na área de estudo é de 10.7°C, com os valores inferiores a rondarem os 9°C e os superiores os 12.5°C.

Os solos têm origem em xistos e granitos, sendo predominantemente ácidos. De referir, ainda, a presença de solos de origem em rochas básicas na serra da Nogueira. As áreas de pinheiro silvestre ocupam essencialmente as classes de Leptosolos úmbricos e Cambissolos úmbricos crómicos.

Metodologia

Campo

Para efectuar a caracterização dendrométrica foram instaladas casualmente, 30 parcelas circulares de 500m², em povoamentos previamente definidos, em função das zonas ecológicas em que se encontravam, e distribuídas geograficamente pela área de distribuição da espécie na região em estudo (Figura 1). Os povoamentos escolhidos para instalação de parcelas apresentavam as seguintes condições: povoamentos puros de pinheiro silvestre, povoamentos adultos e regulares, áreas com distribuição espacial de árvores regular (sem clareiras), povoamentos sem sinais de supressão, doença ou vestígios de fogo.

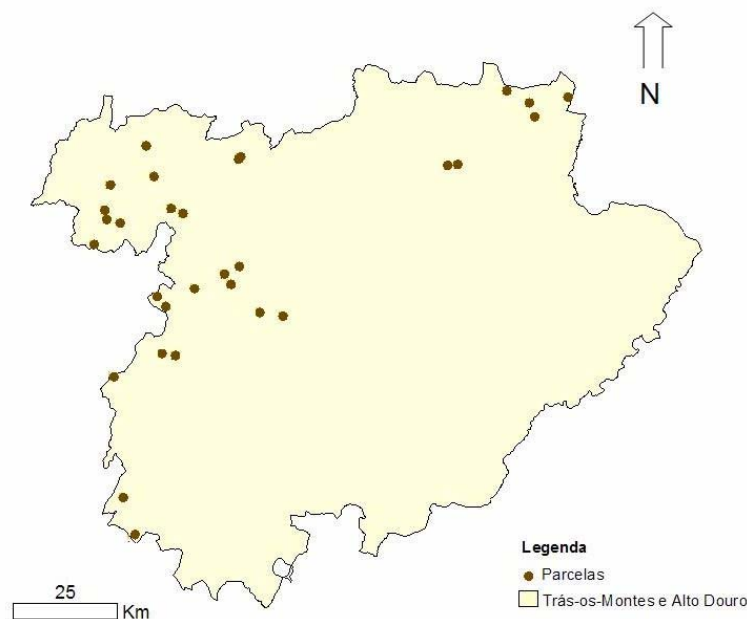


Figura 1 - Distribuição das parcelas na área de estudo

Nas parcelas, foi avaliada a idade do povoamento com recurso a uma verrumada efectuada a 0.30m do solo, em árvores dominantes e dominadas, de forma a garantir que aquelas seriam instaladas em povoamentos de estrutura regular.

Todos os diâmetros das árvores e diâmetros superiores dos cepos presentes na parcela foram avaliados com uma suta de braços. As restantes medições foram efectuadas em árvores amostra, seleccionadas de acordo com o método de Hossfeld com uma frequência de 2 árvores por classe de d (Arabatzis e Burkhart, 1992), e em árvores dominantes (5 árvores mais grossas). Nas árvores amostra, foram medidos os seguintes parâmetros com recurso ao hipsómetro digital Vertex: altura, altura do primeiro ramo vivo e projecção horizontal dos diâmetros cruzados da copa.

No que concerne aos dados de árvores medidas após abate, com a consequente cubagem rigorosa, estes dados são provenientes de vários grupos: 51 árvores resultantes dos cortes dos lotes acompanhados, 30 árvores resultantes dos abates, já referidos, de árvores dominantes, 26 árvores medidas por Duarte (não publicado) e 14 árvores medidas por Loureiro (1986). No total, foram consideradas 121 árvores. A metodologia implementada incluiu, sempre que possível, as seguintes medições: altura do cepo, altura total da árvore, comprimento da copa, diâmetros sobre casca e dupla espessura de casca nas diferentes alturas da árvore, previamente marcadas a giz (intervalos de 0.5m), e número de anéis no cepo.

Procedimento estatístico

Os dados foram tratados, primeiramente, com recurso ao software de cálculo Microsoft® Excel 2000 (Microsoft Corp., 1985-1999). De referir que todos os procedimentos numéricos e estatísticos foram efectuados no software já citado, ou no JMP 5.1 (SAS Inc., 2003). Posteriormente, foi efectuada uma análise preliminar, em que os dados foram revistos através de estatísticas descritivas, de forma numérica e gráfica, de maneira a detectar erros de medição, anotação ou digitação. Esta análise serviu também para uma caracterização geral dos dados. Em todos os procedimentos estatísticos deste estudo foi utilizado um nível de significância de 0.05.

O método dos Mínimos Quadrados Ordinários foi utilizado para o ajustamento de modelos lineares. Os parâmetros dos modelos não lineares foram estimados recorrendo ao procedimento de regressão de Mínimos Quadrados Não Linear - Método de Gauss Newton.

Resultados

Os dados de base deste trabalho estão divididos em dois grupos principais provenientes dos dois níveis de abordagem seguidos: o nível da árvore e o nível do povoamento,

O Quadro 1 referente ao nível da árvore (árvores abatidas) representa de forma sucinta algumas estatísticas descritivas, relativamente aos parâmetros: diâmetro à altura do peito (d), espessura de casca (B), altura total (h), volume total sobre casca (v), volume total sobre pau (v_{sp}) e percentagem de casca (pc).

Os dados referentes às árvores abatidas são representativos dos vários tipos de povoamentos que podemos encontrar em Trás-os-Montes e Alto Douro, pois foram recolhidos em toda a área de estudo. Estes dados são provenientes de cortes extraordinários, desbastes, árvores médias e árvores dominantes, possuindo assim representatividade de todo o tipo de árvores, uma vez que a utilização exclusiva de árvores dominantes conduz à

elaboração de equações de volume que sobrestimam os seus volumes (Almeida, 1999), devido, provavelmente, às diferenças no perfil de tronco que estas árvores apresentam.

Quadro 1 - Estatísticas descritivas dos principais parâmetros das árvores

	Árvores abatidas						Árvores em Pé	
	d (cm)	B (cm)	h (cm)	vsc (m ³)	vsp (m ³)	pc (%)	d (cm)	h (cm)
Média	22.9	2.1	14.08	0.365	0.330	13.9	23.8	15.9
Mediana	23.7	2.0	14.30	0.291	0.257	12.5	23.5	15.7
Mínimo	6.0	0.4	3.40	0.004	0.007	6.3	5.4	3.7
Máximo	42.7	4.6	25.00	1.274	1.161	29.8	44.1	26
Desvio padrão	8.6	0.9	4.79	0.318	0.293	4.9	7.2	4.1
Contagem	121	115	121	121	115	115	332	332

Numa pequena análise dos dados obtidos para os valores de percentagem de volume aparente de casca encontrados nas árvores dos povoamentos de pinheiro silvestre em Trás-os-Montes e Alto Douro pode verificar-se que o seu valor médio corresponde a cerca de 14% do volume total das árvores, com um valor mínimo de aproximadamente 6% e máximo de 30%. Os valores máximos são superiores aos apontados por Rojo e Montero (1996) para a serra da Guadarrama, entre os 8 e 15%, com os maiores valores de casca nas estações de pior qualidade. No entanto, as idades dos povoamentos de Trás-os-Montes e Alto Douro são muito inferiores às dos povoamentos espanhóis, e a percentagem de casca tem menor importância em árvores de maior volume (mais velhas, para o mesmo IQ). A título de comparação, os valores médios de percentagem de casca apontados por Duarte (2001) para o pinheiro bravo, para parte da região de estudo (Vale do Tâmega), são da ordem dos 20 a 40%.

Quanto às parcelas instaladas, estas são caracterizadas de uma forma sumária pelas variáveis do povoamento que se apresentam no Quadro 2, em que estão representadas a idade (t), o diâmetro médio (d_g), o diâmetro dominante (d_{dom}), a altura dominante (h_{dom}), a área basal (G) e o número de árvores (N) e o volume do povoamento principal (V).

Quadro 2 - Estatísticas descritivas das variáveis dendrométricas medidas nas parcelas de estudo

	t (anos)	d_g (cm)	d_{dom} (cm)	h_{dom} (m)	G (m ² .ha ⁻¹)	N (ár. ha ⁻¹)	V (m ³ .ha ⁻¹)
Média	46.2	22.2	29.8	17.04	27.26	730	233.0
Mediana	44.5	22.7	30.3	17.31	26.31	710	192.7
Mínimo	38	12.36	19.2	9.04	12.29	360	53.2
Máximo	63	32.49	38.9	24.84	49.75	1080	559.8
Desvio padrão	7.5	5.3	5.1	3.63	9.64	189	115.7
Contagem	30	30	30	30	30	30	30

As idades das parcelas de estudo ficam compreendidas entre os 38 e os 63 anos, manifestando assim um intervalo de idades não muito alargado, mas que reflecte as idades do povoamentos de pinheiro silvestre na área em estudo. O diâmetro médio máximo é de 32.7cm, ou seja, um diâmetro médio próximo dos diâmetros médios esperados para corte final (30 a 40cm), e alturas dominantes a atingirem os 25m, antevendo-se povoamentos com boa capacidade produtiva. O número de árvores dos povoamentos varia entre as 360 árvores (em idades mais avançadas) e as 1080 árvores em povoamento mais jovens e/ou com baixa capacidade produtiva.

Relação hipsométrica geral

Foram ajustados modelos de regressão linear múltipla pelo processo de ajustamento passo-a-passo. Este procedimento revelou-se o mais eficiente no trabalho de Carvalho (2000). Os modelos ajustados têm como base a seguinte função:

$$h = f(d, d^{-1}, d^2, d^2, \ln d, d_{\min}, d_{\max}, d_{\max}^{-1}, d^{-1} - d_{\max}^{-1}, d_g, \ln d_g, d_{\text{cop}}, t, h_{\text{dom}}, \ln h_{\text{dom}}, IQ, N, \ln N, \ln N/d, N/t, N/100, h/h_{\text{dom}}, \ln h_{\text{dom}}/t)$$

O modelo seleccionado, que apresentou o melhor ajustamento possível, possui a seguinte formulação:

$$h = -2.323 - 4.858 \cdot \ln d_g + 5.214 \cdot \ln d + 0.999 \cdot h_{\text{dom}} \quad (R^2 = 0.914; \text{RQMR} = 1.24\text{m})$$

Relação hipsométrica local

Nas relações hipsométricas locais foram utilizadas as equações mais vulgarizadas, como as de Trorey, Curtis, Freese, Hipérbole, Henricksen e ainda as equações não lineares Alométrica, Michailoff e Prodan. As equações foram ajustadas individualmente a cada uma das parcelas. Este tipo de abordagem permite verificar o desempenho das diferentes equações às diferentes condições das parcelas. Os resultados obtidos apontaram para alguma equivalência entre modelos. No entanto, o modelo Hipérbole tem o melhor comportamento com os parâmetros significativos em todas as parcelas e com um valor mais baixo de RQMR na maior parte das parcelas (13 das 30 parcelas). A diferença máxima entre o valor de RQMR obtido pelo modelo Hipérbole e o valor obtido pelo RQMR do melhor modelo para qualquer uma das restantes parcelas é de apenas 0.2m. O modelo Hipérbole foi, assim, o modelo escolhido para expressar as relações hipsométricas locais dos povoamentos de pinheiro silvestre amostrados. A sua forma geral é:

$$h = \beta_0 + \beta_1 \cdot d^{-1}$$

Equação de volume de dupla entrada

Procedeu-se ao ajustamento de equações de volume de dupla entrada seleccionadas de compilações dos trabalhos de Calado (1997), Carvalho (2000) e Nunes (2001).

A equação seleccionada foi a equação da variável combinada, ajustada por regressão linear. A equação da variável combinada, proposta por Spurr em 1952, é a equação mais difundida e que tem obtido bons resultados em diversas espécies. Esta equação tem a vantagem adicional de não possuir vários regressores (ex. d , d^2 , h , etc.) que estão,

normalmente, muito correlacionados entre si. A sua formulação, já com os coeficientes de regressão estimados é a seguinte:

$$v = 0.0000361 \cdot d^2 \cdot h \quad (R^2 = 0.993; RQMR = 0.042m)$$

Para uma correcta utilização da equação seleccionada deverão ser tidas em conta as seguintes informações: Espécie - *Pinus sylvestris* L.; Área de Estudo - TMAD; Classes de diâmetro observadas - entre 5 e 45cm; Classes de altura - entre 3 e 25m; Idade das árvores - entre 35 e 65 anos; Amostragem- árvores disponíveis(ver metodologia); Número de árvores observadas - 121; Método de avaliação do volume - cubagem rigorosa no chão; Método de cubagem – cepo/cilindro, toros/Smalian, bicada/cone; Variável dependente -Volume total sobre casca (v) em m³;Variável independente - Variável combinada $d^2 h$ em que o (d) representa o diâmetro à altura do peito em cm e (h) a altura total em m.

Equações de predicção da percentagem de casca

Das numerosas equações de percentagem de casca ajustadas por regressão múltipla passo-a-passo e das várias equações de percentagem de casca de formulação conhecida foi seleccionada uma equação que inclui uma medição de casca e outra que não requer essa medição. Quanto à equação que contempla a medição de casca, a escolha recaiu sobre a equação que se apresenta:

$$PC = 436.443 \cdot d^{-0.893} \cdot h^{-0.282} \cdot B^{0.687} \quad (R^2 = 0.985; RQMR = 1.82\%)$$

Já no caso de não haver disponibilidade da medição de casca, a equação seguinte apresenta-se como alternativa para efectuar a estimativa da percentagem de casca, mas à custa de uma perda considerável de precisão dessa estimativa.

$$PC = 35.755 - 8.46 \cdot \ln h \quad (R^2 = 0.434; RQMR = 3.73\%)$$

Produção dos povoamentos

Na componente da produção dos povoamentos foi apenas considerada a produção do povoamento principal. Para estimar o volume do povoamento principal recorreu-se às equações hipsométricas locais ajustadas para cada uma das parcelas amostradas, de forma a obter-se a altura de todas as árvores presentes na parcela e com posterior utilização da equação de volume, de modo a estimar o volume total de cada uma das árvores da parcela.

A partir destes resultados, pode calcular-se o acréscimo médio anual em volume (não de volume acumulado). A produção dos povoamentos de pinheiro silvestre (parcelas) amostrados têm um acréscimo médio anual (volume do povoamento principal) máximo de 8.9m³ha⁻¹ (aos 63 anos), mas valores tão díspares como os 8.4m³ha⁻¹ (aos 48 anos) e 1.0m³ha⁻¹ (aos 51 anos) para idades muito próximas revelam as enormes diferenças de produção entre povoamentos.

Com recurso à tabela de produção da Galiza e à tabela de produção do Reino Unido estimou-se o volume do povoamento principal para as parcelas amostradas, utilizando a altura dominante, idade e área basal como variáveis de entrada e recorreu-se a uma correcção através do grau de ocupação em área basal. Das diferenças observadas (resíduos percentuais) entre os valores obtidos por este método em comparação com os valores anteriormente obtidos (Quadro 2), é de referir que para o caso da Tabela da Galiza, apenas

uma parcela, a de pior qualidade da estação, tem um resíduo elevado. Este resíduo deve-se ao facto de a tabela de produção não incluir classes de qualidade inferiores a 8m (sendo esta parcela a única nessa situação com um IQ_{30} de 4.9m). A tabela é também limitada à classe superior de 14m, situação que não inclui 10% das parcelas amostradas que possuem valores de IQ_{30} superiores a 15m. Existe uma tendência geral para sobrestimar o volume do povoamento principal, o resíduo percentual médio é de 8.2% (sem a parcela de Balugas este valor desce para os 5.8%).

O grau de ocupação médio observado nas parcelas em Trás-os-Montes e Alto Douro é de quase 70%, ficando assim bastante aquém da área basal predita na tabela de produção galega para as idades/classes de qualidade observadas.

Já o resultado médio dos resíduos percentuais para o caso das estimativas feitas a partir da Tabela do Reino Unido é de uma subestima de 0.5%. Além da similitude entre as curvas de qualidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, o grau de ocupação em área basal médio observado nas parcelas em Trás-os-Montes e Alto Douro, relativamente às das tabelas inglesas, é de 105%, ou seja muito próximo das áreas basais tabeladas para uma dada qualidade da estação e idade. Para as melhores classes de produção, as parcelas amostradas apresentam valores semelhantes de área basal, mas à custa de menores diâmetros médios e um número de árvores muito superior, o que pode revelar que esses povoamentos foram no passado objecto de menor intervenção silvícola do que a preconizada nestas tabelas.

Conclusões

As relações hipsométricas e as equações de volume e de predição da percentagem de casca apresentadas constituem ferramentas imprescindíveis à efectivação de uma correcta gestão florestal.

Ambas as tabelas de produção apresentadas, embora sejam as que provavelmente melhor se adaptam às condições dos povoamentos de pinheiro silvestre em Trás-os-Montes e Alto Douro, apresentam um comportamento desajustado das características médias dos povoamentos amostrados. As tabelas de produção da Galiza foram utilizadas para estimar o volume das parcelas amostradas e revelaram um comportamento muitas vezes desajustado da realidade dos povoamentos. Estas tabelas excluem classes de qualidade existentes em Trás-os-Montes e Alto Douro. A utilização das tabelas de produção do Reino Unido parece ser uma alternativa bastante eficiente. No entanto, existem grandes discrepâncias entre as dimensões das árvores e o seu número de árvores por hectare.

Um modelo de produção para os povoamentos de pinheiro silvestre será certamente uma ferramenta necessária se houver uma continuação nas acções de re-arborização com esta espécie.

Referências Bibliográficas

- Almeida, L.R. (1999) *Comparação de metodologias para estimação de altura e volume em povoamentos de pinheiro bravo no Vale do Tâmega*. Relatório Final de Estágio, UTAD, Vila Real, 115pp.
- Arabatzis, A.A.; Burkhart, H.E. (1992) *An evaluation of sampling methods and model forms for estimating height-diameter relationships in loblolly pine plantations*. *For. Sci.* **38**: 192-198.

- Béguin, J.; Raulier, F. (1995) *Comparaison de différentes approches, modèles et tailles d'échantillon pour l'établissement de relations hauteur-diamètre locales*. *Can. J. For. Res.* **25**:1303-1312.
- Bellot, F. (1950) *El análisis polínico de las zonas higroturbosas de la sierra de Gêres en relación con las presencias de Pinus pinaster Ait. y Pinus sylvestris L.* *Agronomia Lusitana*. **12** (3): 481-491.
- Blanco, E.; Casado, M.A.; Costa, M.; Escribano, R.; García Antón, M.; Génova, M.; Gómez Manzaneque, A.; Gómez Manzaneque, F.; Moreno, J.C.; Morla, C.; Regato, P.; Sainz Ollero, H. (1997) *Los bosques ibéricos*. Editorial Planeta S.A., Barcelona, 572pp.
- Carvalho, J.P.F. (2000) *Crescimento, produção e ecologia de povoamentos de Quercus Pyrenaica Willd em Portugal Continental*. Tese de Doutoramento, UTAD, Vila Real, 213pp.
- Duarte, J.C. (2001) *Estudos biométricos em pinheiro bravo: configuração do perfil do tronco, volumes e percentagem de casca*. Dissertação de Mestrado, UTAD, Vila Real, 121pp.
- Franco, J.A.; Afonso, M.L.R. (1982) *Distribuição de pteridófitos e gimnospérmicas em Portugal*. Coleção "Parques Naturais", nº 14, Serviço Nacional de Parques, Reservas e Património Paisagístico, 327pp.
- Franco, A. (1994) *Nova Flora de Portugal (Continente e Açores)*. Vol. III, fasc. II (Gramineae) Escolar Ed., Lisboa.
- Hamilton, G.J.; Christie, J.M. (1971) *Forest management tables (metric)*. *Forestry Commission Booklet* nº 34, 201pp.
- Loetsch, F.; Zohrer, F.; Haller, K.E. (1973) *Forest Inventory*. Vol. I e Vol 2, BLV Verlagsgesellschaft, Munchen, 436pp.
- Loureiro, A.M. (1986) *Estudos de crescimento e de produção de algumas espécies florestais com interesse para a região montana subatlântica de Portugal*. Tese de Doutoramento, UTAD, Vila Real, 265pp.
- Marques, C.P. (1994) *Apontamentos de Dendrometria*. UTAD, Vila Real, 167pp.
- Martinez, C.E.; Diéguez, U.A.; Rojo, A.A.; Rodriguez, S.R. (2003) *Silvicultural alternatives for Pinus sylvestris L. man-made stands in the north-west of the Iberian Peninsula*. IUFRO Meeting, WP 1.05.14, Silviculture and Sustainable Management in Mountain Forests in the Western Pyrenees, 15-19 September, Navarra, Spain.
- Martinez, J.M. (1993) *Ecuaciones alométricas de tres variables: Estimación del volumen, crecimiento y porcentaje de corteza de las principales especies maderables españolas*. *Invest. Agr. Sist. Recur. For.* **2**(2): 211-228.
- Mateus, J.E. (1992) *Holocene and present-day ecosystems of the Carvalhal Region, Southwest Portugal*. Tese de Doutoramento, Universidade de Utreque, 184pp.
- Microsoft Corporation (2000) *Excel (1985-1999) Microsoft® Excel*

- Nunes, L.T. (2001) *Estudo biométrico com vista à elaboração de tabelas de volume para o castanheiro*. Dissertação de Mestrado, FCUL, Lisboa, 156pp.
- Pais, J. (1989) *Evolução do coberto florestal em Portugal no Neogénico e no Quaternário*. Com. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 75: 67-72.
- Pereira, A.D. (1952) *O pinheiro silvestre Pinus Sylvestris L. na arborização da Serra da Cabreira*. Relatório Final de Estágio, UTL/ISA, 85pp.
- Prodan, M. (1965) *HolzmeBlehre*. Frankfurt, 644pp.
- Ribeiro, O.; Lautensach, H.; Daveau, S. (1988) *Geografia de Portugal II. O ritmo climático e a paisagem*. Edições João Sá da Costa, Lisboa, 623pp.
- Rojo, A.; Montero, G. (1996) *El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 293pp.
- Rondeux, J. (1993) *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Press. Agronomiques de Gembloux, 526pp.
- Santos, L.; Romani, J.R.; Jalut, G. (2000) *History of vegetation during the Holocene in the Courel and Queixa Sierras, Galicia, northwest Iberian Peninsula*. *J. Quaternary Sci.* **15**:621-632.
- SAS Inc. (2003) *JMP 5.1*.
- Schmidt, P.; Roiko, P.; Mingard, P.; Zobeiry, M. (1971) *The optimal determination of the volume of standing trees*. Mitt.Forst. Versuchswes, Birmensdorf.
- Silva, A.P. (1979) *Plantas em Perigo: Pinus sylvestris L.* *Boletim da Comissão Nacional do Ambiente, Lisboa*, **5** (1) Anexo, 2pp.
- Sobriño, C.M.; Ramil-Rego, P.; Gomez-Orellana, L. (2004) *Vegetation of the Lago de Sanabria area (NW Iberia) since the end of the Pleistocene: a palaeoecological reconstruction on the basis of two new pollen sequences*. *Veget. Hist. Archaeobot.* **13**:1-22.
- Teixeira, C. (1944) *A expansão da Pinus sylvestris L. no sudoeste da Europa e a mudança climática dos fins do pliocénico*. *Anais Faculd. Ciênc. Porto.* **29**:21-26.
- Tomé, M. (1988) *Modelação do Crescimento da Árvore Individual em Povoamentos de Eucalyptus globulus Labill. (1ª Rotação) Região Centro de Portugal*. Tese de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 256pp.