

Estimativa das Produções de Cortiça Virgem Resultantes das Operações de Desbastes e Desboia em Montados de Sobreiro em Fase Juvenil

*Joana Amaral Paulo e **Margarida Tomé

Sumário. A fase juvenil do sobreiro antecede a altura da primeira receita obtida pela exploração da cortiça no montado de sobreiro. Esta é obtida com o primeiro descortiçamento, no qual se obtém cortiça virgem de baixo valor comercial. Em plantações recentes, efetuadas por vezes com densidades consideráveis, não são raros os casos em que são necessários desbastes na fase juvenil, de forma a reduzir e selecionar os efetivos. Durante estes desbastes, geralmente efetuados em simultâneo com a desboia do povoamento mesmo que parcial, são produzidas grandes quantidades de materiais e cortiça virgem. É apresentada uma metodologia expedita para o cálculo das quantidades de cortiça virgem produzidas, a qual exige apenas a medição do diâmetro à altura do peito nas árvores.

Palavras-chave: sobreiro, cortiça virgem, estado juvenil, desboia, desbaste

Virgin cork production estimates resulting from young cork oak stands thinning and debarking operations

Abstract. Cork oak's juvenile stage precedes the first income obtained from cork production during the exploitation of the *Quercus suber* forest. This is obtained with the first cork extraction, where virgin cork, with low commercial value, is obtained. In recent plantations, some made with considerable high tree density values, it is frequent the

*Bolsheiro de Pós-Doutoramento, **Professora Catedrática, Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA
E-mails: joanaap@isa.ulisboa.pt; magatome@isa.ulisboa.pt

need of thinning operations during the juvenile stage, as a way of selecting trees, and diminish the number of trees per hectare. During these thinning operations, frequently made simultaneously to the stand first debarking, big amounts and varieties of wood and virgin cork are produced. With this work, a methodology for quantifying the amounts of virgin cork originated on a thinning operation is proposed, which depends exclusively on the diameter at breast height measurement.

Key words: cork oak, virgin cork, juvenile stage, first debarking, thinning

Estimation de la production de liège vierge dans les opérations d'éclaircie et démasclage d'un jeune bois de chêne liège

Résumé. Le stade juvénile du chêne liège précède le premier revenu de l'exploitation commerciale de liège d'un bois de *Quercus suber*. Ce revenu est celui du premier démasclage, où on obtient du liège vierge, d'une valeur commerciale basse. Dans les reboisements récents, certains à une très haute densité de plantation d'arbres, il est souvent nécessaire d'éclaircir le bois au stade juvénile, afin de sélectionner les arbres et diminuer leur nombre par hectare. Lors de ces éclaircies, souvent combinées avec le premier démasclage, on obtient de grandes quantités et variétés de bois et de liège vierge. Dans cette étude, on propose une méthodologie pour la quantification de liège vierge obtenu de telles opérations, basée uniquement sur le diamètre à hauteur de poitrine des arbres.

Mots-clés: chêne liège, liège vierge, stade juvénile, premier démasclage, éclaircie

Introdução

O sobreiro (*Quercus suber* L.) cobre atualmente 715,922 ha em Portugal (AFN, 2010), correspondendo a 23% da área florestal no país, dos quais 46,815 se referem a povoamentos jovens (AFN, 2010).

Ao abrigo de diversos quadros de apoio ao investimento florestal (AGRO, RURIS, PRODER), tem havido nas últimas três décadas um significativo investimento em plantações novas de sobreiro e no melhoramento do potencial produtivo das áreas já existentes (adensamentos por plantação, sementeira ou aproveitamento da regeneração natural). No Quadro 1, mostram-se as taxas anuais de plantação (adensamentos não incluídos) para o período 1990 - 2010, de acordo com fontes oficiais.

Quadro 1 - Área de instalação de povoamentos novos de sobreiro

Período	Área (ha ano ¹)	Fonte
1990 - 1994	4800	PEREIRA <i>et al.</i> , (2009)
1995 - 2000	10000	PEREIRA <i>et al.</i> , (2009)
2000 - 2009	3767	AIFF (2013)

A legislação atual proíbe o descortiçamento às árvores com um perímetro à altura do peito inferior a 70 cm. Antes deste primeiro descortiçamento as árvores dizem-se na fase juvenil, na qual possuem cortiça virgem ao longo do fuste. A passagem para a fase seguinte, designada fase adulta, é marcada pela primeira extração de cortiça, passando a partir daí a árvore a produzir cortiça amadia (a cortiça da extração imediatamente a seguir à virgem à geralmente designada por secundeira).

As acentuadas diferenças entre estas fases de crescimento levam a que do ponto de vista da modelação do crescimento e da produção sejam desenvolvidos modelos específicos para cada fase (PAULO e TOMÉ, 2009), ou utilizados conjuntos de dados que incluam medições realizadas em ambas as fases (PAULO *et al.*, 2011).

Muito embora com um valor bastante inferior ao da cortiça amadia e mesmo da cortiça secundeira, a cortiça virgem é utilizada numa grande panóplia de produtos.

A cortiça virgem pode ser definida como o conjunto de uma série de camadas suberosas acumuladas na árvore até à primeira extração. Tem um padrão de distribuição irregular, com lentículas largas e cheias de incrustações e impurezas (FONSECA, 1984). Esta cortiça, por se apresentar dura e de má elasticidade, não é utilizada no fabrico de rolhas, sendo o seu destino essencialmente a trituração (granulados e aglomerados) e ainda, mais recentemente, o fabrico de artigos com fins decorativos muito procurados (FONSECA, 1984; PEREIRA, 2007).

Para além da extração aquando o primeiro descortiçamento, a cortiça virgem pode também ser obtida a partir de produtos de podas, em consequência de aumentos da altura de descortiçamento, e proveniente de árvores nunca descortçadas que foram selecionadas para abate por diversos motivos. É o que acontece frequentemente em desbastes de povoamentos juvenis, onde a densidade das plantas é muito elevada, impedindo o melhor desenvolvimento das árvores. Nestes casos, após autorização para desbaste, o proprietário vê-se confrontado com a necessidade dum dispêndio de recursos que são de difícil compensação económica.

Relativamente à produção de cortiça virgem no século XX, esta aumentou entre as décadas de 30 e 60, tendo decrescido nas décadas seguintes (Figura 1). Esta queda na extração de cortiça virgem durante os anos 70 e 80 tem que ver com o progressivo abandono das práticas da poda dos sobreiros e da extração da falca, em consequência do aumento do preço de mão-de-obra relativamente ao preço do produto destas operações (MENDES, 2002). De acordo com esta tendência tem-se assistido nas últimas décadas a uma diminuição considerável da venda dos produtos resultantes dos desbastes de sobreiro, dado o baixo valor que estes apresentam em relação aos custos de mão-de-obra. No que diz respeito a descortiçamentos em povoamentos juvenis, chega-se por vezes hoje a abandonar os produtos resultantes no campo, uma vez que o seu valor não compensa os custos de transporte.

A diminuição da disponibilidade desta matéria-prima é um fator que afeta, em particular, as fábricas de aglomerado negro, as quais têm de enfrentar a competição de outras empresas como as de aglomerado branco, com maiores recursos financeiros para a compra desta matéria-prima e de outras que a substituam.

Neste trabalho pretendeu-se desenvolver uma metodologia expedita para a quantificação da cortiça virgem extraída ao nível da árvore, a qual pode ser aplicada para o cálculo destas produções em caso de desbastes e/ou desboia dos povoamentos. Não se tratou aqui o caso da cortiça virgem produzida em

operações de podas sanitárias, podas de formação ou podas de manutenção (falca). Para o efeito desenvolveram-se duas equações: uma para predição do diâmetro sob cortiça virgem em árvores não desboiadas, e outra de predição do peso seco de cortiça virgem extraída ao nível da árvore.

As equações propostas estão incluídas no modelo de crescimento e produção para montado de sobreiro em Portugal, o modelo SUBER (PAULO, 2011; TOMÉ, 2004) incorporado na plataforma SIMFLOR (FAIAS *et al.*, 2012) disponível na página FcTools (www.isa.ulisboa.pt/cef/forchange/fctools).

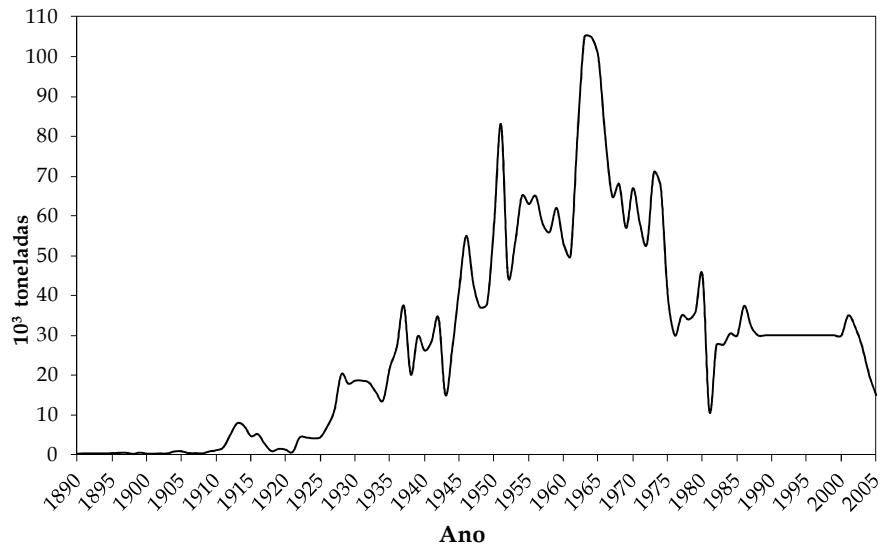


Figura 1 - Evolução da produção de cortiça virgem em Portugal (Fonte 1890 a 2000: MENDES, 2002; Fonte 2001 a 2005: INE, 2004 e INE, 2005)

Dados

Os dados utilizados para o desenvolvimento da equação de predição do diâmetro à altura do peito sob cortiça, dizem respeito a medições efetuadas em árvores localizadas em sete parcelas diferentes: Chamusca, Coruche, Estremoz, Gavião, Lisboa, Moura.

O conjunto de dados utilizado englobava um total de 363 observações, repartidas pelos 6 locais segundo a distribuição do Quadro 2. Neste quadro

podem também ser observadas algumas estatísticas descritivas deste conjunto de dados, no que respeita à variável de interesse: diâmetro sob cortiça (du).

No que diz respeito aos dados utilizados para a equação de predição do peso de cortiça virgem (wvc), estes provêm apenas dos ensaios localizados em Chamusca, Coruche e Moura, uma vez que nos restantes não foram pesadas as pranchas de cortiça extraídas no descortiçamento.

Os pesos de cortiça considerados dizem respeito a cortiça seca, de forma a não haver discrepâncias ou enviesamentos originados por diferentes valores de humidade da cortiça, aquando da sua extração e pesagem. O valor do peso seco da cortiça foi obtido após a determinação do teor de humidade numa amostra extraída ao nível da altura do peito (1,30 m), a qual foi seca em estufa até estabilização do peso.

Quadro 2 - Estatísticas descritivas do conjunto de observações ($n = 363$) da variável du (cm)

Local	n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Moura	146	20,4	3,3	15,3	29,6
Lisboa	14	2,1	0,5	1,5	3,0
Chamusca	86	17,8	2,3	13,1	24,8
Coruche	88	18,3	2,0	14,0	23,9
Estremoz	23	9,1	5,4	2,4	19,5
Gavião	4	10,4	4,6	4,3	14,7
Total	363	18,0	6,4	1,5	29,6

No total o conjunto de dados diz respeito a 306 observações, repartidas pelos três locais como se pode observar no Quadro 3.

Quadro 3 - Estatísticas descritivas do conjunto de observações ($n = 306$) da variável wvc (kg)

Local	n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Moura	137	6,9	2,4	2,7	16,0
Chamusca	81	5,8	1,8	2,6	12,7
Coruche	88	5,6	1,6	3,1	11,2
Total	306	6,2	2,2	2,6	16,0

A altura de descortiçamento está limitada pela legislação portuguesa a um valor múltiplo do perímetro à altura do peito, o qual para a extração da cortiça virgem é duas vezes o seu valor. No caso de desbastes, por se irem cortar as árvores, é possível extrair cortiça ao longo de todo o fuste. Por forma a garantir a utilidade do modelo desenvolvido em ambos os casos, este é função também da variável altura de descortiçamento, a qual do conjunto de dados utilizado apresentou valores entre 1,0 m e 2,5 m de altura, com um valor médio de 1,5 m.

Seleção e ajustamento dos modelos

Observou-se desde o início que, tal como ocorre noutras espécies, a variável diâmetro sobre a cortiça (d) tinha uma relação linear muito forte com a variável diâmetro sob a cortiça (du). Esta relação é evidente no gráfico da Figura 2. Com base nesta observação procurou-se ajustar um modelo linear do tipo $du = \beta_1 + \beta_2 d$, uma vez que a variável d é facilmente medida.

No caso do modelo para a predição do peso seco de cortiça virgem extraído da árvore, testou-se em vários modelos alternativos a significância das variáveis d , du e altura de descortiçamento no fuste (hdf), na sua forma original, quadrática ou logaritmizada.

Note-se que vários dos modelos apresentados na bibliografia para a predição do peso de cortiça foram ajustados com dados referentes a pesos verdes de cortiça amadia (FONSECA e PARRESOL, 2001; FERREIRA e OLIVEIRA, 1991) ou ao peso seco ao ar de cortiça amadia (RIBEIRO e TOMÉ, 2002). Neste caso contudo, o modelo que se pretende ajustar diz respeito ao peso seco de cortiça virgem.

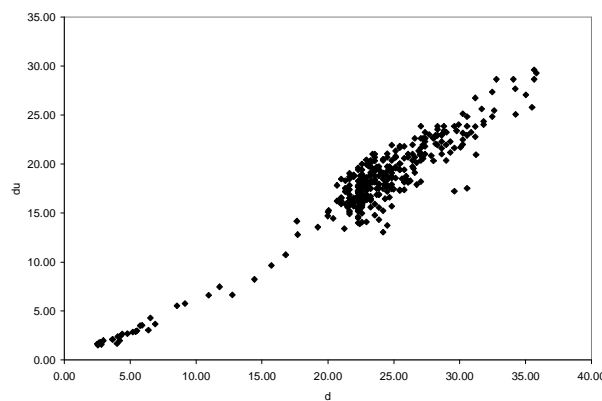


Figura 2 - Relação linear entre a variável dependente du e a variável preditora d

No Quadro 4 apresentam-se as expressões de todos os modelos testados, separados nos que utilizam o diâmetro sobre cortiça e os que utilizam o diâmetro sob cortiça como variável preditora.

Quadro 4 - Modelos testados para predição do peso de cortiça virgem

Designação	Expressão	Fonte
Mod1	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 h_{df}$	TOMÉ <i>et al.</i> , 2001
Mod2	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2$	RIBEIRO e TOMÉ, 2002
Mod3	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 \ln(h_{df})$	RIBEIRO e TOMÉ, 2002
Mod4	$y = \beta_0 + \beta_1 \ln(d)$	RIBEIRO e TOMÉ, 2002
Mod5	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \beta_2 \ln(h_{df})$	RIBEIRO e TOMÉ, 2002
Mod6	$y = \beta_0 + \beta_1 d u^2 h_{df}$	
Mod7	$y = \beta_0 + \beta_1 d u^2$	RIBEIRO e TOMÉ, 2002
Mod8	$y = \beta_0 + \beta_1 d u^2 + \beta_2 \ln(h_{df})$	RIBEIRO e TOMÉ, 2002
Mod9	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(du)$	RIBEIRO e TOMÉ, 2002
Mod10	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(du) + \beta_2 \ln(h_{df})$	RIBEIRO e TOMÉ, 2002
Mod11	$y = \beta_0 + \beta_1 \exp[(du h_{df})^{\beta_1}]$	FONSECA e PARRESOL, 2000

y - peso seco de cortiça virgem (kg); d - diâmetro com cortiça (cm); du - diâmetro sem cortiça (cm); h_{df} - altura de descortçamento do fuste (cm); ln - logaritmo neperiano;

Durante a investigação sobre os modelos ajustados detetou-se que a variância da variável dependente aumentava com a variável independente d, o que é frequente em dados biológicos (BASKERVILLE, 1972). No entanto o mesmo não acontece entre a variável dependente logaritmizada e a variável d. Por este motivo, BASKERVILLE (1970 e 1972) recomenda como modelo possível para os dados, o modelo $y = (\beta x^\alpha) \varepsilon$ que, quando logaritmizado, pode ser apresentado como $\ln(y) = \ln(\beta) + \alpha \ln(x) + \ln(\varepsilon)$. Este modelo corresponde no Quadro 4 aos modelos designados por Mod5, Mod9 e Mod10.

O ajustamento dos modelos propostos para cada uma das equações foi realizado com o programa SAS, utilizando os procedimentos REG (SAS Institute Inc., 1989) para o ajustamento de modelos lineares, e os procedimentos NLIN (SAS Institute Inc., 1989) e MODEL (SAS Institute Inc., 1993) para os modelos não lineares.

A avaliação dos modelos e a seleção dos modelos finais deteve-se com as seguintes características determinadas após o ajustamento:

1. valor do coeficiente de determinação (R^2),
2. garantia de que a hipótese $H_0:(\beta=0)$ é rejeitada para todos os parâmetros ($\alpha=0,05$),
3. análise da multicolinearidade,
4. enviesamento e precisão do modelo,
5. verificação das hipóteses de normalidade e heterocedasticidade dos erros do modelo

A multicolinearidade foi avaliada com base no fator de inflação da variância, cujo valor deve ser inferior a 10, seguindo a indicação de MYERS (1990). Assim, foram eliminados todos os modelos em que esta condição não se verificava.

A avaliação do enviesamento e da precisão foi baseada nos resíduos *press*, no primeiro caso pelo valor da média dos resíduos *press* e no segundo pelo valor da média do valor absoluto dos resíduos *press* (MYERS, 1990). O resíduo *press i* corresponde a ajustar o modelo retirando-se a *i-ésima* observação da série de dados e usando as restantes ($n - 1$) observações para estimar os parâmetros do modelo. Com base no modelo obtido é calculado o resíduo de predição relativo à observação retirada. Este processo é repetido sucessivamente para as n observações, obtendo-se assim os n resíduos *press* (MYERS, 1990).

A precisão das estimativas do modelo ajustado foi avaliada graficamente (valores observados *versus* valores estimados), pela média do valor absoluto dos resíduos *press* e pelo valor dos percentis 1, 5, 95 e 99 dos mesmos.

A hipótese da heterocedasticidade foi investigada por análise do gráfico dos resíduos studentizados em função dos valores estimados, e a hipótese da normalidade dos resíduos por análise do gráfico dos resíduos em papel normal (*qq-plot*).

No caso de se comprovar a não normalidade dos resíduos de algum modelo ajustado, deve ser utilizada uma alternativa ao procedimento dos mínimos quadrados (MYERS, 1990). Nesse caso foi seguido o método proposto por MYERS (1990), no qual se define uma função de influência aplicada a cada observação com base no resíduo que ela produz aquando o ajustamento. A função de influência é geralmente escolhida de maneira a que sejam atribuídos baixos pesos de influência a observações associadas a grandes resíduos após o ajustamento.

Utilizou-se a função de influência proposta por HUBER (1973), a qual é dada por:

$$\Psi(e_i) = e_i \text{ se } |e_i| \leq r$$

$$\Psi(e_i) = r \text{ se } e_i > r$$

$$\Psi(e_i) = -r \text{ se } e_i < -r,$$

onde e_i são os resíduos *studentizados*, e r é um valor real. De acordo com o recomendado por MYERS (1990), no presente ajustamento definiu-se $r = 2$.

Resultados

Equação de predição do diâmetro sem cortiça

O ajustamento do modelo linear sugerido na análise inicial aos dados comprovou a existência de uma relação linear forte entre este e o du. Esta relação apresenta por si só um r^2 de 0,944.

No Quadro 5 apresentam-se as estatísticas de validação calculadas para o modelo proposto, de forma a avaliar a capacidade preditiva do modelo. No Quadro 6 apresentam-se as estimativas dos parâmetros ajustados para o modelo. Não foram detectadas não normalidade nem heterocedasticidade no erro do modelo.

Quadro 5 - Estatísticas do ajustamento e da capacidade preditiva do modelo para predição do diâmetro sem cortiça

R^2	M_{press}	M_{apress}	P_{99}	P_{95}	P_5	P_1	R^2_{press}
0,944	-0,04	1,17	2,90	2,27	-2,51	-5,16	0,959

R^2 - coeficiente de determinação; M_{press} - média dos resíduos *press*; M_{apress} - média dos resíduos *press* absolutos; P_i - percentil de ordem i dos resíduos *press*; R^2_{press} - valor de R^2 calculado com base nos resíduos *press*.

Quadro 6 - Estimativas dos parâmetros do modelo para predição do diâmetro sem cortiça

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão
Interceção	-1,5276	0,250
β_1	0,8321	0,010

Equação de predição do peso de cortiça virgem

No Quadro 7 apresentam-se estatísticas do ajustamento e da capacidade preditiva dos modelos candidatos para predição do peso de cortiça virgem. Neste quadro só são apresentados os modelos que atingiram a convergência durante o ajustamento, e que apresentaram valores de r^2 superiores a 0,5.

Pelo facto do modelo Mod5 apresentar como variável dependente o logaritmo do peso seco da cortiça e não o peso seco da cortiça como os restantes modelos seleccionados, houve necessidade de fazer a transformação dos resíduos *press* por forma a que estes possam ser comparados entre todos os modelos. Os valores apresentados no Quadro 7 já são transformados.

Quadro 7 - Estatísticas do ajustamento e da capacidade preditiva dos modelos candidatos para avaliação do peso seco de cortiça virgem

Designação	R ²	M _{press}	M _{apress}	P ₉₉	P ₉₅	P ₅	P ₁	R ² _{press}
Mod1	0,620	0,000	0,99	3,66	2,21	-1,85	-3,45	0,611
Mod3	0,645	0,000	0,97	3,67	2,27	-2,00	-3,00	0,633
Mod5	0,627	0,120	0,97	3,73	2,29	-1,76	-3,00	0,613

O facto dos três modelos apresentados pertencerem ao grupo dos modelos dependentes do diâmetro sobre cortiça, indica que os modelos dependentes do diâmetro sob cortiça ou não obtêm convergência durante o seu ajustamento (Mod9 e Mod11), ou apresentam baixa capacidade preditiva (Mod6, Mod7, Mod8 e Mod10). Para a estimativa da produção de cortiça virgem devem-se portanto realizar medições antes do descortiçamento.

No Quadro 8 apresentam-se as estimativas dos parâmetros de cada um destes 3 modelos seleccionados. Muito embora estes apresentem características semelhantes, o modelo designado de Mod3 apresenta uma capacidade de predição ligeiramente superior aos restantes, pelo que deve ser este o utilizado.

Quadro 8 - Estimativas dos parâmetros dos modelos Mod1, Mod3 e Mod5

Modelo	Parâmetro	Estimativa	Erro padrão
Mod1	β_0	2,06021	0,202
	β_1	0,000043	0,000
Mod3	β_0	-19,6723	1,734
	β_1	0,00734	0,001
	β_2	4,25364	0,356
Mod5	β_0	-6,406	0,364
	β_1	1,3923	0,100
	β_2	0,7423	0,056

Discussão e conclusão

Os desbastes realizados em povoamentos juvenis e o descortçamento de árvores que apresentam cortiça virgem, resultam em produtos tradicionalmente de baixo valor, que não têm sido até ao momento alvo de uma atenção particular. Um desses produtos é a cortiça virgem, a qual por diversos motivos tem vindo nas últimas décadas a observar uma diminuição do seu valor económico.

Com vista a permitir a quantificação prévia das quantidades disponíveis de cortiça virgem, desenvolveu-se um sistema de equações que permite, com base apenas na medição do diâmetro à altura do peito, calcular uma estimativa para o peso de cortiça resultante do descortçamento e/ou do abate de árvores jovens em desbastes. O modelo pode ser aplicado em ambas as situações, considerando como altura de descortçamento no fuste ou a altura de descortçamento permitida por lei no caso da desboia (2 vezes o valor do perímetro à altura do peito), ou uma altura de descortçamento superior no caso da desboia de árvores que serão removidas simultaneamente em desbaste.

O Quadro 9 resume as equações propostas como resultado do presente trabalho.

Quadro 9 - Equações propostas para o cálculo de produtos saídos em desbaste de povoamentos juvenis

Modelo	
du	$du = -1,5276 + 0,8321d$
wvc	$wvc = -19,6723 + 0,00734d^2 + 4,25364\ln(hdf)$

wvc - peso seco de cortiça virgem (kg); d - diâmetro à altura do peito com cortiça (cm); du - diâmetro à altura do peito sem cortiça (cm); hdf - altura de descortiçamento no fuste; hbif - altura da bifurcação (m).

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia através da bolsa de Pós Doutoramento SFRH/BPD/96475/2013, e do projeto StarTree (Grant Agreement 311919), financiado pelo Seventh Framework Program for Research and Technological Development da União Europeia.

Referências bibliográficas

- AFN, 2010. *Inventário Florestal Nacional Portugal Continental IFN5, 2005 - 2006*. Autoridade Florestal Nacional, Lisboa, 209 pp.
- AIFF, 2013. *Estudo prospetivo para o setor florestal. Relatório final*. Associação para a competitividade da indústria da fileira florestal. 255 pp.
- BASKERVILLE, G.L., 1970. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forestry Research*. Vol. **2**: 49-53.
- BASKERVILLE, G.L., 1972. Testing the uniformity of variance in arithmetic and logarithmic units of a Y-variable for classes of an X-variable. *Oak Ridge Nat. Lab. Publ.* ORNL-IBP-70-1. 38 pp.
- FAIAS, S.P., PALMA, J.H.N., BARREIRO, S.M., PAULO, J.A., TOMÉ, M., 2012. Resource communication. SIMFLOR - platform for the Portuguese forest simulators. *Forest Systems* **21**(3): 543-548. Doi: <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2012213-02951>
- FERREIRA, M.C., OLIVEIRA, A.M.C., 1991. Modelling cork oak production in Portugal. *Agrofor. Syst.* **16**: 41-54.
- FONSECA, M.C., 1984. *A cortiça virgem das podas na economia corticeira*. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- FONSECA, T.J.F., PARRESOL, B.R., 2001. A new model for cork weight estimation in Northern Portugal with methodology for construction of confidence intervals. *Forest Ecology and Management* Vol. 152.

- HUBER, P.J., 1973. Robust regression: Asymptotics, conjectures, and Monte Carlo. *Annals of Statistics* **1**: 799-821.
- INE, 2004. Estatísticas Agrícolas 2003. Tema: Agricultura, Floresta e Pescas. Instituto Nacional de Estatística, I. P. Lisboa. 105 pp.
- INE, 2005. Estatísticas Agrícolas 2004. Tema: Agricultura, Floresta e Pescas. Instituto Nacional de Estatística, I. P. Lisboa. 101 pp.
- MENDES, A.M.S.C., 2002. *A economia do sector da cortiça em Portugal. Evolução das actividades de produção e de transformação ao longo dos séculos XIX e XX*. Documento de trabalho. Universidade Católica Portuguesa. Faculdade de Economia e Gestão. Porto.
- MYERS, R.H., 1990. Classical and Modern Regression with Applications. Second edition. *Duxbury Classic Series*.
- PAULO, J.A., 2011. *Desenvolvimento de um sistema para apoio à gestão sustentável de montados de sobre*. Tese apresentada para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal, 188 pp. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/3850>
- PAULO, J.A., TOMÉ, J., TOMÉ, M., 2011. Nonlinear fixed and random generalized height-diameter models for Portuguese cork oak stands. *Annals of Forest Science* **68**: 295-309. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s13595-011-0041-y>
- PAULO, J.A., TOMÉ, M., 2009. An individual tree growth model for juvenile cork oak stands in southern Portugal. *Silva Lusitana* **17**(1): 27-38. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/1449>
- PEREIRA, H., 2007. *Cork: biology, production and uses*. Elsevier, Lisbon, 336 pp.
- PEREIRA, T.C., SEABRA, T., MACIEL, H., TORRES, P., 2009. *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2007*. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Portuguese Environmental Agency, Amadora, 614 pp.
- RIBEIRO, F., TOMÉ, M., 2002. Cork weight prediction at tree level. *Forest Ecology and Management* Vol. 171: 231-241.
- SAS Institute Inc., 1989. *SAS/STAT® User's guide*, Version 6, 4th ed., volume 2, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SAS Institute Inc., 1993. *SAS/ETS® User's Guide*, version 6, 2nd ed., Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Shamblin, J.E. e Stevens Jr., G.T.; 1974. *Operations research: a fundamental approach*. McGraw-Hill. New York.
- TOMÉ, M., 2004. Modelo de crescimento e produção para a gestão do montado de sobre em Portugal. Projecto POCTI/AGR/35172/99. Relatório Final – Relatório de Execução Material (Volume I). Publicações GIMREF RFP 1/2004. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Lisboa. 89 pp. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/2355>

Entregue para publicação em fevereiro de 2014

Aceite para publicação em maio de 2014