

# **A Simulação de Plantações Auto-desbastadas de Pinheiro Manso (*Pinus pinea*) para a Produção de Pinhão**

Luís Soares Barreto

Costa de Caparica  
2019

## O Autor

Luís Soares Barreto nasceu em 1935, no Chinde, uma localidade situada no delta do rio Zambeze, em Moçambique. Neste país africano, de 1962 a 1974, realizou investigação florestal e docência na Universidade de Lourenço Marques (atual Universidade Eduardo Mondlane, Maputo), onde iniciou o ensino superior florestal. Enquanto docente desta universidade, de 1967 a 1970, foi aluno na Graduate School of Forestry, da Duke University, Durham, NC, U.S.A.. Aqui, obteve o grau de Mestre em ecologia florestal (M.F., 1968) e o de Doutor em investigação operacional aplicada à silvicultura (Ph. D., 1970). De 1975 a 2005, foi docente do Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. É o único português que estabeleceu uma teoria científica, e foi o primeiro português a obter um grau formal em ecologia. Estabeleceu a relação entre o espaço físico e as variáveis biológicas e ecológicas, e as relações espaciais entre estas, que são o fundamento das relações alométricas. Foi o primeiro europeu a elaborar o plano de estudo de impacte ambiental de um grande projeto, barragem Cahora Bassa, Moçambique, 1972, que foi aceite pela UNESCO, então sede da agência ambiental das Nações Unidas. Começou por criar uma teoria, de carácter sintático, dedutivo-matemático, abrangendo de forma unificada povoamentos florestais puros e mistos, tanto regulares como irregulares, sendo a única disponível, com esta abrangência, neste domínio. Em 2005, apresentou uma construção do mesmo tipo no âmbito da ecologia teórica, de que a primeira passou a ser um caso particular. Como contribuição pessoal para o Ano Internacional da Floresta • 2011, neste ano, apresentou uma versão melhorada da sua teoria para os povoamentos florestais. Em 2013, 2014 e 2016, ao longo de três livros, apresentou uma versão mais abrangente da sua teoria ecológica de 2005, de que disponibilizou uma explanação em inglês no ano seguinte. Elaborou um método de análise para os sistemas complexos, SBCANAL, que abre uma via para um novo paradigma para o estudo destes sistemas. Propôs uma estrutura, DAL, para a explanação de teorias científicas. É sócio honorário da Associação Portuguesa de Engenheiros do Ambiente por ter concebido, instalado, e consolidado a primeira licenciatura em engenharia do ambiente, em Portugal, na Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade Nova de Lisboa, em 1977, onde prestou colaboração graciosa durante cerca de oito anos. A sua lista de textos didáticos, científicos, técnicos e de comunicações a várias reuniões científicas ultrapassa as duas centenas. Exerceu atividade de consultoria no âmbito da ecologia e das engenharias do ambiente e florestal. Atualmente é professor catedrático jubilado do Instituto Superior de Agronomia, da Universidade de Lisboa.

# A Simulação de Plantações Auto-desbastadas de Pinheiro Manso (*Pinus pinea*) para a Produção de Pinhão

**Luís Soares Barreto**

Professor Jubilado do Instituto Superior de Agronomia  
Av. do Movimento das Forças Armadas, 41-3D  
2825-372 Costa de Caparica, Portugal

**Resumo:** O autor apresenta a função *pinha*, escrita na linguagem R, que a partir da entrada da densidade final desejada de um povoamento regular auto-desbastado de *Pinus pinea* calcula, para idades dos 10 aos 100 anos, o dap médio do povoamento, a altura média do povoamento, a área basal do povoamento, a biomassa de pinhas por árvore, a biomassa de pinhas do povoamento, e fornece uma estimativa da biomassa de pinhas do povoamento jardinado simétrico. O interesse do simulador é justificado pelo incremento que se vem verificando na criação de plantações de pinheiro manso e nas previsões de crescente escassez de mão-de-obra disponível para o sector agro-florestal, devido ao declínio demográfico e à descreste capacidade do sector atrair trabalhadores. O aproveitamento da sobreprodução de pinhais mistos de *Pinus pinea* e *Pinus pinaster* é também abordada.

**Palavras-chave:** pinheiro manso; produção de pinhas; escassez de mão-de-obra; plantações de pinhais mansos

**Abstract:** The author establishes an allometric equation for the cone production by a tree of *Pinus pinea* ( $w_c$ ), and its dbh ( $d$ ) of the form  $w_c = a d^3$ . The author presents an R function, *pinha*, that requires only the final density to establish the projection of a self-thinned even-aged stand of the same pine. The output of the function includes age ( $t$ ), tree density ( $N$ ), mean dbh ( $d$ ), mean height, ( $h$ ), basal area ( $G$ ), cone production by the mean tree ( $w_c$ ), and stand production of cones ( $W_c$ ). The simulator estimates also the cone production of the symmetric uneven-aged stand.

**Key-words:** stone pine; cone production; man-power shortage; plantations of stone pine

## 1. Introdução

O meu interesse pelo pinheiro manso (*Pinus pinea*; **PM**) vem dos anos noventa e a última vez que dele me ocupei foi no princípio do século (Barreto, 1993, 2000, 2002). Os dados a que tive acesso, identificados nos textos mencionados, permitiram-me estabelecer os parâmetros característicos da espécie, estabelecer a sua estratégia bionómica, modelar e projetar povoamentos puros auto-desbastados regulares e irregulares, numa perspetiva de produção de lenho. Em Barreto (2000), abordei também a energia nos pinhais mansos regulares, os ciclos biogeoquímicos e a eficiência do PM no uso dos nutrientes, que comparei com a do pinheiro bravo. Ao longo do livro são propostos vários simuladores e disponibilizadas as suas listagens em BASIC (estávamos em 2000). A silvicultura para produção de lenho de PM tornou-se virtualmente inexistente no nosso país, e parte destas contribuições revestem-se, neste contexto, de pouca utilidade.

Recentemente, tive acesso ao texto de Freire, Rodrigues e Tomé (2019), onde se disponibiliza o endereço, de uma base de dados relativos à produção de pinhão em Portugal, que é o seguinte: <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.895267>. Neste texto, encontra-se também uma caracterização da silvicultura europeia e portuguesa do PM cuja leitura sugiro como complemento desta introdução.

O impacto das alterações climáticas nas florestas tem, justificadamente, merecido a atenção de investigadores. No contexto em que este texto se insere, menciono Freire, Rodrigues e Tomé (2019) e Mutke, Gordo e Gil (2005).

Infelizmente, outras nuvens negras pairam sobre a economia europeia: o declínio demográfico e o espectro de futura escassez de mão-de-obra, capazes de pôr em risco os níveis de segurança social e qualidade de vida a que nos habituámos.

No caso do sector agroflorestal português, temos de assinalar um dos mais agudos declínios demográficos europeus e a decrescente capacidade deste sector para atrair trabalhadores.

Simultaneamente, verifica-se um crescente recurso à plantação de pinhais mansos para a produção de pinhão (Freire, 2009:14).

A disponibilidade de dados e a concomitância destas duas situações (plantações e escassez de mão-de-obra), a par de alguns resultados disponíveis em Barreto (2000) e da teoria florestal que estabeleci (Barreto, 2010, 2011), levaram-me a criar um simulador – **pinha** - para os pinhais mansos auto-desbastados, na perspetiva da produção de pinhão.

O simulador *pinha* pode ser associado ao método **SB-BARTHIN** (Barreto, 2001, 2010: capítulo 10) e ser utilizado no contexto de uma silvicultura mais intensiva que recorra a desbastes.

## 2. Dados

Louvando-me em Freire (2009:1), utilizei dados de 151 árvores da Charneca Mionénica e Pliocénica dos Vales do Tejo e Sado, constantes da base de dados mencionada. Os dados são de parcelas situadas nos concelhos de Alcácer do Sal, Coruche, Grandola e Montemor-o-Novo. Nos dados utilizados podem-se distinguir dois grupos:

- Árvores com colheita de pinha no período 2005/06 (coluna wc2) e no grupo das árvores números 1 a 146.
- Árvores com colheita de pinha no período 2006/07 (coluna wc3) e no grupo das árvores números 147 a 182.

## 3. A Equação Alométrica

Para a estratégia de modelação adotada, carecemos de uma relação alométrica que relacione a biomassa de pinha da árvore com o seu diâmetro à altura do peito (d). Niklas (1994:229-231) estabeleceu uma relação alométrica entre a biomassa dos órgãos reprodutivos e o diâmetro do fuste medido logo abaixo da copa (no caso de árvores). O expoente encontrado foi três, para o grupo de espécies considerado. Escreve este autor na página 231: “Thus for these organisms reproductive biomass scales roughly as the cube power of the stem diameter”.

Este resultado levou-me a estender a equação de Niklas à relação alométrica entre o peso das pinhas e o dap da árvore. Para isso estabeleci a conjectura que passo a enserir.

Sejam  $M$  e  $L$  as unidades fundamentais de massa e linear. Temos para a biomassa das pinhas de uma árvore  $[wc]=[M]$  e para o dap  $[d]=[L]$ .

Do ponto de vista biomecânico o tronco é uma coluna que sustenta o peso da copa. Quanto maior for a copa, maior terá de ser o tronco, e assim o seu dap. A biomassa da pinhas produzidas por uma árvore depende da dimensão da copa, e esta da dimensão do tronco. Assim, a biomassa das pinhas produzidas por uma árvore depende do volume do tronco  $V$ , pelo que ( $\alpha$ =proporcional)

$$wc \propto V \quad (1)$$

mas  $V$  tem a dimensão  $L^3$ , donde

$$M \propto d^3 \quad (2)$$

Munidos desta justificação, para os dados mencionados, vamos estabelecer a relação alométrica:

$$wc = a d^b \quad (3)$$

Isto é feito no R, e para mais fácil controlo dos meus resultados copio para aqui os resultados obtidos no R.

```
> d1=c(63.70, 66.40, 52.90,55.25,45.65,54.80,52.20,58.85,
+ 57.80, 69.00,87.40,28.05,28.25, 26.45, 81.65,75.45,
+ 79.10, 16.40,23.35,27.20,25.50,16.65,27.05,22.45,
+ 31.15, 34.90,29.90,33.40,40.50,31.70,39.20,21.10,
+ 37.50, 16.10)
> m1=c(49.81,20.12,35.55,37.93,20.03,41.17,33.72,22.77,
+ 41.51,162.81,159.54, 1.65,1.82, 0.25,57.49,99.38,
+ 181.34,2.43, 1.60, 1.51,7.00,2.39, 3.26, 0.62,
+ 2.26,7.96, 7.08,11.25,16.18,10.05,3.48, 2.09,
+ 18.71,3.47)
> #34 árvores, 147-182 wc3
>
> dwc2=c(75.95,51.10,59.30,72.95,61.85,81.15,73.75,68.85,88.95,44.85,64.60,49.15,
+ 59.95,48.30,60.95,46.90,44.00,40.95,41.50,40.15,39.35,43.85,42.70,37.25,
+ 42.45,36.80,34.00,39.15,34.55,38.60,30.85,39.05,29.25,33.60,34.30,40.80,
+ 36.25,33.15,42.45,39.70,44.15,39.00,25.50,34.20,36.70,35.80,40.80,39.55,
+ 43.30,38.55,45.20,38.35,40.00,48.60,45.60,44.40,52.16,45.00,55.60,60.50,
+ 59.75,53.95,49.85,51.55,46.44,43.22,49.50,32.30,58.40,75.25,59.80,66.75,
+ 62.80,92.45,65.30,57.05,69.55,92.15,64.20,19.05,17.10,13.90,15.50,15.75,
+ 19.80,16.35,15.75,19.35,18.35,17.80,17.15,16.55,16.45,16.10,15.40,16.60,
+ 17.70,19.85,15.25,20.20,19.00,19.70,17.00,20.85,16.75,15.75,16.75,17.55,
+ 17.15,18.30,14.90,15.10,20.15,17.85,17.95,15.05,16.80)
> #117 árvores 1-146 wc2
>
> wc2=c( 31.27,26.94,43.89,31.65,16.35,47.58,39.02,37.65,19.09,16.95,28.20,34.11,
+ 14.83,10.95,20.42,10.60,2.00,3.55,3.58, 7.92, 8.15, 3.79,3.87, 3.04,
```

```
+ 5.81,1.54, 7.28,11.90,2.51,      3.46,2.31,3.28,      1.56,      3.30,1.60,
2.78,
+ 4.64,1.38, 3.86,2.60,10.54,1.98, 3.42, 6.02,4.80, 0.43,4.15,      2.42,
+ 11.45,2.60, 2.32, 8.46,      3.88,6.50,12.05, 2.59,18.13, 7.52,3.35,18.04,
+ 34.72,25.90,5.27,11.82,9.80, 6.62, 6.10, 0.30,11.35,51.04,18.22,13.98,
+ 25.43,53.81,9.39, 6.80,40.34,109.96,50.76,0.31, 0.32,0.19, 0.11,0.10,
+ 0.36,0.77,      0.15, 0.25,      0.25,0.24,1.44,0.84, 0.15,0.25,1.06, 0.44,
+ 0.32,0.49,0.54, 1.01,0.71,0.53,0.38,      2.18,0.74, 0.25,0.51,0.48,
+ 1.22, 0.25, 0.47, 0.17,0.49, 0.37, 1.69,0.95,0.47)
```

```
>
>
>
>
> # 151 árvores
> d=c(d1,dwc2)
> w=c(m1,wc2)
> fit1=lm(log(w)~log(d))
> summary(fit1)
```

```
Call:
lm(formula = log(w) ~ log(d))
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.3404 -0.5200 -0.0611  0.6136  2.2006
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -9.3093     0.4528  -20.56  <2e-16 ***
log(d)         3.0059     0.1259   23.88  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.8119 on 149 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7928,    Adjusted R-squared:  0.7914
F-statistic: 570.2 on 1 and 149 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```
> # constante
> e=exp(coef(fit1)[1])
> e
(Intercept)
9.057659e-05
> # 9.057659e-05
> # simulados
> si=e*d^coef(fit1)[2]
>
> plot(log(si),log(d))
```

Obtemos o gráfico do logaritmo dos valores medidos e simulados da figura 1.

O expoente de **d** é 3,0059 e o ajustamento é bom, por isso passamos a dispor da relação alométrica pretendida que escrevemos

**$wc=9,057659e-05 d^{3,0059}$**

(4)

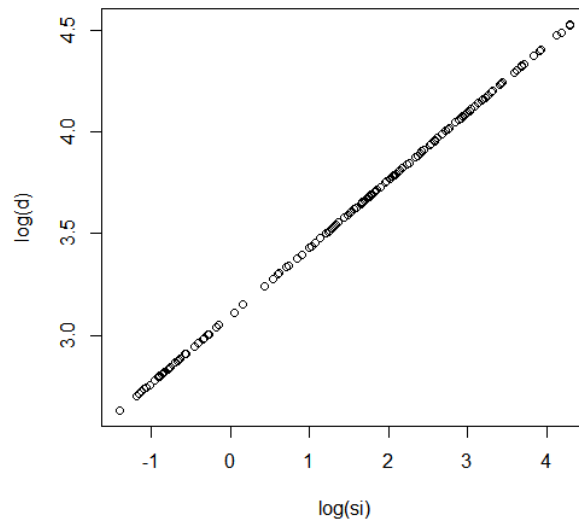


Figura 1. Gráfico dos valores medidos e ajustados

Apresentamos também o gráfico dos valores ajustados e resíduos na figura 2.

Foi com apreço e grato que utilizei a base de dados acima referenciada. A ciência aberta é frutuosa.

#### 4. O Simulador pinha

A simbologia que simulador usa é a seguinte (Soares e Tomé, 2008):

t - idade, anos

d - dap médio do povoamento, cm

h - altura média do povoamento, m

G - área basal do povoamento, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>

wc - biomassa de pinhas por árvore, quilogramas

Wc - biomassa de pinhas do povoamento, quilogramas ha<sup>-1</sup>

Desejamos um simulador que requeira só de entrada a densidade final ( $N_f$ ) por isso precisamos de relações entre a densidade final e os valores finais do diâmetro médio do povoamento  $d_f$  e da sua altura média final  $h_f$  para serem introduzidas nas equações de Gompertz.

Estas relações são obtidas de Barreto (2000), na página 38, equações (1.15) e (1.18) e referem-se à classe de qualidade média na fonte dos dados que utilizei (Cascio, 1969). Eis as equações:

$$d_f = 391,889 N_f^{-0,420} \quad (5)$$

$$h_f = 41,240 N_f^{-0,205} \quad (6)$$

Podemos agora escrever as equações de Gompertz para projetar N, d, h, wc e Wc:

$$N = N_f * r N^{\exp(-(c*n))} \quad (7)$$

$$d = df * r1^{\exp(-(c*n))}$$

(8)

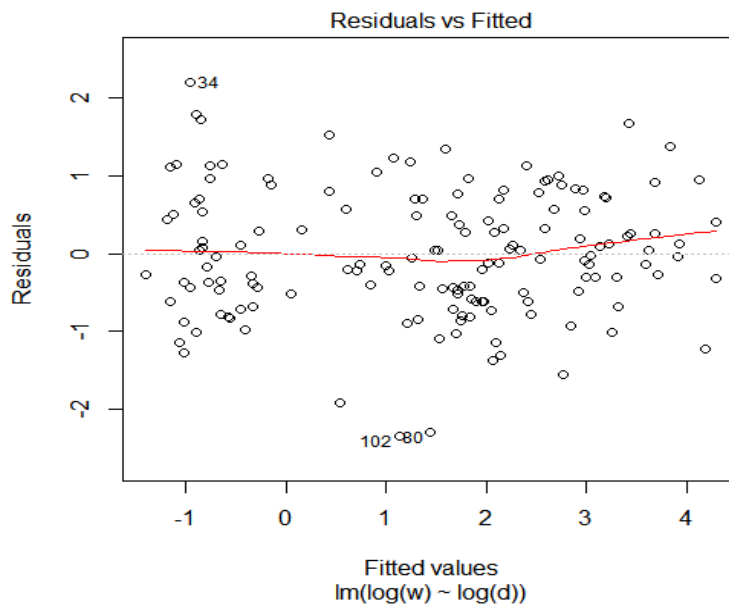


Figura 2. Gráfico dos valores ajustados e resíduos

$$h = hf * r1^{\exp(-(c*n))}$$

(9)

$$wc = wcf * r1^{(3.0059 * \exp(-(c*n)))}$$

(10)

$$Wc = N * wc$$

(11)

Nestas equações  $n$  é igual à idade menos 10 anos ( $t-10$ ),  $c$ ,  $rN$  e  $r1$  são parâmetros característicos da dinâmica do PM e têm os valores  $c=0,104$ ,  $rN=11,924$  e  $r1=0,289$ .

$rN$  é a razão entre a densidade aos 10 anos de idade e a final e  $r1$  aplica-se a qualquer variável de dimensão linear e é razão entre o valor aos 10 anos de idade e o valor final e  $c$  o coeficiente de competição na equação de Gompertz..

**Recomendamos vivamente que se ajustem as equações (5) e (6) à realidade dos pinhais pinhais mansos portugueses.**

Podemos agora inserir a listagem do simulador pinha:



```

pinha=function(x){
  Nf=x
  c=0.104;rN=11.924;r1=0.289
  #df em função Nf
  df=391.889*Nf^(-0.420)

  #hf em função de Nfa
  hf=41.240*Nf^(-0.205)

  #wcf em função de df
  wcf=9.057659e-05*df^3.0059

  # Idades de projeção
  t=c(10,20,30,40,50,60,70,80,90,100)
  #t-t0
  n=c(0,10,20,30,40,50,60,70,80,90)
  N=Nf*rN^exp(-(c*n))
  N=round(N,0)
  d=df*r1^exp(-(c*n))

  h=hf*r1^exp(-(c*n))

  wc=wcf*r1^(3.0059*exp(-(c*n)))
  wc[1]=0
  #wc
  Wc=N*wc
  G=pi*(d/200)^2*N
  res=cbind(t,N,d,h,G,wc,Wc)
  print(round(res,3))
  tt=t[-1]
  Wct=Wc[-1]
  plot(tt,Wct, pch=16, col=3, xlab="Anos", ylab="Wc, kg/ha")
  title('Produção de pinha por ha')
  print("_____")
  #Estimar a produção do pinhal jardinado simétrico
  m=seq(10,80,1)
  Nj=Nf*rN^exp(-(c*m))
  wcj=wcf*r1^(3.0059*exp(-(c*m)))
  Wcj=Nj*wcj
  Wcj=sum(Wcj)/80
  print("Estimativa da produção do povoamento jardinado simétrico")
  print(round(Wcj,3))
}

```

```
> pinha(25)
```

	t	N	d	h	G	wc	Wc
[1,]	10	298	29.304	6.161	20.098	0.000	0.000
[2,]	20	60	65.385	13.747	20.147	25.952	1557.108
[3,]	30	34	86.832	18.255	20.134	60.882	2069.986
[4,]	40	28	95.989	20.181	20.263	82.296	2304.296
[5,]	50	26	99.452	20.909	20.197	91.547	2380.224

```

[6,] 60 25 100.706 21.172 19.913 95.060 2376.495
[7,] 70 25 101.153 21.266 20.090 96.333 2408.334
[8,] 80 25 101.311 21.300 20.153 96.788 2419.689
[9,] 90 25 101.367 21.311 20.175 96.949 2423.715
[10,] 100 25 101.387 21.315 20.183 97.006 2425.140
[1] "
[1] "Estimativa da produção do povoamento jardinado simétrico"
[1] 2031.4

```

Obtemos também o gráfico da figura 3.

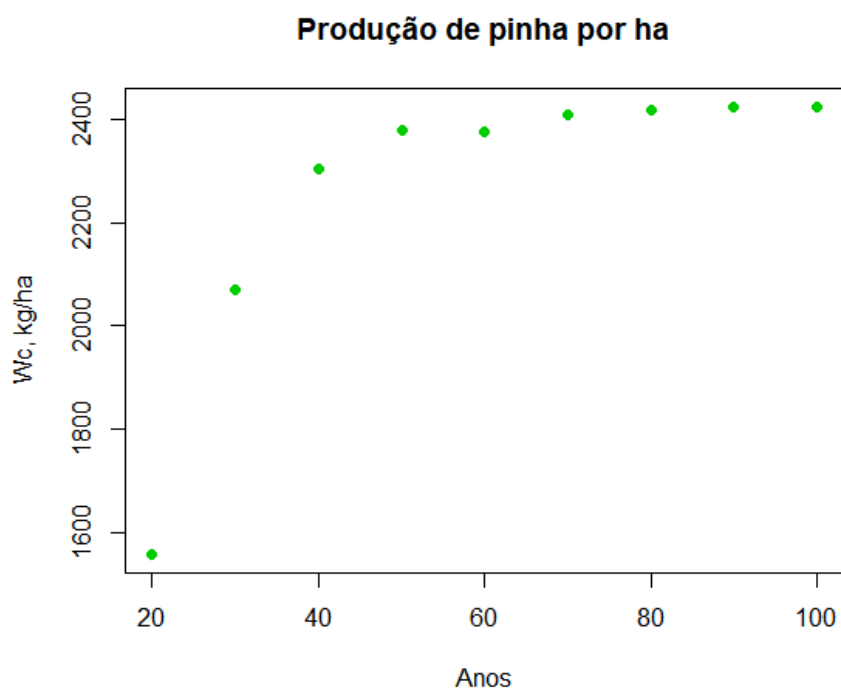


Figura 3. Gráfico produzido pelo simulador pinha

Nos quadros 1 a 4 inserimos exemplos de projeções executadas pelo simulador pinha.

Quadro 1. Projeção de um pinhal manso com  $N_f$  igual 25 árvores  $ha^{-1}$  obtida com o simulador pinha

t	N	d	h	G	wc	Wc
10	298	29,304	6,161	20,098	0	0
20	60	65,385	13,747	20,147	25,952	1557,108
30	34	86,832	18,255	20,134	60,882	2069,986
40	28	95,989	20,181	20,263	82,296	2304,296
50	26	99,452	20,909	20,197	91,547	2380,224
60	25	100,706	21,172	19,913	95,060	2376,495
70	25	101,153	21,266	20,090	96,333	2408,334
80	25	101,311	21,300	20,153	96,788	2419,689
90	25	101,367	21,311	20,175	96,949	2423,715
100	25	101,387	21,315	20,183	97,006	2425,140

Quadro 2. Projeção de um pinhal manso com  $N_f$  igual 50 árvores  $ha^{-1}$  obtida com o simulador pinha

t	N	d	h	G	wc	Wc
10	596	21,902	5,345	22,456	0	0
20	120	48,87	11,926	22,510	10,817	1298,091
30	68	64,900	15,837	22,495	25,377	1725,654
40	56	71,745	17,508	22,639	34,303	1920,987
50	52	74,333	18,139	22,566	38,159	1984,285
60	51	75,270	18,368	22,694	39,624	2020,800
70	50	75,604	18,449	22,447	40,154	2007,719
80	50	75,722	18,478	22,517	40,344	2017,185
90	50	75,764	18,488	22,542	40,411	2020,542
100	50	75,779	18,492	22,551	40,435	2021,730

Quadro 3. Projeção de um pinhal manso com  $N_f$  igual 75 árvores  $ha^{-1}$  obtida com o simulador pinha

t	N	d	h	G	wc	Wc
10	894	18,473	4,918	23,961	0	0
20	180	41,218	10,974	24,018	6,484	1167,038
30	102	54,738	14,574	24,003	15,210	1551,435
40	84	60,511	16,111	24,156	20,560	1727,048
50	78	62,694	16,692	24,079	22,871	1783,955
60	76	63,484	16,903	24,056	23,749	1804,909
70	75	63,766	16,978	23,951	24,067	1805,023
80	75	63,865	17,004	24,026	24,180	1813,534
90	75	63,901	17,014	24,053	24,221	1816,552
100	75	63,913	17,017	24,062	24,235	1817,620

Quadro 4. Projeção de um pinhal manso com  $N_f$  igual 100 árvores  $ha^{-1}$  obtida com o simulador pinha

t	N	d	h	G	wc	Wc
10	1192	16,370	4,637	25,089	0	0
20	240	36,527	10,346	25,150	4,509	1082,160
30	136	48,508	13,739	25,134	10,578	1438,600
40	112	53,624	15,188	25,294	14,299	1601,440
50	104	55,558	15,736	25,213	15,906	1654,209
60	101	56,259	15,935	25,107	16,516	1668,133
70	100	56,508	16,005	25,079	16,737	1673,744
80	100	56,597	16,031	25,158	16,816	1681,636
90	100	56,628	16,039	25,186	16,844	1684,434
100	100	56,639	16,043	25,196	16,854	1685,425

## 5. Avaliação

Não disponho de dados que me permitam confrontar os valores simulados com dados empíricos. Provavelmente nem existem, dado o pouco interesse que durante muitos anos o PM mereceu dos investigadores, antes da emergência da silvicultura para a produção de pinhão.

No entanto, verifico que as simulações têm coerência interna e os valores das produções por hectare são consistentes com os valores medidos e registados na literatura.

Assinalo também que a relação alométrica deduzida e ajustada, equação (4), pode ser utilizada individualmente, desinserida do simulador, para avaliação expedita da produção de pinhas pelas árvores de PM.

## 6. Povoamentos Mistos de PM e Pinheiro Bravo

Se o leitor não está familiarizado com a minha teoria para a competição, sugiro a leitura do capítulo 22 em Barreto (2014), livro de acesso livre no sítio da biblioteca do Instituto Superior de Agronomia (ver bibliografia).

Vila et all. (2007) verificaram que as florestas mistas mediterrânicas exibiam uma sobre produção média de 30%. Entre as espécies que compunham as florestas que analisaram, estão pinheiros mediterrânicos e o carvalho comum. Esta ocorrência justifica esta secção.

Nos povoamentos mistos de PM e pinheiro bravo (PB), o PB é a espécie dominante até aos 19 anos, e depois a hierarquia competitiva inverte-se, como se ilustra na figura 4. Nesta figura exibem-se as razões entre as taxas relativas de mortalidade (rmr) do PM e do PB. Valores inferiores a 1 indicam dominância competitiva do PB, e superiores a 1 dominância do PM.

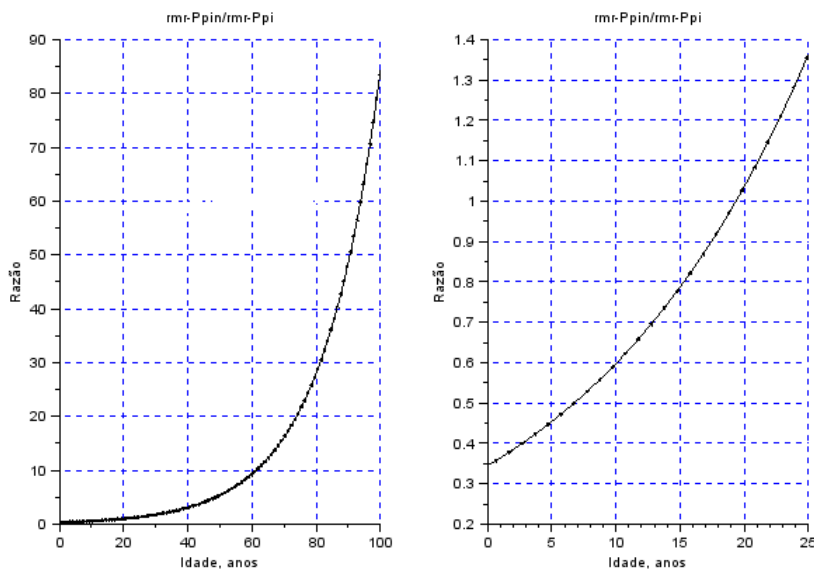


Figura 4. Gráficos da variação da razão 'rmr do PM/rmr do PB'. Para interpretação ver o texto

Utilizando um procedimento descrito em Barreto (2012) ilustramos o processo de sobre produção para os povoamentos mistos de PM e PB, na figura 5. Estabelecamos os seguintes acrónimos: PMAR = povoamento misto auto-desbastado regular, PPAR=povoamento puro auto-desbastado regular. No gráfico da figura 5 o significado dos símbolos é o seguinte:

$R_y = (\text{Biomassa total do PMAR, aos 90 anos}) / (\text{Soma das biomassas dos PPAR das mesmas espécies aos 90 anos})$ ;

$P_i$  = proporção do número de árvores da espécie dominante aos 10 anos;

$R_t = (\text{Biomassa final da árvore média da espécie dominante}) / (\text{Biomassa final da árvore média da espécie dominada})$ .

Como se verifica todas combinações de proporções iniciais das espécies redundam em sobre produção pois toda a superfície dos valores de  $R_y$  está acima do plano de cota 1. Verifica-se também que há proporções iniciais das espécies que maximizam a sobre produção.

Dada esta situação, um questão que se pode levantar é a do eventual interesse em se indagar se a exploração dos povoamentos mistos de PM e PB pode dar origem a sobre produção com interesse económico, para a produção simultânea de pinhão e madeira de PM.

A reprodução da sobre produção verificada empiricamente reforça a verosimilhança dos valores característicos das espécies, que estabelecemos.

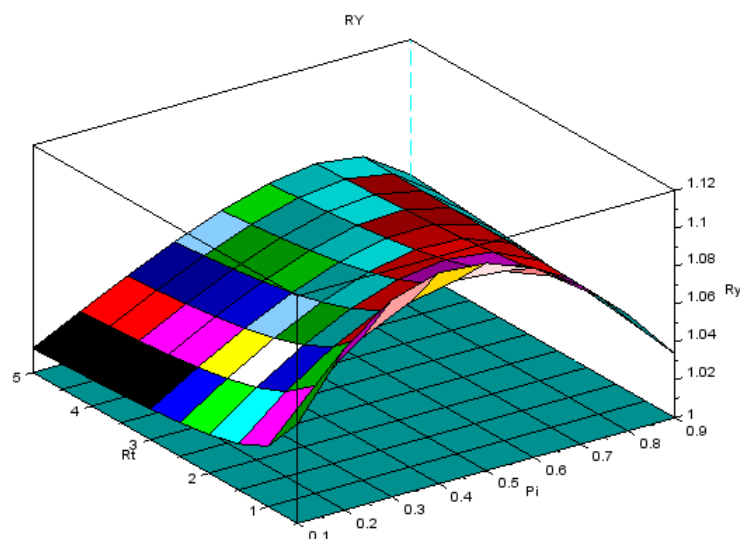


Figura 5. Gráfico ilustrativo da sobre produção em PMAR de PM e PB. Para os símbolos ver o texto

## 7. Comentários Finais

Como a avaliação do simulador pinha já foi feita e a secção 6 resume-se a uma sugestão, pouco há a acrescentar ao que já foi expandido, salvo o ritual de no final o autor manifestar a sua esperança em ter produzido trabalho que se venha a revestir de utilidade.

## 8. Bibliografia

- Barreto, L. S., 1993. UMBRELLA - a first simulator for self-thinned even-aged pure stands of umbrella pine. *Silva Lusitana*, 1(2):157-162.
- Barreto, L. S., 2000. *Pinhais mansos. Ecologia e gestão*. Estação Florestal Nacional, Lisboa.
- Barreto, L. S., 2001. Method SB-BARTHIN to Evaluate the Effects of Thinning. An Application to *Pinus pinaster* Ait.. *Silva Lusitana*, 9(2):205-215. 2001
- Barreto, L. S., 2002. *Software UMBELA e MULTAT*. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia.
- Barreto, L. S., 2005. *Pinhais Bravos. Ecologia e Gestão*. Livro eletrónico, Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/1425>
- Barreto, L. S., 2010. *Árvores e Arvoredos. Geometria e Dinâmica*. Livro eletrónico. Edição do autor, Costa de Caparica, novembro, 2010. <http://hdl.handle.net/10400.5/14229>
- Barreto, L. S., 2011. *From Trees to Forests. A Unified Theory*. Livro eletrónico. Edição do autor, Costa de Caparica, maio. 2011. <http://hdl.handle.net/10400.5/14230>
- Barreto, L. S., 2012. The Gobal Yield and Allometry of Self-Thinned Mixed Forests. A Theoretical and Simulative Inquiry. *Silva Lusitana*, 20(1/2):83-103.
- Barreto, L. S., 2014. *Ecologia Teórica. Uma Outra Explicação. II - Interações entre Populações*. Livro eletrónico, Costa de Caparica. <http://hdl.handle.net/10400.5/14231>

- Cardoso, M. M.; Lobo, P. A., 2001. Delimitação de pisos bioclimáticos e regiões de proveniência de pinheiro manso em Portugal, usando sistemas de informação geográfica. *Silva Lusitana* 9 (1): 93-108.
- Cascio, A., 1969. Tavola alsometrica del Pino domestico del "Bosque Bellia" cresciuto in fustaia coetanea. *L'Italia Forestale e Montana* 24(1):67-72.
- Freire, J. P. A., 2009. *Modelação do crescimento e da produção de pinha no pinheiro manso*. Tese de doutoramento. Instituto Superior de Agronomia.
- Freire, J. A., G. C. Rodrigues e M. Tomé, 2019. Climate Change Impacts on *Pinus pinea* L. Silvicultural System for Cone Production and Ways to Contour Those Impacts: A Review Complemented with Data from Permanent Plots. *Forests* 2019, 10, 169; doi:10.3390/f10020169. [www.mdpi.com/journal/forests](http://www.mdpi.com/journal/forests)
- 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 (2005) 263–272.
- Niklas, K. j., 1994. *Plant Allometry*. The Scaling of Form and Process. The University of Chicago Press.
- Soares, P. e M. Tomé, 2008. *Símbolos usados na inventariação e modelação de recursos florestais*. 2ª versão. Centro de Estudos Florestais, Lisboa. Publicações ForChange – RT5/2008
- Vila, M., J. Vayreda, L. Comas, J. Ibáñez, T. Mata, and B. Obón, 2007. Species richness and wood production: a positive association in Mediterranean forests. *Ecology Letters*, (2007) 10: 241–250.