

# MELHORIA NA PRECISÃO DA PRESCRIÇÃO DE MANEJO PARA FLORESTA NATURAL

Mauro Sérgio Rangel<sup>1</sup>, Natalino Calegario<sup>2</sup>, Anabel Aparecida de Mello<sup>3</sup>, Poliana Costa Lemos<sup>4</sup>

(recebido: 17 de novembro de 2005; aceito: 25 de janeiro de 2006)

**RESUMO:** Este estudo foi realizado em um fragmento de mata estacional semidecídua montana, localizado na Reserva Florestal da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de melhorar a prescrição de manejo florestal, comparando o ajuste linear e não linear da distribuição diamétrica. Para a realização deste estudo, optou-se por selecionar as 17 espécies de maior densidade populacional encontradas na reserva e foram ajustadas duas funções de distribuição diamétrica (linear e não linear). De posse das frequências estimadas, utilizou-se o quociente de De Liocourt para a prescrição da alternativa de manejo. De acordo com os resultados obtidos no estudo, observou-se que as frequências estimadas pelo modelo não linear, ajustadas por espécie, se aproximaram mais das frequências observadas e apresentaram menores valores de erro padrão residual. Sendo assim, o modelo não linear representa com maior exatidão e precisão o estoque de madeira das 17 espécies estudadas e as estimativas, por meio do ajuste desses modelos, propiciam melhor previsão de produção.

Palavras-chave: Manejo florestal, regressão não linear, floresta nativa, distribuição diamétrica.

## IMPROVING FOREST MANAGEMENT PRESCRIPTION FOR NATURAL FOREST

**ABSTRACT:** This study was carried out in an estational semideciduous montana forest, located in the Forest Reserve at Federal University of Lavras. The main propose was to improve the prescription for forest management, comparing the linear and non-linear adjusting of diametric distribution. In order to generate the prescriptions, 17 species with greater population density were selected and the nonlinear and linear functions were fitted. After the frequency estimates by diameter class, the De Liocourt quotient 'q' was used for obtaining the management prescriptions. Based on the results, it was observed that the estimated frequency, by nonlinear function and by specie, had values closer to observed frequency, generating lower residual standard error. Therefore, the nonlinear method is more precise and exact in estimating the wood stock of the species, generating better prediction of the production.

Key words: Forest management, nonlinear regression, natural forest, diametric distribution.

## 1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são caracterizadas pela alta densidade de plantas e pela grande diversidade de espécies cujos ritmos de crescimento são, em geral, diferentes. Tais formações florestais naturais possuem características mais complexas quando comparadas a florestas plantadas, tanto na estrutura horizontal ou vertical, quanto na distribuição espacial de árvores individuais (SMITH et al., 1997). A distribuição diamétrica dessas florestas tem a forma de J-invertido, que é uma distribuição típica de comunidades que se auto-regeneram, onde as árvores de menor dimensão representam a grande maioria da população. A distribuição das frequências por

classes diamétricas em forma de J-invertido tem sido observada em florestas por muitos séculos (O'HARA, 1998). As espécies que possuem estas características se diferenciam pelo contínuo recrutamento (curta viabilidade das sementes) e por apresentarem alta mortalidade nos menores indivíduos, com menos chances competitivas, justificando, assim, sua forma de distribuição diamétrica exponencial, ou seja, J-invertido (MORY & JARDIM, 2001, citados por SILVA et al., 2004).

De acordo com Meyer (1952), o francês De Liocourt, no final do século XIX, publicou o primeiro trabalho numérico sobre distribuição diamétrica, observando que a razão entre o número de árvores em uma classe diamétrica e o número de árvores na

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37.200-000 – Lavras, MG – msrangel25@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Professor Adjunto, PhD, do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37.200-000 – Lavras, MG – calegari@ufla.br

<sup>3</sup>Bolsista, Recém-Doutor, FAPEMIG, Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37.200-000 – Lavras, MG – anabel\_mello@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Pós-graduanda do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37.200-000 – Lavras, MG – polianaclemos@yahoo.com.br

classe superior se mantém constante, gerando um quociente  $q$ . O termo “floresta balanceada” foi introduzido por Meyer (1952) para expressar as florestas que mantêm uma taxa constante na redução do número de árvores com o aumento do diâmetro. Posteriores desenvolvimentos em manejo de florestas inequianes conduziram para a abordagem de BDq, ou seja, o estoque da floresta é controlado baseando-se na área basal (B), no diâmetro máximo (D) e no quociente  $q$ . Caracterizar a estrutura de uma floresta significa descrever estatisticamente a forma da distribuição das árvores, em função do DAP (MEYER & STEVENSON, 1943, citados por GONÇALVES, 1999).

O manejo florestal sustentável, como um processo de gerenciamento permanente de áreas florestais, será tanto eficiente quanto precisas forem as estimativas geradas com amostragens na floresta. Dentre as estimativas determinantes para o sucesso da alternativa de manejo, a distribuição diamétrica se apresenta como uma das mais importantes devido ao fato de toda a prescrição de desbaste ser baseada na mesma. A maioria dos estudos sobre prescrição de desbaste por classe de diâmetro para floresta natural é fundamentada na estimativa da distribuição diamétrica utilizando o modelo linear simples, com a transformação logarítmica do número de árvores por classe diamétrica. (CAMPOS et al., 1983; HASEN & NYLAND, 1987; LEAK, 1964; LONG & DANIEL, 1990; MEYER, 1952; PULZ, 1998; SCOLFORO, 1996; TROUP, 1952). O problema com o uso do modelo linear simples, com transformação logarítmica do número de árvores por classe diamétrica, está na falta de precisão das estimativas em certas classes quando ocorre a retransformação para a unidade original. Isto pode ser resolvido utilizando o modelo não linear clássico, por meio do método de Gauss-Newton, por exemplo, em que o número de árvores por classe de diâmetro é estimado sem a necessidade de transformação.

Portanto, objetivou-se principalmente, com este estudo, gerar prescrições de manejo florestal, comparando o ajuste linear e o não linear na estimativa da distribuição diamétrica de dezessete espécies de árvores, presentes em um fragmento de mata estacional semidecídua montana.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado em uma área que constitui a Reserva Florestal da Universidade Federal de Lavras, situada dentro do próprio campus. A área total é de 5,8 hectares, com coordenadas geográficas aproximadas de 21°13'40" S e 44°37'50" W, e altitude média de 935 m.

Conforme a classificação de Köppen, o tipo climático é Cwb, com temperatura média de 19,4 °C e precipitação anual média de 1530 mm. Os solos são do tipo Latossolo roxo distrófico (epialico) com textura muito argilosa (CURI et al., 1990).

Este fragmento de mata atlântica é classificado como floresta estacional semi-decidual montana (tropical sub-caducifólia) pelo sistema do IBGE, com fisionomia vegetacional caracterizada por até 50% de árvores caducifólias.

A Reserva tem mantido suas dimensões e não sofreu corte raso desde aproximadamente 1920. Retirada de pequenas peças de madeira e lenha, além de aberturas de trincheiras para estudos de perfis do solo, foram alterações freqüentes até 1986, quando a Reserva foi declarada área de preservação permanente e cercada (OLIVEIRA FILHO et al., 1994).

### 2.2 Obtenção dos dados

Em 1987, a Reserva Florestal da UFLA sofreu demarcação de uma rede de 126 parcelas contíguas de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m) para realização do censo florestal, com medição do diâmetro à altura do peito (DAP)  $\geq$  5 cm, identificação e numeração das árvores com placas de alumínio. Foram inventariados 6528 indivíduos, pertencentes a 137 espécies e 52 famílias (MELLO et al., 1996).

Neste trabalho foram utilizados dados de 17 espécies do inventário: *Amaioua guianensis* Aublet., *Calyptanthes clusiifolia* (Miq.) O. Berg., *Casearia arborea* (L. C. Rich) Urban., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Cryptocarya aschersoniana* Mez., *Miconia argyrophylla* DC., *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer., *Siparuna guianensis* Aublet., *Tapirira obtusa* (Benth.) Mitchell., *Xylopia brasiliensis* Sprengel., *Maprounea guianensis* Aublet., *Ocotea corymbosa* (Meisner) Mez., *Trichilia emarginata* (Turcz.) C. DC., *Miconia pepericarpa* DC., *Miconia trianae* Cogn., *Myrcia fallax* (Rich.) DC. e *Miconia chatacea* Triana. As madeiras dessas espécies vão de moderadamente pesada

à pesada, e, no geral, são empregadas na construção civil, acabamentos internos (molduras, revestimentos decorativos, forros, rodapés, etc), fabricação de móveis, extração de óleo e essência (LORENZI, 1992).

### 2.3 Ajuste das funções de distribuição diamétrica

Foram ajustadas duas funções de distribuição diamétrica, sendo uma linear (1) e a outra não linear (2), ou função de Meyer, para as 17 espécies. Esses ajustes foram feitos a partir da estimativa de  $\beta_0$  e  $\beta_1$ . Pelo ajuste destas funções de distribuição é que se conhece a frequência teórica, ou estimada, destas espécies.

$$\ln(F_i) = \beta_0 + \beta_1 DAP_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$F_i = \beta_0 e^{\beta_1 DAP_i} + \varepsilon_i \quad (2)$$

em que:

$F_i$  = número de árvores na  $i$ -ésima classe de diâmetro;  
 $DAP_i$  = valor central da  $i$ -ésima classe de diâmetro;  
 $\beta_j$  = parâmetros a serem estimados pela regressão;  
 $\varepsilon_i$  = erro aleatório de estimativa.

A seleção da função que estima melhor as frequências foi baseada no erro padrão residual. A comparação foi feita por espécie, sendo melhor a função que apresentar menor erro padrão residual. A significância dos parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$  foi verificada pelo teste  $t$  de Student, sendo significativo o parâmetro com valor de  $t$  calculado maior do que de  $t$  tabelado, a um nível  $\alpha=0,05$  de significância.

### 2.4 Geração da alternativa de manejo

De posse das frequências estimadas, obteve-se o quociente de 'De Liocourt' ( $q$ ) pela relação entre o número de árvores estimadas de classes de diâmetro sucessivas. Assim, existe uma redução em progressão geométrica do número de árvores entre as classes de diâmetro sucessivas, o que define, segundo Meyer (1952), a estrutura de uma floresta balanceada.

$$q = \frac{N_i}{N_{i+1}} \quad (3)$$

em que:

$N_i$  = número de árvores da  $i$ -ésima classe de diâmetro.

Na geração da alternativa de manejo é necessário definir o novo valor do quociente de 'De Liocourt' ( $q'$ ), o qual, neste caso, é maior que o original em 20%. Um valor do quociente maior que o original implica na remoção de um maior número de plantas com maiores dimensões, protegendo as de menores dimensões para futuras explorações. Tornase, também, necessária a definição da área basal remanescente ( $G_{rem.}$ ) desejada que, quanto menor, maior o número de árvores removidas. Para este plano a área basal remanescente é igual a 50% da original.

Com a definição dos valores de  $q'$  e  $G_{rem.}$ , existe a necessidade de se estimar novos valores para os parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$ .

$$\beta_1' = \frac{\ln(q')}{[x_i - x_{i-1}]} \quad (4)$$

$$\beta_0' = \frac{G_{rem.} \times 40000}{[\pi \times \sum x_i^2 e^{\beta_1' x_i}]} \quad (5)$$

em que:

$q'$  = quociente de 'De Liocourt' da floresta remanescente;  
 $x_i$  = valor central da classe de diâmetro;  
 $G_{rem.}$  = área basal remanescente;  
 $\beta_{is}$  = novos parâmetros a serem estimados.

Para cálculo das frequências remanescentes, substituem-se os novos parâmetros na função linear e na não linear. Pode-se, agora, definir se há classes superavitárias ou deficitárias em árvores. O número de árvores a ser removido dentro de cada classe diamétrica de todas as espécies é obtido subtraindo a frequência remanescente da estimada.

Combinando o inventário florestal por espécie, por classe diamétrica e análise estrutural, gera-se a alternativa de manejo. Para tal, adotaram-se as seguintes restrições:

- Remoção de espécie com densidade relativa maior ou igual a 1%;

$$D_r = \frac{n}{N} \geq 0,01 \quad (6)$$

em que:

$D_r$  = densidade relativa da espécie;

$n$  = número de árvores da espécie;

$N$  = número total de árvores.

- Permanência de 10% das plantas por classe de diâmetro das espécies a serem removidas;

- As classes diamétricas que apresentarem déficit de árvores não poderão sofrer qualquer remoção.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Estimativa das frequências para o modelo linear e não linear

O levantamento de 1987 apresentou como resultados as frequências observadas e área basal (G) das 17 espécies estudadas, conforme apresentado na Tabela 1.

A partir dessas frequências observadas, distribuídas dentro de classes de CAP com valores centrais de 15 a 235 cm, têm-se os valores dos parâmetros estimados para ajuste das funções linear e não linear, apresentados na Tabela 2.

**Tabela 1** – Valores de frequência observada e área basal (G) de 17 espécies da Reserva Florestal da Universidade Federal de Lavras.

**Table 1** – Observed frequency values and basal area (G) for 17 species of the Forest Reserve of Federal University of Lavras.

Número	Espécie	Freq. Obs.	G (m <sup>2</sup> )
1	<i>Amaioua guianensis</i> Aublet.	417,00	2,7946
2	<i>Calyptranthes clusiifolia</i> (Miq.) O.Berg.	89,00	0,4661
3	<i>Casearia arborea</i> (L.C.Rich.) Urban.	448,00	1,8146
4	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	554,00	11,4307
5	<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez.	146,00	2,7112
6	<i>Miconia argyrophylla</i> DC.	321,00	2,8254
7	<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer.	373,00	5,3299
8	<i>Siparuna guianensis</i> Aublet	217,00	0,5362
9	<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) Mitchell.	334,00	3,6747
10	<i>Xylopia brasiliensis</i> Sprengel	148,00	1,8460
11	<i>Maprounea guianensis</i> Aublet	194,00	1,8550
12	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisner) Mez	197,00	4,7172
13	<i>Trichilia emarginata</i> (Turcz.) C.DC.	147,00	0,6016
14	<i>Miconia pepericarpa</i> DC.	329,00	0,8758
15	<i>Miconia trianae</i> Cogn.	205,00	0,8332
16	<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	398,00	1,7483
17	<i>Miconia chartacea</i> Triana	118,00	0,3350

Os menores erros padrões residuais, como podem ser vistos na Tabela 2, são verificados na função não linear, para todas as espécies estudadas, ou seja, nas estimativas feitas por esta função existe, em média, menor distância dos valores estimados em relação aos observados. Alternativas de manejo baseadas nas estimativas da função linear apresentam menor

fidedignidade na quantificação do estoque de madeira existente. Previsões da produção de madeira a partir de estimativas da função não linear são melhores por apresentar menores erros padrões residuais.

Os resultados encontrados na análise paramétrica da função linear e não linear estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 2** – Função linear e não linear ajustada, com seus respectivos erro padrão residual para as 17 espécies da Reserva Florestal da Universidade Federal de Lavras.

*Table 2* – Linear and non linear fitted functions, with its residual standard error for the 17 species of the Forest Reserve at Federal University of Lavras .

Esp.	função linear	EPR	função não linear	EPR
1	$\ln F = 5,50119 - 0,19412 \text{dap}$	11,035	$F = 310,00559 e^{-0,20178621 \text{dap}}$	6,064
2	$\ln F = 4,39649 - 0,23847 \text{dap}$	3,785	$F = 103,84440 e^{-0,25335289 \text{dap}}$	3,107
3	$\ln F = 6,60771 - 0,32969 \text{dap}$	17,304	$F = 974,81681 e^{-0,33917583 \text{dap}}$	7,160
4	$\ln F = 4,66117 - 0,08682 \text{dap}$	8,423	$F = 93,22297 e^{-0,07651460 \text{dap}}$	8,268
5	$\ln F = 2,64273 - 0,04801 \text{dap}$	3,674	$F = 27,12604 e^{-0,07960907 \text{dap}}$	2,659
6	$\ln F = 5,35485 - 0,19607 \text{dap}$	8,009	$F = 147,80116 e^{-0,14997847 \text{dap}}$	6,412
7	$\ln F = 4,63667 - 0,10922 \text{dap}$	4,252	$F = 87,77811 e^{-0,09728053 \text{dap}}$	3,810
8	$\ln F = 9,02210 - 0,81872 \text{dap}$	11,160	$F = 5557,2161 e^{-0,75617308 \text{dap}}$	6,336
9	$\ln F = 4,81848 - 0,13338 \text{dap}$	3,000	$F = 118,91496 e^{-0,12876454 \text{dap}}$	2,960
10	$\ln F = 2,86107 - 0,06515 \text{dap}$	4,174	$F = 28,32708 e^{-0,08431059 \text{dap}}$	3,575
11	$\ln F = 3,78662 - 0,11560 \text{dap}$	9,582	$F = 153,56418 e^{-0,21676283 \text{dap}}$	2,056
12	$\ln F = 3,42010 - 0,07117 \text{dap}$	4,245	$F = 25,92824 e^{-0,05521068 \text{dap}}$	4,060
13	$\ln F = 5,77113 - 0,34327 \text{dap}$	5,488	$F = 227,05841 e^{-0,28613818 \text{dap}}$	4,649
14	$\ln F = 8,82155 - 0,71009 \text{dap}$	24,477	$F = 2296,9792 e^{-0,51682491 \text{dap}}$	12,648
15	$\ln F = 6,26671 - 0,37239 \text{dap}$	13,232	$F = 292,84421 e^{-0,27485049 \text{dap}}$	10,612
16	$\ln F = 5,23699 - 0,20017 \text{dap}$	35,237	$F = 526,67830 e^{-0,26542815 \text{dap}}$	12,211
17	$\ln F = 5,18709 - 0,32492 \text{dap}$	18,482	$F = 589,56486 e^{-0,45785828 \text{dap}}$	6,310

Esp= espécies; EPR= erro padrão residual; F= frequência; dap= diâmetro à altura do peito.

**Tabela 3** – Valores de  $e^{\beta_0}$  e do parâmetro  $\beta_1$  da função linear e  $\beta_0$  e  $\beta_1$  da função não linear, com os valores de erro padrão (EP) e do valor de  $t$  de Student para cada parâmetro.

**Table 3** – Values of  $e^{\beta_0}$  and of the  $\beta_1$  parameter for linear function and  $\beta_0$  and  $\beta_1$  for non-linear function, with the residual standard error (EP) and Student  $t$  values for each parameter

Esp.	Linear				Não linear			
	Param.	Valor	EP	t	Parâm.	valor	EP	t
1	$e^{\beta_0}$	244,986	15,13	16,190	$\beta_0$	310,006	30,460	10,177
	$\beta_1$	-0,194	0,021	-9,327	$\beta_1$	-0,202	0,014	-14,326
2	$e^{\beta_0}$	81,166	0,821	98,864	$\beta_0$	103,844	49,038	2,118
	$\beta_1$	-0,238	0,033	-7,190	$\beta_1$	-0,253	0,075	-3,387
3	$e^{\beta_0}$	740,791	47,24	15,677	$\beta_0$	974,817	97,672	9,980
	$\beta_1$	-0,330	0,030	-11,074	$\beta_1$	-0,339	0,017	-19,595
4	$e^{\beta_0}$	105,761	4,84	21,812	$\beta_0$	93,223	7,482	12,460
	$\beta_1$	-0,087	0,007	-12,985	$\beta_1$	-0,077	0,007	-11,846
5	$e^{\beta_0}$	14,052	1,166	12,645	$\beta_0$	27,126	8,043	3,373
	$\beta_1$	-0,048	0,006	-7,619	$\beta_1$	-0,080	0,026	-3,101
6	$e^{\beta_0}$	211,634	13,29	15,923	$\beta_0$	147,801	18,051	8,188
	$\beta_1$	-0,191	0,018	-10,414	$\beta_1$	-0,150	0,015	-9,934
7	$e^{\beta_0}$	103,201	5,64	18,028	$\beta_0$	87,778	9,904	8,863
	$\beta_1$	-0,109	0,010	-10,686	$\beta_1$	-0,097	0,011	-8,981
8	$e^{\beta_0}$	8284,206	828,4	10,151	$\beta_0$	5557,216	1929,569	2,880
	$\beta_1$	-0,819	0,107	-7,626	$\beta_1$	-0,756	0,700	-1,080
9	$e^{\beta_0}$	123,777	7,57	16,356	$\beta_0$	118,915	14,463	8,222
	$\beta_1$	-0,133	0,014	-9,433	$\beta_1$	-0,129	0,014	-9,281
10	$e^{\beta_0}$	17,480	1,52	11,523	$\beta_0$	28,327	8,370	3,384
	$\beta_1$	-0,065	0,009	-6,989	$\beta_1$	-0,084	0,026	-3,256
11	$e^{\beta_0}$	44,107	3,27	13,485	$\beta_0$	153,564	34,450	4,458
	$\beta_1$	-0,116	0,013	-8,657	$\beta_1$	-0,217	0,033	-6,556
12	$e^{\beta_0}$	30,573	2,43	12,555	$\beta_0$	25,928	6,006	4,317
	$\beta_1$	-0,071	0,012	-6,068	$\beta_1$	-0,055	0,016	-3,354
13	$e^{\beta_0}$	320,901	29,25	10,970	$\beta_0$	227,058	65,569	3,463
	$\beta_1$	-0,343	0,046	-7,522	$\beta_1$	-0,286	0,048	-5,983
14	$e^{\beta_0}$	6778,775	568,29	11,927	$\beta_0$	2296,979	393,696	5,836
	$\beta_1$	-0,710	0,081	-8,799	$\beta_1$	-0,517	0,033	-15,766
15	$e^{\beta_0}$	526,744	43,79	12,028	$\beta_0$	292,844	58,105	5,040
	$\beta_1$	-0,372	0,044	-8,493	$\beta_1$	-0,275	0,032	-8,540
16	$e^{\beta_0}$	188,104	12,23	15,385	$\beta_0$	526,678	54,302	9,699
	$\beta_1$	-0,200	0,021	-9,524	$\beta_1$	-0,265	0,017	-16,061
17	$e^{\beta_0}$	178,949	19,28	9,284	$\beta_0$	589,565	255,791	2,305
	$\beta_1$	-0,325	0,055	-5,963	$\beta_1$	-0,458	0,082	-5,620

Esp= espécies; Parâm = Parâmetro; EP= erro padrão; t= valores da distribuição “t” de Student.

### 3.2 Elaboração da alternativa de manejo

O coeficiente de 'De Liocourt' ( $q$ ), a área basal remanescente igual a 50% da área basal observada, o novo coeficiente de 'De Liocourt' ( $q'=1,2q$ ) e os novos parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$  para cada espécie são apresentados na Tabela 4.

As frequências estimada e removida, por classe de diâmetro e por espécie, para o ajuste não linear, são apresentadas na Tabela 5. Para o ajuste linear essas frequências são apresentadas na Tabela 6.

Observa-se que, para o ajuste linear, existe menor remoção na maioria das classes de diâmetro de quase todas as espécies. As únicas exceções são nas espécies 5 e 11, que apresentam menores remoções para a função não linear. A espécie 14 apresenta 94% de remoção da frequência estimada na primeira classe

de diâmetro para função linear, enquanto que para a função não linear apresenta 46,87%. Isso é resultado, no geral, das frequências estimadas pela função.

Observa-se que as frequências estimadas pela função não linear são maiores que as estimadas pela função linear, permitindo maior remoção. Resultados de frequências removidas negativas indicam déficit de indivíduos na classe de diâmetro, o que impede qualquer remoção. Têm-se classes de diâmetro com remoções maiores que 90% para maioria das espécies, podendo comprometer a regeneração natural. As frequências removidas, devido o novo quociente de 'De Liocourt' ser maior que o original em 20%, são proporcionalmente menores nas classes de diâmetro inferiores quando comparadas com as superiores. Esse aumento no quociente promove a manutenção da regeneração natural, garantindo explorações futuras.

**Tabela 4** – Áreas basais remanescentes (Grem.), Coeficientes de De Liocourt ( $q$ ), novos coeficientes de De Liocourt ( $q'$ ) e os novos  $\beta_0$  e  $\beta_1$  das funções linear e não linear.

**Table 4** – Remaining basal area (Grem.), De Liocour quotient ( $q$ ), new De Liocour quotient ( $q'$ ) and new  $\beta_0$  and  $\beta_1$  values for linear and non-linear functions.

Esp.	Grem.	Função linear				Função não linear			
		$q$	$q'$	$\beta_0$	$\beta_1$	$q$	$q'$	$\beta_0$	$\beta_1$
1	1,3973	1,362	1,634	6,28635	-0,31634	1,378	1,654	6,20979	-0,30867
2	0,2331	1,462	1,754	5,02098	-0,36791	1,496	1,795	4,88843	-0,35303
3	0,9073	1,690	2,028	7,07942	-0,45373	1,716	2,059	7,00337	-0,44425
4	5,7154	1,148	1,378	6,04809	-0,19107	1,129	1,355	6,21274	-0,20138
5	1,3556	1,079	1,295	4,76464	-0,19417	1,135	1,362	4,24966	-0,16256
6	1,4127	1,354	1,625	5,69062	-0,26453	1,269	1,523	6,14641	-0,30522
7	2,6650	1,189	1,427	5,61412	-0,21184	1,168	1,402	5,78299	-0,22378
8	0,2681	3,680	4,416	8,63420	-0,87073	3,332	3,998	8,99129	-0,93327
9	1,8374	1,236	1,483	5,69456	-0,24332	1,227	1,472	5,75222	-0,24794
10	0,9230	1,109	1,331	4,35309	-0,19887	1,144	1,373	4,04666	-0,17971
11	0,9275	1,202	1,442	5,99707	-0,33132	1,412	1,694	4,85145	-0,23016
12	2,3586	1,120	1,344	4,86296	-0,16977	1,092	1,310	5,12129	-0,18573
13	0,3008	1,727	2,072	5,59410	-0,40069	1,577	1,892	6,04500	-0,45782
14	0,4379	3,096	3,715	7,65374	-0,63138	2,276	2,731	6,54851	-0,82465
15	0,4166	1,809	2,171	5,77870	-0,38941	1,548	1,858	6,56415	-0,48694
16	0,8742	1,375	1,650	6,45868	-0,37998	1,526	1,831	5,87976	-0,31472
17	0,1675	1,677	2,012	6,38239	-0,57241	2,072	2,486	5,50240	-0,43948

**Tabela 5** – Frequências estimadas (FE) e frequências removidas (FR) por classe de diâmetro e por espécie para a função não linear considerando 17 espécies.

*Table 5* – Estimated (FE) and removed frequencies (FR) per diameter class and per specie for the non linear function considering 17 species.

Esp	Freq	Classes																
		4,8	6,4	8,0	9,9	11,1	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,7	22,3	23,9	25,5	27,1	28,7	30,2
1	FE	118,3	85,8	62,2	45,1	32,7	23,7	17,2	12,5	9,1	6,6	4,8						
	FR	-0,3	14,1	18,9	18,9	16,9	14,2	11,4	9,0	7,0	5,3	4,0						
2	FE	31,0	20,7	13,8	9,2	6,2	4,1	2,8		1,2	0,8	0,6						
	FR	4,8	6,1	5,7	4,7	3,7	2,7	2,0		1,0	0,7	0,5						
3	FE	193,0	112,5	65,6	38,2	22,3	13,0	7,6	4,4	2,6		0,9	0,5					
	FR	57,0	46,4	33,5	22,6	14,7	9,3	5,8	3,5	2,2		0,8	0,5					
4	FE	64,7	57,3	50,7	44,9	39,8	35,2	31,2	27,6	24,4	21,6	19,1	17,0	15,0	13,3	11,8	10,4	9,2
	FR	-105,3	-68,2	-41,8	-23,4	-10,6	-2,0	3,7	7,4	9,5	10,6	11,0	11,0	10,6	10,0	9,4	8,6	7,9
5	FE	18,6	16,3	14,4	12,7	11,2	9,8	8,7		6,7	5,9	5,2	4,6	4,1	3,6	3,2		2,4
	FR	-27,9	-17,7	-10,6	-5,7	-2,3	-0,1	1,4		2,8	6,1	3,1	3,1	2,9	2,7	2,5		2,1
6	FE	72,2	56,9	44,8	35,3	27,8	21,9	17,3	13,6	10,7	8,4	6,6	5,2	4,1	3,2	2,6		2,0
	FR	-11,5	1,9	8,7	11,6	12,3	11,7	10,6	9,2	7,8	6,5	5,4	4,4	3,6	2,9	2,3		1,9
7	FE	55,2	47,3	40,5	34,7	29,7	25,4	21,8	18,7	16,0	13,7	11,7	10,1	8,6	7,4	6,3	5,4	4,6
	FR	-44,6	-24,0	-10,4	-1,6	3,8	7,0	8,6	9,2	9,3	8,9	8,3	7,6	6,9	6,1	5,4	4,8	4,2
8	FE	150,3	45,1	13,5	4,1	1,2												
	FR	62,3	23,1	8,0	2,7	0,9												
9	FE	64,3	52,4	42,7	34,8	28,3	23,1	18,8	15,3	12,5	10,2	8,3	6,8	5,5	4,5		3,0	2,4
	FR	-28,7	-10,8	-0,2	5,7	8,6	9,7	9,7	9,1	8,3	7,3	6,4	5,4	4,6	3,9		2,7	2,2
10	FE	18,9	16,6	14,5	12,7	11,1	9,7	8,5	7,4	6,5	5,7	5,0	4,3	3,8	3,3	2,9	2,5	2,2
	FR	-11,1	-5,4	-1,5	1,0	2,6	3,5	4,0	4,1	4,1	3,9	3,7	3,4	3,1	2,8	2,5	2,3	2,0
11	FE	54,6	38,6	27,4	19,4	13,7	9,7	6,9	4,9	3,5	2,5	1,7	1,2	0,9	0,6	0,4		
	FR	-28,1	-10,2	-1,4	2,4	3,7	3,8	3,4	2,8	2,2	1,7	1,3	1,0	0,7	0,5	0,4		
12	FE	19,9	18,2	16,7	15,3	14,0	12,8	11,8	10,8	9,9	9,0	8,3	7,6	6,9	6,4	5,8	5,3	4,9
	FR	-37,6	-25,7	-16,8	-10,3	-5,5	-2,1	0,4	2,1	3,2	4,0	4,4	4,6	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1
13	FE	57,9	36,7	23,3	14,8	9,4	5,9		2,4	1,5								
	FR	18,23	15,76	12,21	8,92	6,27	4,31		1,93	1,27								
14	FE	194,75	85,55	37,58	16,51	7,25	3,19											
	FR	91,3	47,68	23,72	11,44	5,4	2,51											
15	FE	78,8	50,9	32,9	21,2	13,7	8,9	5,7	3,7	2,4								
	FR	28,5	23,8	18,3	13,4	9,5	6,6	4,5	3,0	2,0								
16	FE	148,3	97,2	63,7	41,8	27,4	17,9	11,8	7,7					0,6	0,1			
	FR	44,3	40,4	32,7	24,8	18,1	12,9	9,0	6,2					0,6	0,1			
17	FE	66,2	32,0	15,4	7,4					0,2								
	FR	27,8	16,5	9,2	4,9					0,2								

Continua ...  
To be continued ...



Tabela 5 – Continuação...

Table 5 – Continued...

Esp.	Freq.	Classes															
		31,8	33,4	35,0	36,6	38,2	39,8	41,4	43,0	44,6	46,2	47,8	49,3	50,9	57,3	58,9	74,8
1	FE		0,4														
	FR		0,4														
4	FE	8,2	7,2	6,4	5,7	5,0	4,4	3,9	3,5	3,1	2,7		2,1		1,2	1,0	
	FR	7,2	6,5	5,9	5,3	4,7	4,2	3,8	3,4	3,0	2,7		2,1		1,2	1,0	
5	FE	2,2	1,9	1,7	1,5		1,1	1,0					0,6		0,5	0,3	0,1
	FR	1,9	1,7	1,5	1,4		1,1	1,0					0,6		0,5	0,3	0,1
7	FE	4,0	3,4	2,9		2,1	1,8		1,3								
	FR	3,6	3,2	2,8		2,1	1,8		1,3								
9	FE		1,6	1,3													
	FR		1,5	1,3													
10	FE	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9		0,7							
	FR	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,8		0,7							
11	FE		0,1														0,0
	FR		0,1														0,0
12	FE	4,5	4,1	3,8					2,6								
	FR	3,9	3,7	3,4					2,5								

**Tabela 6** – Frequências estimadas (FE) e frequências removidas (FR) por classe de diâmetro e por espécie para a função linear, considerando 17 espécies da Reserva Florestal da Universidade Federal de Lavras.

**Table 6** – Estimated (FE) and removed frequencies (FR) per diameter class and per specie for the linear function considering 17 species.

Esp	Freq	Classes																	
		4,8	6,4	8,0	9,9	11,1	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,7	22,3	23,9	25,5	27,1	28,7	30,2	
1	FE	97,0	71,2	52,3	38,4	28,2	20,7	15,2	11,2	8,2	6,0	4,4							
	FR	-17,0	1,5	9,6	12,3	12,2	10,9	9,2	7,5	6,0	4,6	3,6							
2	FE	26,0	17,8	12,2	8,3	5,7	3,9	2,7		1,3	0,9	0,6							
	FR	1,4	3,8	4,2	3,8	3,1	2,4	1,8		1,0	0,7	0,5							
3	FE	153,5	90,8	53,7	31,8	18,8	11,1	6,6	3,9	2,3		0,8	0,5						
	FR	21,6	25,8	21,7	16,0	11,0	7,3	4,7	3,0	1,9		0,7	0,4						
4	FE	69,9	60,9	53,0	46,2	40,2	35,0	30,5	26,6	23,1	20,2	17,6	15,3	13,3	11,6	10,1	8,8	7,7	
	FR	-120,9	-77,6	-47,5	-26,8	-12,7	-3,4	2,6	6,3	8,4	9,5	9,8	9,7	9,2	8,6	8,0	7,2	6,5	
5	FE	11,2	10,4	9,6	8,9	8,2	7,6	7,1		6,1	5,6	5,2	4,8	4,5	4,1	3,8		3,3	
	FR	-21,1	-14,6	-9,6	-6,0	-3,2	-1,2	0,2		2,0	2,5	2,8	3,0	3,0	3,0	3,0		2,8	
6	FE	85,2	62,9	46,4	34,3	25,3	18,7	13,8	10,2	7,5	5,6	4,1	3,0	2,2	1,7	1,2	0,9		
	FR	-23,6	-4,0	5,3	8,9	9,7	9,1	7,9	6,6	5,3	4,2	3,3	2,5	1,9	1,5	1,1	0,8		
7	FE	61,3	51,5	43,3	36,4	30,6	25,7	21,6	18,2	15,3	12,8	10,8	9,1	7,6	6,4	5,4	4,5	3,8	
	FR	-50,3	-26,6	-11,5	-2,0	3,7	6,9	8,4	8,9	8,8	8,3	7,6	6,8	6,1	5,3	4,6	4,0	3,4	
8	FE	166,2	45,2	12,3	3,3	0,9													
	FR	72,9	24,0	7,5	2,3	0,67													
9	FE	65,5	53,0	42,8	34,6	28,0	22,7	18,3	14,8	12,0	9,7	7,8	6,3	5,1	4,1		2,7	2,2	
	FR	-68,5	-47,4	-32,5	-22,0	-14,5	-9,3	-5,7	-3,2	-1,6	-0,5	0,2	0,6	0,8	0,9		0,9	0,8	
10	FE	12,8	11,6	10,4	9,4	8,5	7,6	6,8	6,2	5,6	5,0	4,5	4,1	3,7	3,3	3,0	2,7	2,4	
	FR	-11,5	-6,7	-3,3	-0,9	0,7	1,8	2,5	2,9	3,1	3,2	3,2	3,1	2,9	2,7	2,6	2,4	2,2	
11	FE	25,4	21,1	17,6	14,6	12,2	10,1	8,4	7,0	5,8	4,9	4,0	3,4	2,8	2,3	1,9			
	FR	-17,2	-8,4	-2,9	0,4	2,3	3,3	3,7	3,7	3,6	3,3	2,9	2,6	2,3	2,0	1,7			
12	FE	21,8	19,4	17,4	15,5	13,8	12,4	11,0	9,9	8,8	7,9	7,0	6,3	5,6	5,0	4,5	4,0	3,6	
	FR	-47,3	-31,9	-20,9	-12,9	-7,3	-3,4	-0,7	1,1	2,3	3,0	3,4	3,6	3,6	3,5	3,4	3,2	2,9	
13	FE	62,3	36,1	20,9	12,1	7,0	4,1		1,4	0,8									
	FR	14,9	13,2	9,9	6,8	4,4	2,8		1,1	0,7									
14	FE	228,4	73,8	23,8	7,7	2,5	0,8												
	FR	214,8	70,1	22,8	7,4	2,4	0,8												
15	FE	89,0	49,2	27,2	15,0	8,3	4,6	2,5	1,4	0,8									
	FR	19,7	17,3	12,5	8,3	5,2	3,2	1,9	1,1	0,6									
16	FE	72,3	52,6	38,3	27,8	20,2	14,7	10,7	7,8							1,2			
	FR	-7,3	4,4	9,0	10,1	9,5	8,2	6,8	5,4							1,0			
17	FE	37,9	22,6	13,5	8,0	0,6													
	FR	7,8	7,7	6,1	4,4	0,5													

Continua ...  
To be continued ...

Tabela 6 – Continuação...

Table 6 – Continued...

Esp.	Freq.	Classes															
		31,8	33,4	35,0	36,6	38,2	39,8	41,4	43,0	44,6	46,2	47,8	49,3	50,9	57,3	58,9	74,8
1	FE		0,4														
	FR		0,4														
4	FE	6,7	5,8	5,1	4,4	3,8	3,3	2,9	2,5	2,2	1,9		1,5		0,7	0,6	
	FR	5,9	5,2	4,6	4,1	3,6	3,2	2,8	2,5	2,1	1,9		1,4		0,7	0,6	
5	FE	3,1	2,8	2,6	2,4		2,1	1,9				1,4		1,2	0,9		0,4
	FR	2,7	2,5	2,4	2,2		2,0	1,8				1,4		1,2	0,9		0,4
7	FE	3,2	2,7	2,3		1,6	1,3		0,9								
	FR	2,9	2,5	2,1		1,5	1,3		0,9								
9	FE		1,4	1,2													
	FR		0,7	0,6													
10	FE	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2		1,0							
	FR	2,0	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2		0,9							
11	FE		0,9						0,3								
	FR		0,9						0,3								
12	FE	3,2	2,8	2,5				1,6									
	FR	2,7	2,5	2,3				1,5									
16	FE	0,3															
	FR	0,3															

#### 4 CONCLUSÕES

Pode-se observar neste trabalho que as frequências estimadas pelo modelo não linear, ajustadas por espécie, se aproximaram mais das frequências observadas, representando com maior precisão o estoque de madeira das 17 espécies dentro da Reserva Florestal da UFLA. Isso pôde ser evidenciado também através dos maiores erros padrões residuais nos ajustes do modelo linear em todas as espécies.

As estimativas pelo ajuste do modelo não linear, quando comparado com o linear, propicia melhor previsão da produção. Alternativas de manejo baseadas no modelo não linear possuem maior compromisso com a sustentabilidade, não comprometendo a biodiversidade da flora.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS, J. C. C.; RIBEIRO, J. C.; COUTO, L. Emprego da distribuição diamétrica na determinação da intensidade de corte em matas naturais submetidas ao sistema de seleção. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 110-122, 1983.
- CURI, N.; LIMA, J. M.; ANDRADE, H.; GUALBERTO, V. Geomorfologia, física, química, e mineralogia dos principais solos da região de Lavras (MG). *Ciência e Prática*, Lavras, v. 14, p. 297-307, set./dez. 1990.
- GONÇALVES, K. G. C. **Estrutura diamétrica de uma floresta tropical sob diferentes formas de manejo**. 1999. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

- HANSEN, G. D.; NYLAND, R. D. Effects of diameter distribution on the growth of simulated uneven-aged sugar maple stands. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 17, p. 1-8, 1987.
- LEAK, W. B. An expression of diameter distribution of unbalanced, uneven-aged stands and forests. **Forest Science**, Lawrence, v. 10, p. 39-50, 1964.
- LONG, J. N.; DANIEL, T. W. Assessment of growing stock in uneven-aged stands. **Western Journal of Applied Forestry**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 59-61, 1990.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992.
- MELLO, J. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S. Comparação entre procedimentos de amostragem para avaliação estrutural de um remanescente de floresta estacional semidecídua montana. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 1-14, 1996.
- MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, Washington, v. 50, p. 85-92, 1952.
- O'HARA, K. L. Silviculture for structural diversity: a new look at multiaged systems. **Journal of Forestry**, Washington, v. 96, n. 7, p. 4-10, 1998.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 159-174, 1994.
- PULZ, F. A. **Estudo da dinâmica e a modelagem da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras, MG**. 1998. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: ESAL, 1996. 438 p.
- SILVA, J. A.; LEITE, E. J.; SILVEIRA, M.; NASSIF, A. A.; REZENDE, S. J. M. Caracterização florística, fitossociológica e regeneração natural do sub-bosque da reserva genética florestal tamanduá, DF. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 121-132, 2004.
- SMITH, D. M.; LARSON, B. C.; KELTY, M. J.; ASHTON, P. M. **The practice of silviculture**: applied forest ecology. New York: Wiley and Sons, 1997.
- TROUP, R. S. **Silvicultural systems**. 2. ed. London: Oxford University, 1952. 430 p.