

Id: 7934

Au: Araujo, Thais Maia; Higuchi, Niro; Carvalho Jr., Joao Andrade.

Ti: Comparacao de metodos para determinar biomassa na regio Amazonica.

Fo: Anais da Academia Brasileira de Ciencias; 68(1):35-41, 1996.

Pr: LCP.

Re: The aboveground biomass content of a region can be estimated by either direct or indirect methods. Direct methods correspond to the biomass content determination with scales and extrapolation of results to larger areas. It is a destructive and very laborious procedure. Indirect methods utilize formulas whose entrance parameters are obtained from forest inventories. Forest inventories are made with the purpose to plan exploration and land use and the inventory data are frequently not suitable for biomass estimation. Problems with both methods increase in the Amazon region, where little information is available on forest biomass. The objective of this paper is to establish, by comparing the application of the indirect and direct methods in the determination of the biomass, the more appropriate indirect formulation to represent the characteristic vegetation of a region in the amazonian forest. A 0.2 hectare area was chosen, which was part of a major forest clearing experiment conducted in Tome Acu, a town located 250 Km south of Belem, the capital of the Brazilian state of Para. The entire biomass in the area was weighted with scales during the three weeks that followed the cut of the forest in July 1994. A detailed inventory was carried out in the area and then the indirect method was applied in the data. Seven different formulas for determining biomass were used. Comparison of the data of real mass and the mass obtained through the application of the seven formulas indicated that the more suitable for the region is given by  $FW = a + bD + cH$ , where FW is total fresh weight (kg), D is the diameter at breast height (cm), H is the total height of the tree and a, b, and c are regression coefficients (equal to 0.026, 1.529 and 1,747, respectively).

Lo: INPE-6773-PRE/2783.

*Anais da*

Academia  
Brasileira de  
Ciências

Regional Conference on Global Change



MCMXVI

*Vol. 68, Supl. 1, 1996*

## Comparação de Métodos para Determinar Biomassa na Região Amazônica

THAÍS MAIA ARAÚJO<sup>1</sup>, NIRO HIGUCHI<sup>2</sup> and JOÃO ANDRADE CARVALHO JR.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>UNESP, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Guaratinguetá,  
(e-mail: thais@yabae.cptec.inpe.br)

<sup>2</sup>INPA, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia,  
(e-mail: niro@cr-am.rnp.br)

<sup>3</sup>INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais,  
(e-mail: joao@yabae.cptec.inpe.br)

*Manuscript received on March, 1996; accepted for publication on October 30, 1996*

### ABSTRACT

The aboveground biomass content of a region can be estimated by either direct or indirect methods. Direct methods correspond to the biomass content determination with scales and extrapolation of results to larger areas. It is a destructive and very laborious procedure. Indirect methods utilize formulas whose entrance parameters are obtained from forest inventories.

Forest inventories are made with the purpose to plan exploration and land use and the inventory data are frequently not suitable for biomass estimation. Problems with both methods increase in the Amazon region, where little information is available on forest biomass.

The objective of this paper is to establish, by comparing the application of the indirect and direct methods in the determination of the biomass, the more appropriate indirect formulation to represent the characteristic vegetation of a region in the amazonian forest. A 0.2 hectare area was chosen, which was part of a major forest clearing experiment conducted in Tomé Açu, a town located 250 km south of Belém, the capital of the Brazilian state of Pará. The entire biomass in the area was weighted with scales during the three weeks that followed the cut of the forest in July 1994. A detailed inventory was carried out in the area and then the indirect method was applied in the data. Seven different formulas for determining biomass were used. Comparison of the data of real mass and the mass obtained through the application of the seven formulas indicated that the more suitable for the region is given by  $FW = \alpha \cdot \phi^\beta \cdot H^\gamma$ , where FW is total fresh weight (kg),  $\phi$  is the diameter at breast height (cm), H is the total height of the tree and  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  are regression coefficients (equal to 0.026, 1.529 and 1.747, respectively).

**Key words:** determinação de biomassa.

### INTRODUÇÃO

Biomassa é definida como a quantidade, expressa em massa, do material vegetal em uma floresta.

Os componentes da biomassa geralmente estimados são: biomassa vertical acima do solo, composta de árvores e arbustos; biomassa morta acima do solo, composta pela serrapilheira e troncos caídos; e a biomassa abaixo do solo, viva e morta, composta pelas raízes. A biomassa total é dada pela soma de todos os componentes. Neste trabalho, os métodos para determinação de biomassa

Correspondence to: João Andrade de Carvalho Jr.  
EPELCP - Rodovia Presidente Dutra, Km 40  
12510-000, Cachoeira Paulista, SP.

sa vertical serão considerados. A massa total de biomassa vertical acima do solo no terreno pode ser estimada utilizando-se de métodos direto e indireto. Os dois métodos apresentam vantagens e desvantagens (Martinelli *et al.*, 1994).

O método direto é um método destrutivo, pois consiste do corte e pesagem do material presente acima do solo de uma área pré-definida. É considerado um método confiável. Entretanto, a escolha da área a ser derrubada e pesada é, na maioria das vezes, tendenciosa, ou seja, geralmente escolhe-se uma área homogênea e com vários indivíduos representativamente grandes, resultando em dados super estimados. Também deve-se considerar a dificuldade, em alguns casos até mesmo a impossibilidade, da execução do método direto em determinadas regiões.

O método indireto é a aplicação de modelos matemáticos que utilizam fórmulas cujos parâmetros são as variáveis das árvores, tais como diâmetro na altura do peito (DAP), altura do tronco, altura total da árvore, diâmetro da copa, etc., obtidos com a realização de um inventário florestal. Os dados fornecidos pela aplicação deste método também podem ser inseguros. Por exemplo, árvores, em geral, apresentam vazios ao longo de seus caules e, no caso de uma árvore grande o erro nos cálculos da biomassa pode ser aumentado. Normalmente, o inventário florestal é efetuado com o exclusivo objetivo de planejar a exploração e manejo florestal, cuja principal variável é o volume de madeira. Trata-se também do primeiro passo para lançar a base de pesquisas referentes aos recursos naturais e para tomada de decisão relacionada ao uso da terra (Higuchi *et al.*, 1982).

Na realização deste trabalho, os dois métodos foram utilizados distintamente para que, por meio de comparação com os dados obtidos experimentalmente, o modelo de melhor desempenho do método indireto pudesse ser determinado e, assim, fosse estabelecida uma relação para a massa de biomassa fresca de floresta em pé da região.

O terreno de 0.2 hectare ( $20 \times 100 \text{ m}^2$ ) onde se realizou o trabalho situa-se em um lugarejo às margens do igarapé do Vinagre, cerca de uma hora e meia de barco do município de Tomé Açu, a 250 km de Belém. O local exato tem as seguintes coor-

denadas geográficas: longitude  $48^{\circ}08'W$  e latitude  $2^{\circ}30'S$ . A característica da floresta é de mata de terra firme.

#### PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A determinação, de forma indireta, da massa de biomassa de floresta em pé requereu a execução de inventário florestal extremamente minucioso, onde todos os indivíduos acima do solo foram inventariados. A massa foi estimada utilizando-se de equações matemáticas que descrevem a relação entre peso fresco (PF) e outras variáveis independentes da árvore, como DAP e altura total (H).

A pesagem da biomassa presente acima do solo, caracterizando o método direto, foi executada em balanças. Os indivíduos pesados na área com DAP acima de 10 cm totalizaram 127 unidades. As árvores foram derrubadas, uma a uma, obedecendo a demanda da pesagem. Uma vez cortada, a árvore foi dividida em tronco e copa, considerada a partir do primeiro galho.

As copas de todas as árvores, sem exceção, foram pesadas integralmente. Primeiramente, as folhas foram retiradas juntamente com os galhos pequenos e, então, pesados. Em seguida, os galhos grandes foram cortados em pedaços que pudessem ser colocados nas balanças e, assim, pesados um a um.

Para obtenção da massa referente aos troncos, os com DAP acima de 10 cm, utilizou-se, nesta situação, de um método onde o volume total pode ser estimado baseando-se na fórmula do cilindro (Higuchi & Carvalho, Jr., 1994). O método consiste em dividir o tronco em quatro toras de tamanhos iguais, conforme mostra a Figura 1, para melhor se aproximar à forma do cilindro, retirar discos das extremidades, pesá-las e medir diâmetros e espessuras. De posse destes dados, calcula-se o volume total do tronco, que é o somatório do volume de cada tora, e a massa correspondente. Entretanto, durante a atividade de pesagem, grande parte de troncos com DAP abaixo de 20 cm foram pesados integralmente.

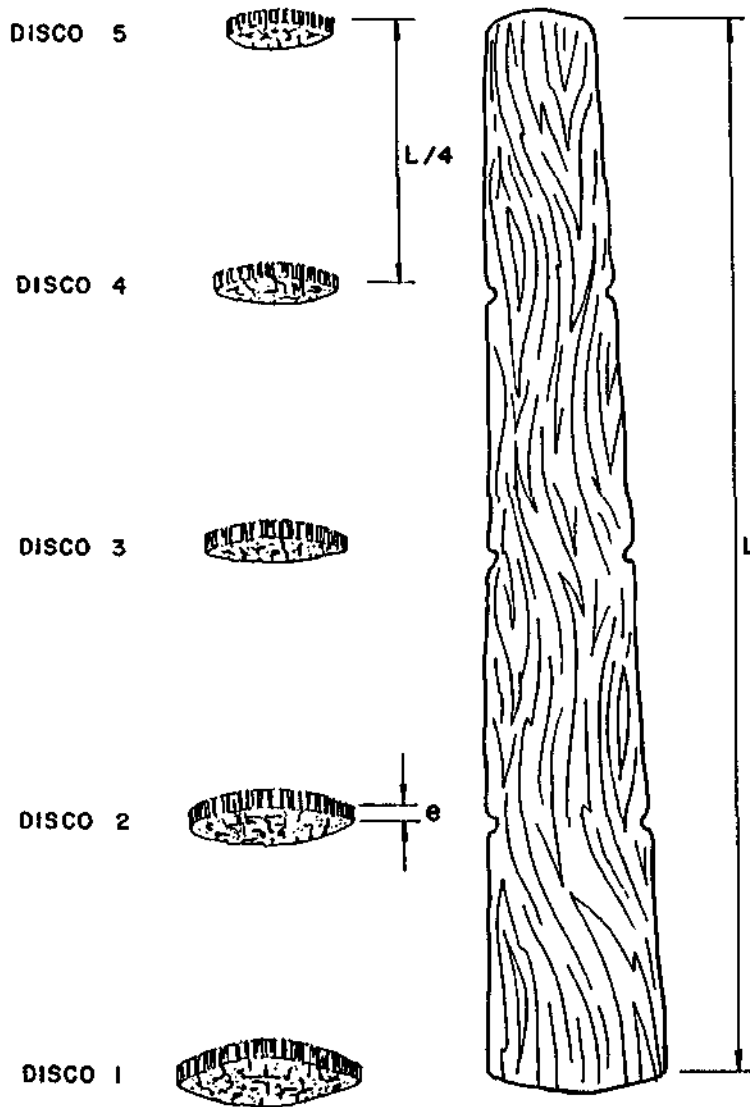


Fig. 1 — Esquema de corte de discos em troncos para estimativa de volume.

## RESULTADOS

Pelo método direto foram determinadas as massas de 127 árvores da área, sendo os dados divididos em duas partes. Uma primeira parte compreendeu dados de 73 indivíduos, cujos troncos e copas foram pesados integralmente em balança. A segunda parte incluiu 54 indivíduos cujos troncos tiveram massas determinadas com auxílio de fórmulas. Neste segundo caso, as massas das copas foram determinadas por pesagem em balança.

Para os 73 indivíduos pesados, a massa total correspondente encontrada foi 6997 kg para troncos e 3521 kg para copa. As massas totais obtidas de troncos e copas foram, para os 54 indivíduos, 86022 kg e 73047 kg, respectivamente. A Tabela I traz um demonstrativo dos resultados gerais da massa dos indivíduos, diferenciados em copa e tronco. O valor de massa total encontrado para os 127 indivíduos foi de 1.695.586 kg.

TABELA I  
Demonstrativo dos resultados de massa de indivíduos presentes na área de teste.

Intervalo de DAP (cm)	Frequência	Massa de tronco (kg)	Massa de copa (kg)	Massa total (kg)
10 < DAP < 20	73	6997	3521	10517
DAP ≥ 10	54	86022	73047	159069
Total	127	—	—	169586

Pelo método indireto foi estimada a biomassa dos indivíduos com DAP acima e igual a 10 cm que tiveram os nomes vulgares e os parâmetros dendrométricos registrados durante o inventário florestal realizado na área de teste.

Foram utilizadas sete equações alométricas desenvolvidas por Santos (Santos, 1996) para vegetações típicas da região amazônica que fornecem a massa individual da árvore. Estas expressões juntamente com os coeficientes de regressão são apresentados na Tabela II, onde PF é peso fresco (kg), H é a altura total da árvore (m), D é o DAP (cm).

Aos dados das 127 árvores foram aplicadas as equações equivalentes aos sete modelos com a finalidade de comparar os resultados com as informações experimentais. Os resultados encontram-se na Tabela III, na qual se observa que os modelos PF1 e PF7 apresentam valores totais muito próximos do obtido experimentalmente, com uma diferença menor que 5% e 1%, respectivamente, enquanto os outros diferem de maneira acentuada. Entretanto, observa-se que para os indivíduos com o intervalo de DAP entre 10 e 20 cm os valores obtidos do modelo PF1 são mais altos e para os com DAP acima de 60 cm estes valores são mais baixos que o real, conforme mostrado na Tabela III. Assim, considera-se que o modelo PF7 é o mais adequado para representar a vegetação da região.

#### DISCUSSÃO

Em relação aos dados obtidos pelo método direto, no caso pesagem de uma área de 0.2 ha. Embora os dados obtidos pelo método direto sejam apropriados para determinar qual o método indireto mais adequado para a vegetação da região, os mesmos não são suficientes para determinar a biomassa da região em questão. Por exemplo, se os

dados obtidos na utilização do método direto fossem extrapolados para uma área de 1 hectare, o valor de biomassa seria de 848 t/ha, para indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm. Entretanto, ao aplicar a equação alométrica do PF7 ao inventário florestal de uma área de 1 ha (100 × 100 m<sup>2</sup>), vizinha à área em que o trabalho foi realizado (Araújo, 1995), a biomassa vertical obtida correspondente

TABELA II  
Equações e coeficientes dos modelos matemáticos.

Equações	Coefficientes
PF1 = $\alpha \cdot D^\beta$	$\alpha = 4.06$ $\beta = 1.76$
PF2 = $\alpha + \beta \cdot D + \gamma \cdot D^2$	$\alpha = 400.32$ $\beta = 39.99$ $\gamma = 0.97$
PF3 = $\alpha + \beta \cdot D + \gamma \cdot D^2 \cdot H$	$\alpha = 400.32$ $\beta = 318.09$ $\gamma = 38.12$ $\gamma = 0.03$
PF4 = $\alpha + \beta \cdot D + \gamma \cdot D^2 + \psi \cdot D^2 \cdot H$	$\alpha = 350.69$ $\beta = 55.50$ $\gamma = 2.25$ $\psi = 0.09$
PF5 = $\alpha + \beta \cdot D^2 + \gamma \cdot D^2 \cdot H$	$\alpha = 175.83$ $\beta = 0.79$ $\gamma = 0.07$
PF6 = $\alpha + \beta \cdot D + \gamma \cdot H$	$\alpha = 533.26$ $\beta = 130.22$ $\gamma = 51.00$
PF7 = $\alpha \cdot D^\beta \cdot H^\gamma$	$\alpha = 0.026$ $\beta = 1.529$ $\gamma = 1.747$

**TABELA III**  
 Comparação entre massa real e massa obtida mediante modelos matemáticos.

DAP (cm)	Frequência	Massa árvore (kg)	PF1 (kg)	PF2 (kg)	PF3 (kg)	PF4 (kg)	PF5 (kg)	PF6 (kg)	PF7 (kg)
10	21	1365	4653	18471	15113	25122	6812	49717	1278
11	15	1350	4163	14388	11744	20549	5639	38886	1271
12	11	1204	3533	11206	9181	16702	4719	30839	1309
13	9	1224	3345	9767	7973	15024	4292	26520	1229
14	6	1509	2503	6862	5681	11121	3355	19262	1254
—	<b>62</b>	<b>6653</b>	<b>18197</b>	<b>60693</b>	<b>49691</b>	<b>88518</b>	<b>24817</b>	<b>165223</b>	<b>6341</b>
15	4	901	1917	4885	4043	8210	2532	13552	989
16	7	2402	3669	8933	7447	15539	4943	24935	2138
17	2	829	1193	2725	2265	4888	1581	7440	680
18	9	3414	5940	12936	10629	28491	7578	34135	3083
19	5	2022	3595	7528	6222	14110	4680	19835	2056
—	<b>27</b>	<b>9568</b>	<b>16313</b>	<b>37008</b>	<b>30606</b>	<b>66238</b>	<b>21315</b>	<b>99897</b>	<b>8947</b>
21	3	1430	2566	4980	4190	10019	3536	13060	1747
23	1	582	1006	1826	1538	3844	1400	4640	692
24	2	2093	2161	3816	3103	7857	2762	9212	1131
—	<b>6</b>	<b>4105</b>	<b>5733</b>	<b>10622</b>	<b>8832</b>	<b>21720</b>	<b>7698</b>	<b>26912</b>	<b>3569</b>
25	1	510	1184	2019	1800	4740	1897	5215	1185
26	2	3113	2583	4268	3425	9099	3262	9834	1271
27	1	1421	1375	2222	1917	5222	2063	5358	1111
28	4	4565	5713	9112	7584	20794	7951	21140	3712
29	1	2436	1563	2419	2203	6221	2639	5862	1674
—	<b>9</b>	<b>12045</b>	<b>12418</b>	<b>20039</b>	<b>16929</b>	<b>46076</b>	<b>17812</b>	<b>47409</b>	<b>8952</b>
30	3	5536	4809	7380	6389	18104	7353	17113	3950
31	1	1091	1730	2592	2208	6373	2579	5819	1290
—	<b>4,0</b>	<b>6627</b>	<b>6539</b>	<b>9972</b>	<b>7597</b>	<b>24477</b>	<b>9932</b>	<b>22933</b>	<b>5240</b>
35	1	3710	2120	2990	2370	7204	2818	6087	1071
36	1	1808	2258	3129	2831	8717	3852	6717	2209
37	1	5401	2293	3164	2879	8895	3955	6779	2293
—	<b>3,0</b>	<b>10919</b>	<b>6671</b>	<b>9282</b>	<b>8080</b>	<b>24815</b>	<b>10625</b>	<b>19584</b>	<b>5573</b>
40	1	2388	2655	3527	3160	10096	4518	7137	2435
41	2	4718	5652	7394	6862	22172	10230	14888	5926
44	1	4063	3201	4069	4107	13518	6628	8121	4427
—	<b>4,0</b>	<b>11169</b>	<b>11508</b>	<b>14990</b>	<b>14129</b>	<b>45787</b>	<b>21376</b>	<b>30146</b>	<b>12788</b>
49	1	1498	3660	4521	4115	14060	6589	8225	3422
—	<b>2,0</b>	<b>4722</b>	<b>7537</b>	<b>9256</b>	<b>8972</b>	<b>30600</b>	<b>14890</b>	<b>17039</b>	<b>8806</b>
51	1	5478	4100	4953	4617	16087	7726	8711	4102
53	1	3690	4375	5222	4259	15345	6877	8587	2681
—	<b>2,0</b>	<b>9168</b>	<b>8475</b>	<b>10175</b>	<b>8876</b>	<b>31431</b>	<b>14603</b>	<b>17298</b>	<b>6783</b>
56	1	5233	4873	5709	6049	21337	11043	9782	7047
58	1	6833	5119	5948	5534	20109	9845	9592	4917
59	1	3614	5294	6119	5965	21627	10853	9869	5851
—	<b>3,0</b>	<b>15680</b>	<b>15286</b>	<b>17776</b>	<b>17548</b>	<b>63073</b>	<b>31741</b>	<b>29243</b>	<b>17815</b>

(Continua)

TABELA III (Continuação)

DAP (cm)	Frequência	Massa árvore (kg)	PF1 (kg)	PF2 (kg)	PF3 (kg)	PF4 (kg)	PF5 (kg)	PF6 (kg)	PF7 (kg)
60	1	6720	5548	6367	6256	22833	11540	10097	6226
66	1	14695	6397	7193	8093	29491	15882	11158	10196
67	1	8517	6617	7408	7960	29396	15591	11176	9234
—	2,0	23212	13013	14601	16053	58887	31474	22334	19430
86	1	18939	10298	11002	13012	49992	27895	13892	16488
138	1	30060	23646	24339	33554	134688	80474	20985	43686
Total	127	169585	161179	256121	241134	709136	366282	542991	170644

foi de 275 t/ha. Tais dados podem ser vistos na Tabela IV.

Biomassa vertical de 848 t/ha para regiões da floresta amazônica não é comum, pois a média estimada de biomassa total é em torno de 300 t/ha (Fearnside, 1994), ou seja, trata-se de um resultado cujo valor está superestimado confirmando a discussão das desvantagens do método direto. Extração direta não é recomendada.

#### CONCLUSÃO

Comparando os dados de massa de biomassa obtidos através de método direto, corte e pesagem de indivíduos com DAP acima ou igual a 10 cm de uma área de floresta, com sete modelos matemáticos desenvolvidos como métodos indiretos, concluiu-se que o modelo que melhor representou a biomassa vertical da região de floresta amazônica em pé é dado por

$$PF = \alpha \cdot D^{\beta} \cdot H^{\gamma}$$

onde  $\alpha = 0,026$ ,  $\beta = 1,529$  e  $\gamma = 1,747$ .

#### AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio a esta pesquisa através dos processos 92/0950-0 e 93/4753-8.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, T. M., (1995), Investigação das taxas de dióxido de carbono gerado em queimadas na região amazônica. Guaratinguetá, 212p. (Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá).
- FEARNSIDE, P. M., (1994), Biomassa das florestas amazônicas brasileiras. In: Seminário Emissão x Sequestro de CO<sub>2</sub>: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, Porto Alegre. Anais. Rio de Janeiro, Companhia Vale do Rio Doce, p. 95-124.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J. DOS & JARDIM, F. C. S., (1982), Tamanho de parcela amostral para inventários florestais. *Acta Amazônica*, 12 (1): 91-103.
- HIGUCHI, N. & CARVALHO JR, J. A., (1994), Biomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Seminário Emissão x Sequestro de CO<sub>2</sub>: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, Porto Alegre. Anais. Rio de Janeiro, Companhia Vale do Rio Doce, p. 125-153.
- MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F. & VICTORIA, R. L., (1994), Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. In: Seminário Emissão x Sequestro de CO<sub>2</sub>: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, Porto Alegre. Anais. Rio de Janeiro, Companhia Vale do Rio Doce, p. 196-221.
- SANTOS, J., (1996), Análise de modelos de regressão para estimar a biomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. (Tese de doutorado em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, MG). A ser apresentada.



TABELA IV

Modelo matemático aplicado aos dados do inventário florestal de uma área de 1 hectare.

DAF (cm)	Frequência	PF 7 (kg)
10	31	1215
11	80	4399
12	43	3017
13	40	3971
14	45	4432
—	248	17033
15	38	4842
16	53	8194
17	25	4149
18	24	5523
19	16	4053
—	156	26762
20	13	2979
21	8	2033
22	13	3180
23	3	1052
24	11	6584
—	48	15828
25	15	6638
26	6	2400
27	8	4034
28	10	6931
29	14	6783
—	53	26786
30	6	4860
31	4	3171
32	11	9585
33	2	2507
34	4	3640
—	27	23763
35	3	4121
36	4	4311
37	3	2460
38	4	4138
39	0	0
—	14	15030
40	4	9539
41	4	8315
42	0	0
43	1	1531
44	0	0
—	9	19385
45	2	4227
46	0	0
47	0	0

TABELA IV (Continuação)

DAF (cm)	Frequência	PF 7 (kg)
48	4	16608
49	2	1685
—	8	22520
50	1	3226
51	1	4031
52	0	0
53	1	2120
54	2	5173
—	5	14551
55	2	8329
56	2	5495
57	0	0
58	0	0
59	0	0
—	4	13824
60	1	1385
61	1	2399
62	0	0
63	1	2054
64	2	7422
—	5	13260
65	0	0
66	0	0
67	0	0
68	0	0
69	0	0
—	0	0
70	1	3816
71	0	0
72	0	0
73	0	0
74	0	0
—	1	3816
75	0	0
76	1	3643
77	0	0
78	0	0
79	0	0
—	1	3643
80	1	2376
83	1	14082
—	2	16459
95	2	21464
100	1	2291
201	1	19065
Total	585	275479