

ANÁLISE DE FUNÇÕES DE CRESCIMENTO



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente: José Sarney

Ministro da Agricultura: Iris Rezende Machado

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Presidente: Ormuz Freitas Rivaldo

Diretores: Ali Aldersi Saab

Derli Chaves Machado da Silva

Severino de Melo Araújo

ANÁLISE DE FUNÇÕES DE CRESCIMENTO

Daniel Pereira Guimarães

Luis Hernan Rodriguez Castro

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - CPAC

Planaltina-DF.

Exemplares deste documento podem ser solicitados ao

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS - CPAC

BR 020 - km 18 - Rodovia Brasília/Fortaleza

Caixa Postal, 70-0023

73.300 - Planaltina-DF

Telefone: (061) 596-1171

Telex: 061 1621

Tiragem: 1.200 exemplares

Editor: Comitê de Publicações

José Carlos Sousa Silva

José Luiz Fernandes Zoby

Luiz Carlos Bhering Nasser - Presidente

Raul Colvara Rosinha - Secretário

Wenceslau J. Goedert

Editoração: Dilermando Lúcio de Oliveira

Normalização bibliográfica: Suzana Sperry

Composição: Luis Gerônimo dos Santos

Desenho e Montagem: Nilda Maria da Cunha Sette

Distribuição: Daniel Venâncio Bezerra

Ficha Catalográfica

(Preparada pelo SIDOC do CPAC)

Guimarães, Daniel Pereira

Análise de funções de crescimento, por Daniel Pereira Guimarães e Luiz Hernan Rodriguez Castro. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1986.

21p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 29).

1. Estatística aplicada à agricultura. I. Rodriguez Castro, Luiz Hernan, colab. II. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. III. Título IV. Série.

CDD: 630.219

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	5
1 INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Ajuste e Flexibilidade dos Modelos.....	8
2 UM MODELO ALTERNATIVO PARA FUNÇÕES DE TRÊS PARÂMETROS.....	9
3 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS.....	10
4 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO.....	11
5 CONCLUSÕES.....	20
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

ANÁLISE DE FUNÇÕES DE CRESCIMENTO

Daniel Pereira Guimarães¹

Luis Hernan Rodriguez Castro²

RESUMO

Este trabalho propõe uma variação do modelo de Gompertz, denominada "Função Complementar", cuja fórmula é dada por $W = A(1 - \text{EXP}(-\alpha \text{EXP}\beta t))$. Esta função é recomendada, juntamente com a de Gompertz e a Logística, para o ajuste de dados assintóticos, especialmente quando a série de crescimento ainda não foi concluída. Também é recomendada a linearização do modelo, quando nenhum valor observado na série de crescimento for superior ao valor definido para a assíntota. Esta linearização deverá se basear em diferentes valores assintóticos, e a seleção do melhor modelo efetuada a partir da correção das discrepâncias logarítmicas. Utilizando a técnica de linearização, torna-se mais fácil promover alterações nos modelos visando aumentar sua precisão.

GROWTH FUNCTION ANALYSIS

ABSTRACT

This study proposes a variation of Gompertz's model, referred to as the "Complementary Function" whose formula is given by $W = A(1 - \text{EXP}(-\alpha \text{EXP}\beta t))$. This modified function is recommended, along with the Gompertz and Logistical function for fitting data showing asymptotic trends, mainly in cases where the growth series has still not been concluded. The linearization of the model is also recommended when any data belonging to the growth series presents a value greater than that one defined for the asymptotic value. This procedure may be based upon different asymptotic values and the selection of the best fitting model must take into account the correction for logarithmic discrepancies. Using the linearization technique, alterations in the models may be tried, aiming to increase their precision.

¹ Engenheiro Florestal, M.Sc.

² Estatístico, Ph.D.

1 - INTRODUÇÃO

O crescimento da maioria dos seres vivos, em função do tempo, apresenta as seguintes características:

- a) $\lim_{t \rightarrow 0} \dot{W} = \alpha$ (W = crescimento, α = dimensão inicial, t = tempo);
- b) ter um ponto de inflexão (I);
- c) $\lim_{t \rightarrow \infty} W = A$ (A = dimensão na maturidade).

Explicar matematicamente a tendência do crescimento constitui importante subsídio, especialmente para o desenvolvimento das ciências biológicas. Vários modelos matemáticos foram formulados com esta finalidade, sendo que os derivados da curva $(1 + \alpha e^{-\beta t})^{-\gamma}$ são os mais aceitos, por apresentarem parâmetros que permitem interpretações biológicas. Sawdland & Mogilchrist (1979) consideram, ainda, sob o ponto de vista estatístico, a estruturação dos dados, a escolha do modelo e sua estimação. Os modelos normalmente ajustados são:

- modelos de três parâmetros:

- a) $W = A / (1 + \alpha e^{-\beta t})$ Função Logística
- b) $W = A e^{-\alpha e^{-\beta t}}$ Função de Gompertz

onde, nestas funções, β é o parâmetro que define as taxas de crescimento.

- modelos de quatro parâmetros:

- a) $W = A (1 + \alpha e^{-\beta t})^{-\gamma}$ Função Logística Generalizada
- b) $W = A (1 - \alpha e^{-\beta t})^{-\gamma}$ Função de Richards

onde, nestas funções, γ é o parâmetro que confere ponto de inflexão variável.

A diferença básica entre estes modelos está no fato de que as funções de três parâmetros apresentam ponto de inflexão definido,

enquanto este é variável nas funções de quatro parâmetros. Para a função Logística, o ponto de inflexão se situa em $W = A/2$ e a distribuição das taxas de crescimento é simétrica. Para a Função de Gompertz, o ponto de inflexão se situa em $W = A/e$ e a distribuição das taxas de crescimento se caracteriza por ser assimétrica à esquerda.

1.1 - Ajuste e Flexibilidade dos Modelos

Normalmente, para o ajuste de funções de crescimento, utiliza-se o método da regressão não-linear, que estima os parâmetros através de processos iterativos de mínimos quadrados. Sua solução requer o estabelecimento de intervalos que posicionem a localização dos parâmetros a serem estimados, de forma a reduzir o número de iterações e facilitar a convergência do modelo. Este procedimento se torna mais complexo quando o ajuste é feito para funções de quatro parâmetros.

Nelder (1961) apresentou uma metodologia que facilita o ajustamento da Função Logística Generalizada. Causton (1969) desenvolveu um programa especial de computação que permite ajustar a função de Richards sem que seja necessário o estabelecimento de valores iniciais para os parâmetros a serem estimados.

A possibilidade de alterar o posicionamento do ponto de inflexão confere aos modelos de quatro parâmetros uma flexibilidade superior à obtida pelos modelos de três parâmetros. Causton (1969) demonstrou esta característica, ao comparar as funções Logística e de Richards, na descrição do crescimento de mudas de "Sycamore" (Acer pseudo-platanus).

Seria lógico supor que a utilização dos modelos de quatro parâmetros substituisse eficientemente os modelos de três parâmetros. Entretanto, nem sempre isto se dá, pois a alta flexibilidade dos modelos de quatro parâmetros pode vir a comprometer a interpretação dos resultados ou até mesmo a precisão das estimativas. Fletcher (1975), comentando os resultados reportados por Causton (1969), questiona a respeito da magnitude dos parâmetros requeridos para a solução do modelo: Hoffmann & Vieira (1985), analisando o crescimento de Eucalyptus propinqua, concluíram que a função de Gompertz fornecia estimativas mais precisas que as obtidas pela aplicação da Logística Generalizada. Freitas et al. (1984), comparando algumas funções assintóticas, na explicação do crescimento de frangos de corte, verificaram que a função de Richards apresentou as estimativas dos parâmetros menos precisas, enquanto as funções de Gompertz e Logística apresentaram os resultados

mais adequados. Neste caso, em relação à função de Richards, possivelmente não houve a convergência dos parâmetros do modelo.

2 - UM MODELO ALTERNATIVO PARA FUNÇÕES DE TRÊS PARÂMETROS

Conforme explicitado anteriormente, as funções de três parâmetros normalmente aplicadas possuem pontos de inflexão $I \leq A/2$. Muitas vezes, especialmente para organismos crescendo em populações, ocorre que a competição entre os seres induz o ponto de inflexão a se posicionar próximo ao crescimento alcançado na maturidade. Assim, muitas vezes as funções de três parâmetros não se ajustam a certas tendências de crescimento, como, por exemplo, ao crescimento de plantas (Richards 1959), levando a crer que seus ajustamentos são mais apropriados para explicar o crescimento de animais.

Desse modo, é de grande interesse definir uma função de três parâmetros cujas taxas de crescimento descrevam uma distribuição assimétrica à esquerda. Isto pode ser facilmente conseguido através de alteração no posicionamento do ponto de inflexão da função de Gompertz, obtendo-se o seguinte modelo:

$$W = A(1 - e^{-\alpha e^{\beta t}})$$

ponto de inflexão: $I = A - A/e$ ou $I = 0,63212 A$.

Uma vez que esta função refere-se apenas a ligeiras modificações da proposta por Gompertz, e ao fato de que seu ponto de inflexão corresponde ao complemento da função original, resolveu-se denominá-la de "Função Complementar à de Gompertz" ou apenas "Função Complementar".

Derivando-se o modelo, em relação a seus parâmetros, obtém-se:

$$dW/da = (1 - e^{-\alpha e^{\beta t}})$$

$$dW/d\alpha = A(1 - e^{-\alpha e^{\beta t}}) e^{-\alpha e^{\beta t}} \cdot e^{\beta t};$$

$$dW/d\beta = A(1 - e^{-\alpha e^{\beta t}}) e^{-\alpha e^{\beta t}} \cdot \alpha e^{\beta t} \cdot t.$$

Na Fig. 1 são mostradas as tendências de distribuição das taxas de crescimento, em relação ao modelo de três parâmetros utilizado.

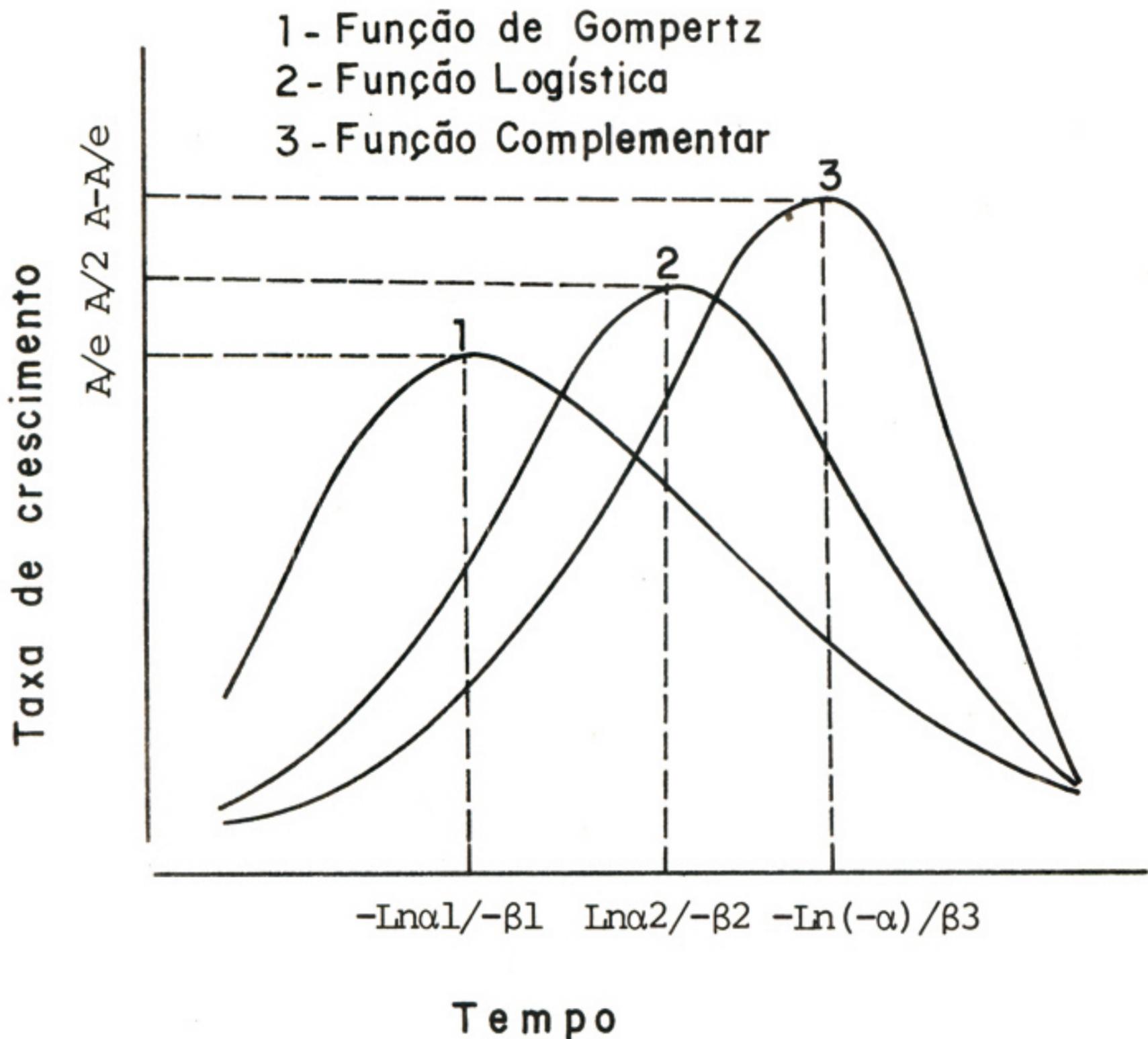


FIG. 1. Comportamento das taxas de crescimento em relação ao modelo de ajuste dos dados.

3 - ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS

O método mais preciso para determinação das estimativas dos parâmetros de uma função assintótica é o que utiliza a regressão não-linear, cujo algoritmo está associado a processos computadorizados. Barr et al. (1979) adotaram este procedimento para ajuste de modelo não-linear do SAS.

Um método prático para a estimativa destes parâmetros, citado por Stevens (1951), consiste em pré-fixar o valor assintótico através de inspeção gráfica, o que permite converter a função em equação

linear. Uma implementação deste método pode ser conseguida se forem atribuídos diferentes valores assintóticos e verificadas suas influências na formação dos resíduos. Através deste procedimento, obtém-se:

$$\text{Ln Ln } (A/W) = \alpha_1 + \beta_1 t \quad \text{Função de Gompertz}$$

$$\text{Ln } (A/W - 1) = \alpha_2 + \beta_2 t \quad \text{Função Logística}$$

$$\text{Ln Ln } (1/(1 - A/W)) = \alpha_3 + \beta_3 t \quad \text{Função Complementar}$$

Entretanto, deve-se ressaltar o fato de estarem os dados referentes às variáveis independentes transformados pela logaritmização, para que se torne possível o ajuste da regressão linear. Deste modo, não se procede à seleção do modelo através dos parâmetros de precisão obtidos na análise de variância. Esta situação pode ser contornada pela retransformação dos dados e reconstituição da análise de variância.

4 - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

A Tabela 1 fornece dados obtidos de parcelas experimentais de Eucalyptus grandis, com espaçamento de 3 x 2 metros. O experimento foi instalado em área do CPAC, na localidade de Planaltina, DF..

TABELA 1. Produção volumétrica de Eucalyptus grandis, em função da idade.

Idade (meses)	Repetição (nº)	Volume (m ³ / ha)	Idade (meses)	Repetição (nº)	Volume (m ³ / ha)
20	1	31,68	54	1	140,23
	2	34,21		2	166,84
	3	31,50		3	154,26
30	1	53,51	66	1	202,22
	2	66,91		2	225,27
	3	72,77		3	195,44
42	1	91,87	78	1	249,56
	2	118,28		2	273,63
	3	108,31		3	242,23

Plotando as taxas de crescimento, evidenciou-se que os dados poderiam ser ajustados pela Função de Gompertz. Foram estipulados valores assintóticos iniciais de, respectivamente, 350, 400, 450, 500 e 550 m³/ha. Após o ajuste dos dados transformados por regressões lineares e a antilogaritmização dos valores estimados, obteve-se as somas dos quadrados dos resíduos (SQR), cujas alterações na capacidade explicativa do modelo são apresentadas na Fig. 2.

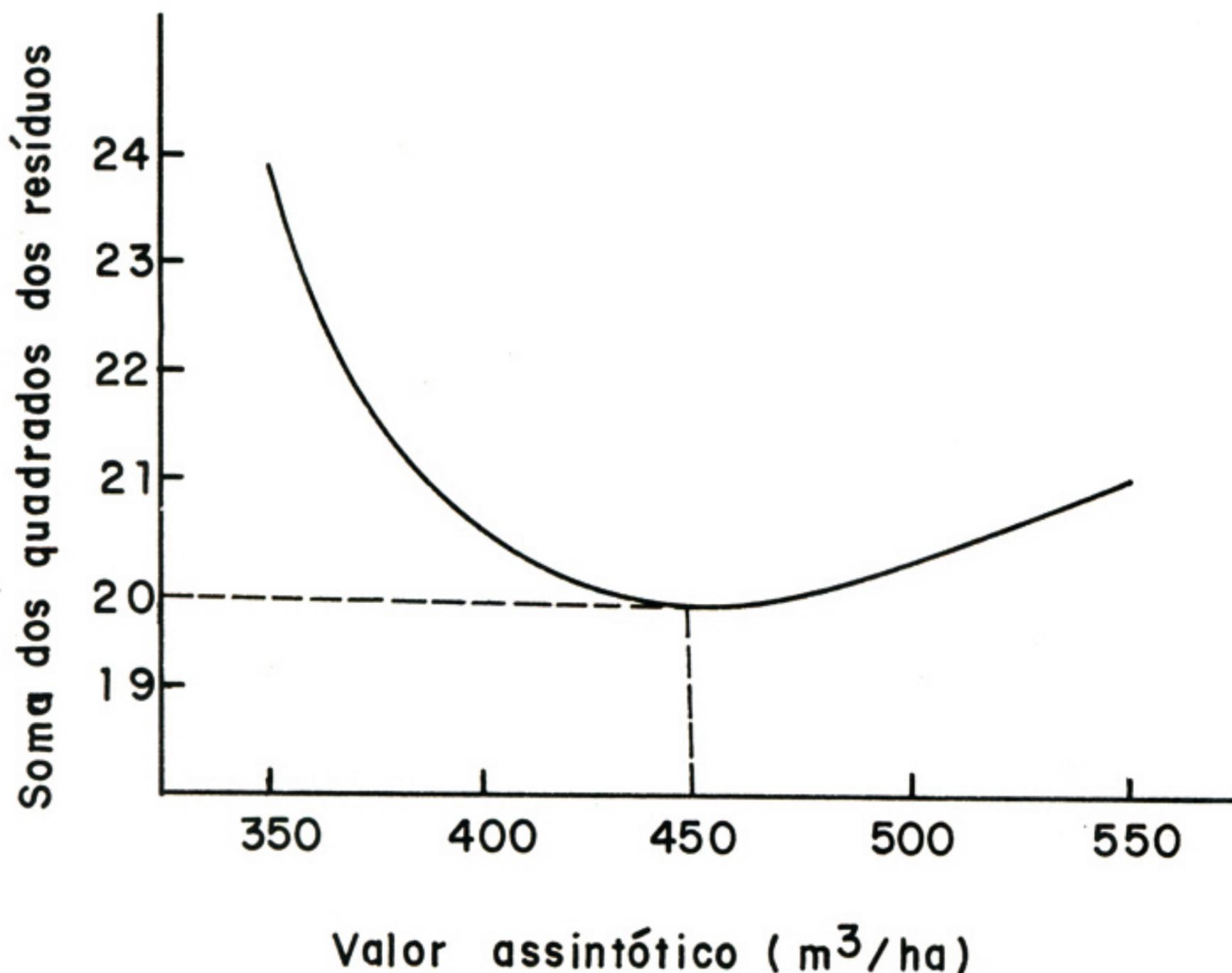


FIG. 2. Alterações na distribuição dos resíduos, em função do valor assintótico estipulado.

Note-se que a menor dispersão dos dados em torno da linha de regressão se deu para um valor assintótico em torno de 450 m³/ha. Desta forma, o modelo de ajuste aos dados de crescimento volumétrico pode ser expresso por:

$$W = 450 / (e^{1,47432 - 0,02620 \cdot t})$$

ou então:

$$W = 450 \cdot e^{-4,36806} \cdot e^{-0,02620 \cdot t}$$

Estes resultados foram comparados com os obtidos quando se submeteu os dados à análise de regressão não-linear, utilizando-se o algoritmo proposto por Marquardt (1963), sendo sua resolução efetuada pelo programa NLIN do SAS (Barr et al. 1982). Os resultados obtidos através da solução pelos dois métodos estão mostrados na Tabela 2 e evidenciam a proximidade dos valores encontrados. O mesmo não seria obtido, se não fosse efetuada a retransformação dos dados estimados para posterior seleção do modelo de melhor ajuste.

TABELA 2. Volumes estimados em conformidade com os métodos de ajuste da Função de Gompertz.

Idade (meses)	Volume médio	Métodos	
		Linearização	Marquardt
20	32,33	33,88	34,59
30	64,40	61,49	62,13
42	106,15	105,20	105,51
54	153,78	155,70	155,62
66	207,64	207,31	206,95
78	255,14	255,52	255,11

Na Fig. 3 está demonstrado o crescimento das espécies E. grandis e E. maculata, na localidade de Bom despacho, Minas Gerais. Os dados são referentes ao trabalho de Guimarães et al. (1982). Estes foram ajustados pelas funções Logística e Complementar.

Por procedimento análogo ao exemplo anterior, foram obtidos os seguintes resultados:

E. grandis, ajustado pela Função Complementar:

$$W = 185 \left(1 - e^{-0,05327 \cdot e^{0,05526 \cdot t}} \right);$$

E. maculata, ajustado pela Função Logística:

$$W = 150 / (1 + 45,81905 \cdot e^{-0,06875 \cdot t})$$

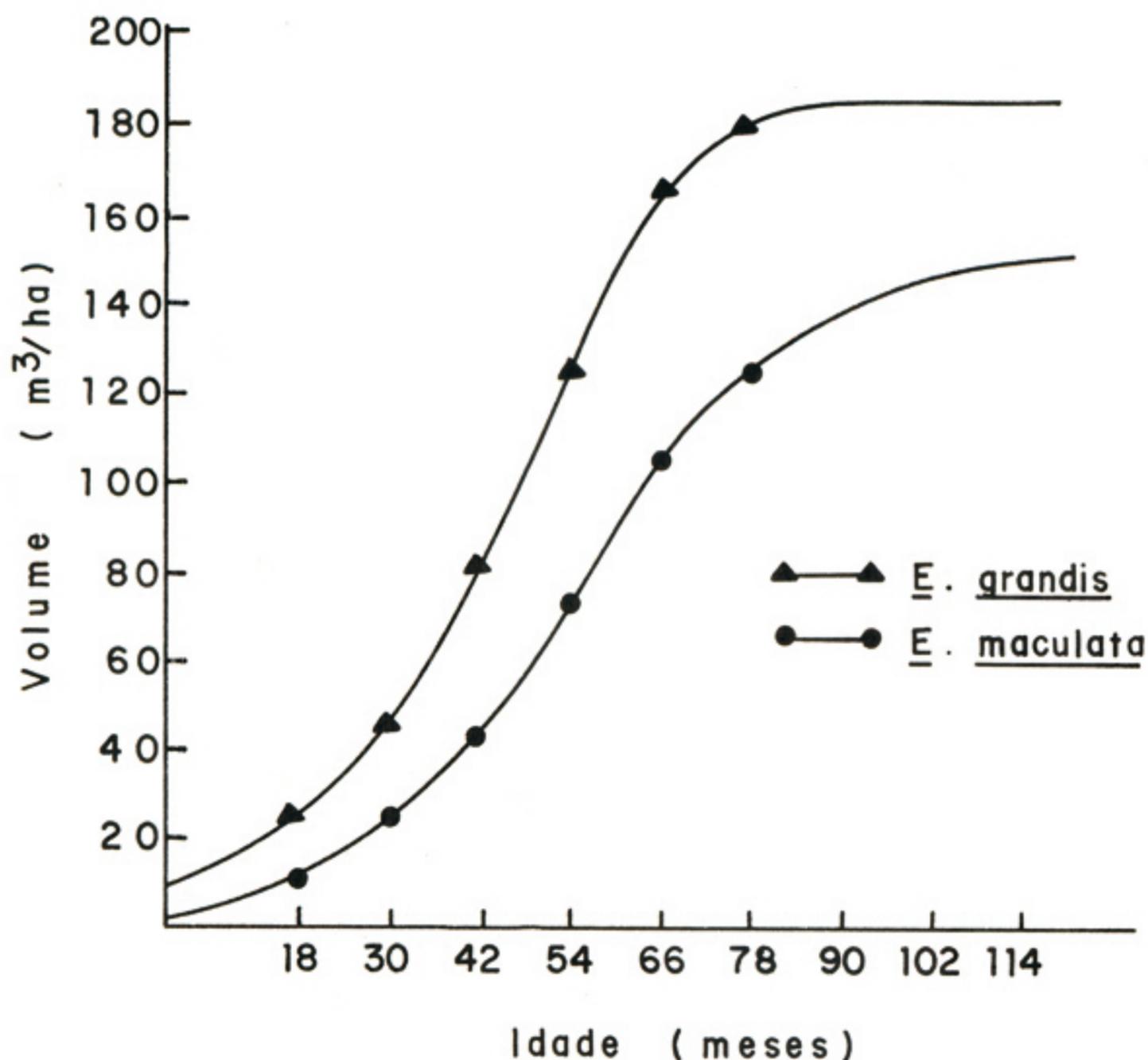


FIG. 3. Crescimento volumétrico de Eucalyptus grandis e Eucalyptus maculata, na localidade de Bom Despacho, MG.

Assim, foram mostradas três diferentes tendências de crescimento, sendo adequadamente explicadas por funções de três parâmetros. Entretanto, podem ocorrer casos em que nenhuma destas funções descreva convenientemente a tendência de distribuição dos dados. O exemplo a seguir, relativo a uma distribuição diamétrica de um povoamento de Eucalyptus grandis, situado em Brasília-DF, representa um desses casos. As classes diamétricas e suas respectivas freqüências estão demonstradas na Tabela 3.

Neste caso, a distribuição da freqüência acumulada representa uma curva sigmoidal de tendência definida. O ajuste desta distribuição e posterior determinação das freqüências esperadas por classe de diâmetro (f) é importante por fornecer resultados compatíveis, ou seja, o somatório dos valores estimados tenderá a ser semelhante ao dos valores observados.

TABELA 3. Distribuição de freqüência diamétrica para um povoamento de Eucalyptus grandis, situado em Brasília-DF.

Centro de classe (CL)	Freqüência por classe (f)	Freqüência acumulada (f)
6,25	29	29
8,75	65	94
11,25	71	165
13,75	100	265
16,25	90	355
18,75	65	420
21,25	38	458
23,75	13	471
26,25	6	477

Como a série é definida, pode-se inferir que a assíntota se localiza em um valor de freqüência acumulada próximo de 480 árvores. A partir deste valor assintótico, promoveu-se a linearização das funções de três parâmetros, cujas tendências são mostradas na Fig. 4.

Evidencia-se, neste caso, ser a função Logística a que melhor se ajusta aos dados, uma vez que as transformações baseadas nesta função foram as que mais se aproximaram da reta. O modelo ajustado resultou em:

$$F = 480 / (1 + 141,8819e^{-0,37643 \cdot CL}) .$$

As freqüências esperadas por classe diamétrica (f) foram obtidas pelas diferenças sucessivas entre os valores estimados, e os resultados obtidos pela aplicação desta função podem ser visualizadas na Fig. 5.

Analisando estes resultados, percebe-se que a distribuição dos dados não corresponde à definida pela função Logística. Uma melhor aproximação desta distribuição poderia ser conseguida através de dois procedimentos, ou seja, pela utilização de funções de quatro parâmetros, ou pela introdução de alterações nos modelos de três parâmetros.

Uma vez que a distribuição se aproximava da descrita pela função Logística, optou-se por utilizar a Logística Generalizada como função de quatro parâmetros, para ajustar os dados observados.

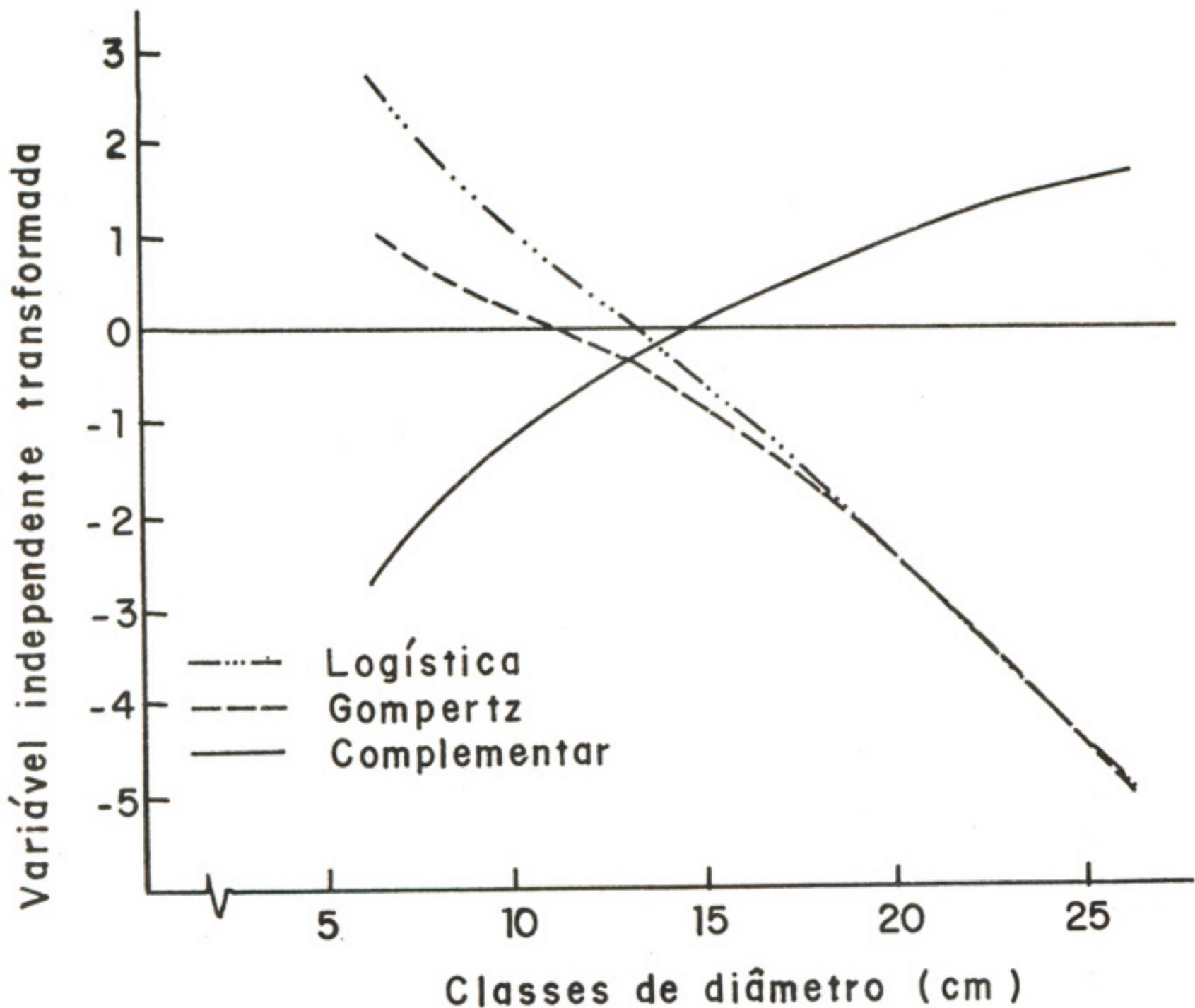


FIG. 4. Linearização das funções de Gompertz, Logística e Complementar. Dados relativos à distribuição de frequência acumulada e valor assintótico igual a 480 árvores.

Alterações nos modelos de três parâmetros podem ser efetuadas a partir de transformações da variável independente, no caso, as classes diamétricas. Analisando a Fig. 4, concluiu-se que as transformações resultantes da aplicação da função Complementar poderiam ser ajustadas por uma equação logarítmica, resultando em:

$$\text{Ln.Ln}(1/(1 - F/A)) = \alpha - \beta \text{Ln}(CL);$$

obtêm-se, então, o seguinte modelo:

$$F = A(1 - e^{-\alpha e^{\beta \ln(CL)}});$$

podendo ser simplificado para:

$$F = A(1 - e^{-\alpha CL^{\beta}})$$

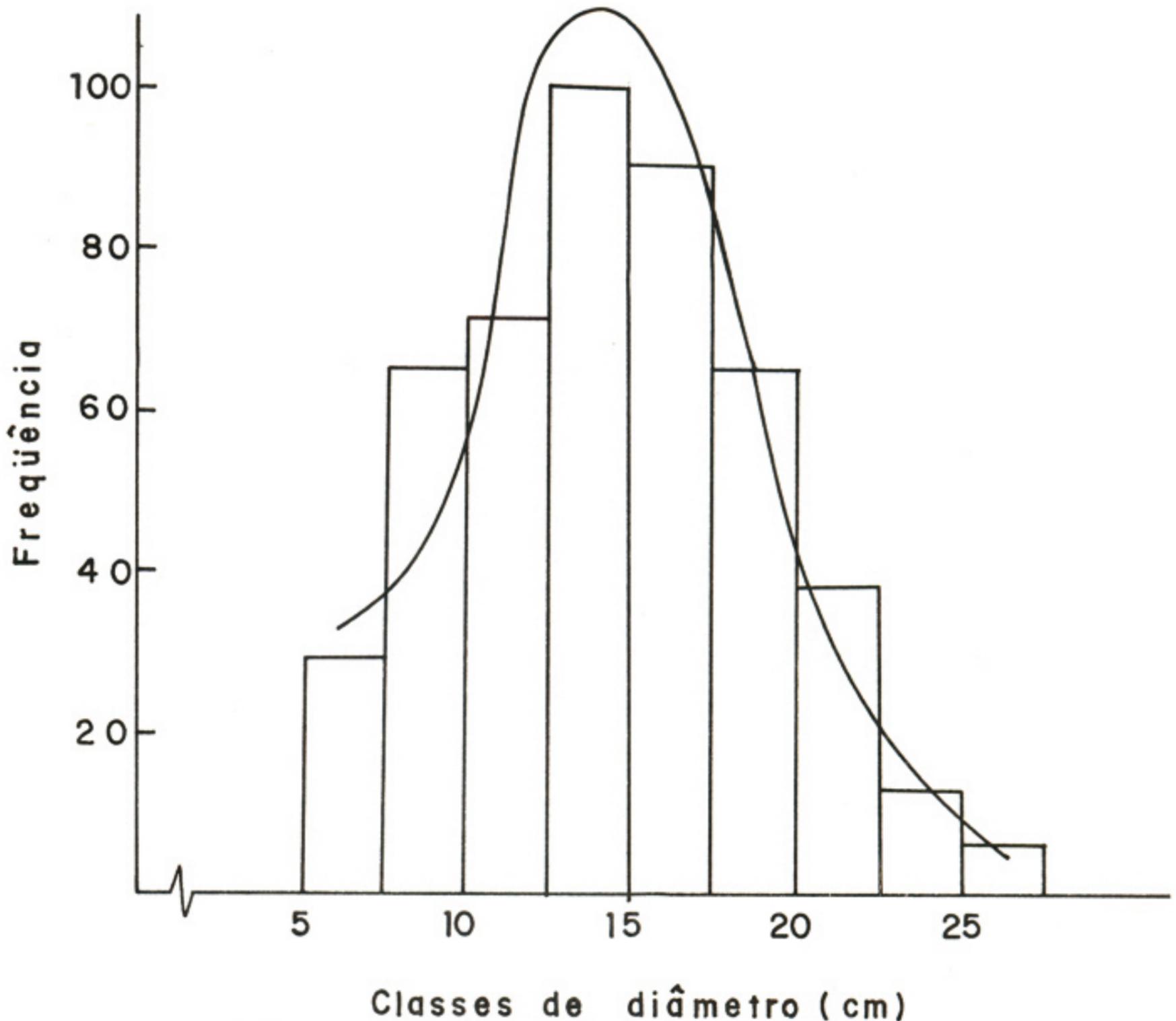


FIG. 5. Frequências diamétricas observadas e estimadas pela função Logística, para um povoamento de E. grandis, Brasília, DF.

Para este modelo, os pontos de inflexão se situam, com relação à variável independente, em $EXP(-Ln\alpha/\beta)$ e, com relação à variável dependente, em $A - A/e$.

Para a seleção do melhor modelo, utilizou-se a comparação através do quadrado médio dos resíduos (QMR). Os resultados obtidos foram:

a) Logística Generalizada

$$A = 486,80410$$

$$\alpha = 43,86571$$

$$\beta = 0,31463$$

$$\gamma = -1,30808$$

$$\text{QMR} = 104,14$$

b) Função Complementar alterada

$$A = 477,86036$$

$$\alpha = 2,43211 \cdot 10^{-4}$$

$$\beta = 3,09634$$

$$\text{QMR} = 46,15$$

Pela utilização da função Logística, o valor do QMR encontrado foi de 134,58. Portanto, houve um pequeno ganho ao se utilizar o modelo de quatro parâmetros. Entretanto, a alteração na função de três parâmetros resultou em um modelo bem mais eficiente na explicação da tendência de distribuição dos dados. Os resultados de ajuste deste modelo são mostrados na Fig. 6.

Comparando-se as Fig. 5 e 6, verifica-se que, nesta última, os valores estimados se ajustam melhor, principalmente nas classes diamétricas de maior frequência. Convém ressaltar que não se deve recomendar um modelo geral para análise de crescimento; esse modelo deve ser pesquisado para cada situação em estudo.

Algumas transformações poderiam ser efetuadas, no sentido de alterar o posicionamento dos pontos de inflexão dos modelos, visando, assim, alterar suas tendências de curvatura. O exemplo a seguir demons

tra a introdução de uma função trigonométrica (no caso, a função seno), com o propósito de alterar a tendência descrita pela função de Gompertz.

O modelo linearizado poderia ser escrito da seguinte forma:

$$\text{Ln.Ln}(1/\text{SIN}(90.W/A)) = \alpha + \beta.t$$

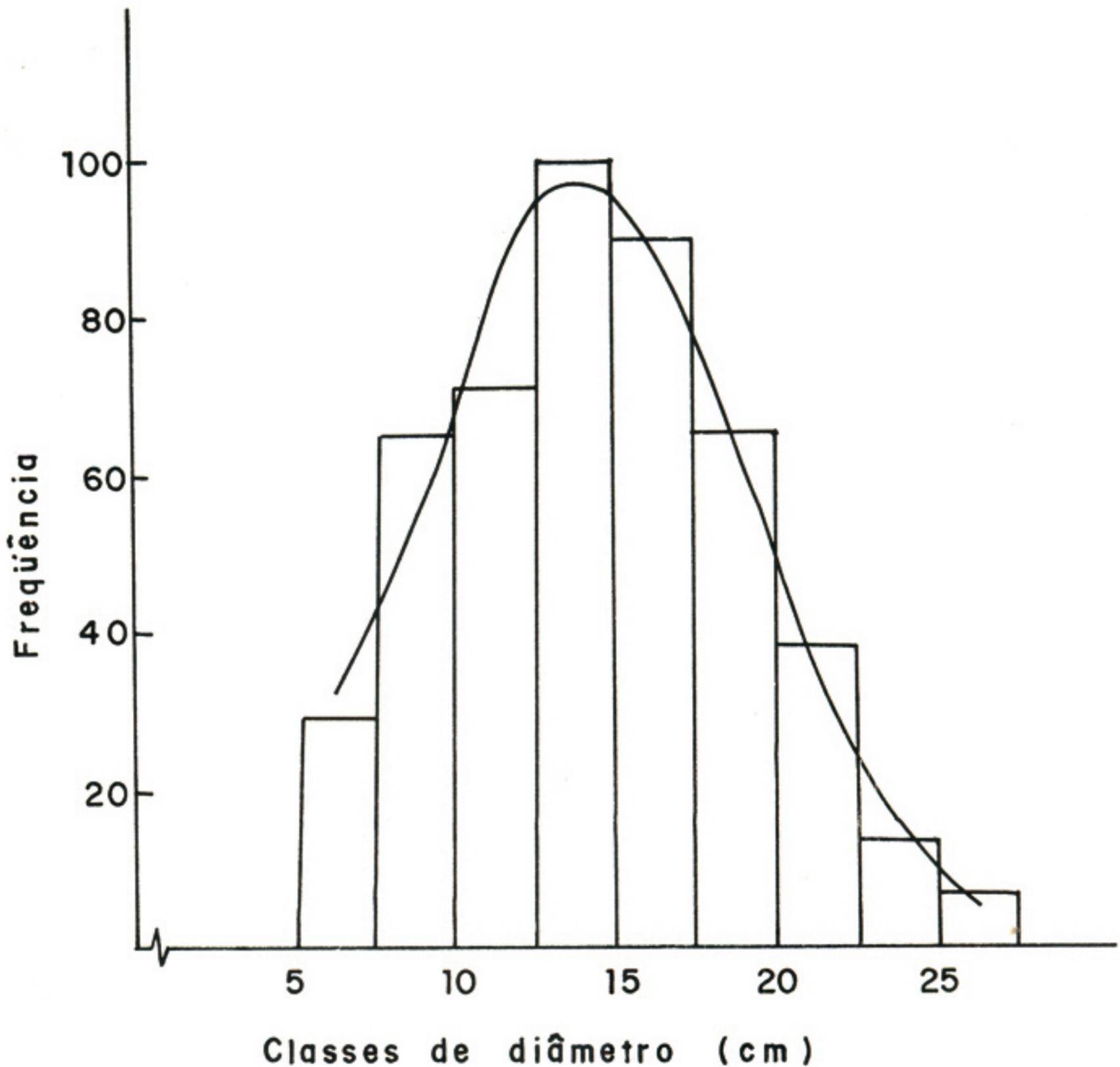


FIG. 6. Frequências diamétricas observadas e estimadas pela função Complementar alterada, para um povoamento de E. grandis, Brasília, DF.

Retransformando o modelo para sua forma original, obtém-se:

$$W = A(\text{ARCSIN}(e^{-\alpha \cdot e^{\beta \cdot t}}) / 90)$$

Neste caso, o ponto de inflexão se deslocou de $0,37A$ (Função de Gompertz), passando a ocorrer na posição referente a $0,30A$, proporcionando uma nova curvatura ao modelo.

Desse modo, diferentes modelos de três parâmetros poderão ser desenvolvidos, permitindo assim uma melhor seleção do modelo a ser ajustado.

5 - CONCLUSÕES

Em muitos casos, as funções de três parâmetros poderão substituir eficientemente as de quatro parâmetros, no ajuste de dados que apresentem tendências assintóticas, especialmente quando a "série de crescimento" ainda não foi completada. Torna-se, portanto, muito importante utilizar essas funções no estabelecimento de prognoses.

A linearização dos modelos de três parâmetros, quando corrigida a discrepância logarítmica, tende a apresentar resultados semelhantes aos obtidos pela solução não-linear, desde que nenhum dado relativo aos valores observados seja superior ao valor assintótico que irá minimizar os resíduos em torno da linha de regressão. Esse método, devido à facilidade de sua aplicação, também poderá ser utilizado na determinação dos valores iniciais requeridos pela solução não-linear.

Através da inspeção gráfica, utilizando a técnica de linearização dos modelos, torna-se possível promover alterações nas funções de três parâmetros, de forma a aumentar a precisão de suas estimativas, sem a necessidade de recorrer a funções de quatro parâmetros, cujas soluções são mais complexas.

O ganho em grau de liberdade, obtido pela aplicação de funções de três parâmetros, é muito importante nos casos em que os ajustes devam ser feitos a um limitado número de dados.

- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARR, A.J.; GOODNIGHT, J.H.; SALL, J.P.; BLAIR, W.H. & CHILKO, D. K. SAS User's guide 1979 edition. Raleigh, SAS Institute, 1979. 495p.
- CAUSTON, D.R. A computer program for fitting the Richards function. Biometrics, 25: 401-9, 1969.
- FLETCHER, R.I. A general solution for the complete Richards function. Mathem. Biosc., 27:349-60, 1975.
- FREITAS, A.R.; ALBINO, L.F.T.; FILHO, T.M. & ROSSO, L.A. Modelos de curvas de crescimento em frangos de corte. Pesq.agropec.bras., Brasília, 19(9):1057-64, 1984.
- GUIMARÃES, D.P.; MOURA, V.P.G.; RESENDE, G.C.; MENDES, C.J.; MAGALHÃES, J.G.R.; ASSIS, T.F.; ALMEIDA, M.R.; RESENDE, M.E.A. & SILVA, F. V. Avaliação silvicultural, dendrométrica e tecnológica de espécies de Eucalyptus. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1982. 73p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 20).
- HOFFMANN, R. & VIEIRA, S. Eucalyptus growth and the determination of the optimal cutting age. Rev. Econometr., 5(1):111-28, 1985.
- MARQUARDT, D.W. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. J.Soc.Ind.Appl.Mathem., 11:431-41, 1963.
- NELDER, J.A. The fitting of a generalization of the logistic curve. Biometrics, 17:89-110, 1961
- RICHARDS, F.J. A flexible growth function for empirical use. J.Exp Bot., 10(29):290-300, 1959.
- SAWDLAND, R.L. & MOGILCHRIST, C.A. Stochastic growth curve analysis. Biometrics, 35:255-71, 1979.
- STEVENS, W.L. Asymptotic regression. Biometrics, 7, 247-67, 1951.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - CPAC
Planaltina, DF