

CONTRIBUIÇÃO AO RELACIONAMENTO DE CARACTERÍSTICAS PEDÓLOGICAS E TOPOGRÁFICAS COM ALTURA DE *Eucalyptus alba*, NA REGIÃO DE SANTA BÁRBARA, MINAS GERAIS*

Nairam Félix de Barros
Waldemar Moura Filho
Antônio Bartolomeu do Vale
Laede Maffia de Oliveira**

1. INTRODUÇÃO

A capacidade produtiva de uma área florestal é determinada em virtude da ação e interação de fatores bióticos, climáticos, edáficos e topográficos, influenciados pelas práticas silviculturais e de manejo florestal. Dentro de determinado estrato climático, os fatores edáficos e topográficos são os principais a condicionar a produtividade.

Na Zona Metalúrgica de Minas Gerais, dentre as várias espécies de eucalipto indicadas ecologicamente (15), o *Eucalyptus alba* (híbrido de Rio Claro) é a que apresenta melhor desenvolvimento (28). Nenhum estudo foi ainda realizado com o objetivo de determinar quais são os componentes pedológicos e topográficos de maior significância na produtividade dos eucaliptais. Estudos deste tipo são de importância em várias atividades da prática florestal, tais como: determinação de alternativas econômicas na compra de terras, intensidade de práticas silviculturais, previsão da produção no corte final, etc.

Nesta zona estão situadas várias empresas siderúrgicas que utilizam o carvão vegetal em seus altos fornos, para obtenção de ferro e aço. As subsidiárias florestais destas empresas somente agora estão verificando que a produção média de lenha obtida, por hectare, é inferior àquela prevista quando dos plantios iniciais (26, 27, 33). Este fato é verdadeiro, tanto para o primeiro quanto para o segundo corte. Isto implica, logicamente, que para a obtenção de determinada quantidade de carvão há necessidade de maior área, e que, muitas vezes, não há possibilidade de cumprir com o programa previamente estabelecido para o fornecimento de carvão. Como consequência disto, há o aumento do custo unitário do carvão; as empresas são obrigadas a comprar de terceiros quantidades adicionais, o que ocasionou, em termos aproximados, a triplicação do preço do carvão entregue na siderúrgica no ano de 1973. Por conseguinte, espera-se um aumento correspondente nos preços dos produtos siderúrgicos, seja pelo custo do carvão, seja por alguma alteração no processo tecnológico das siderúrgicas.

* Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa, como um dos requisitos para a obtenção do grau de «Magister Scientiae» em Fitotecnia.

Recebido para publicação em 28-10-1975.

** Respectivamente, Auxiliar de Ensino e Professores Adjuntos da Universidade Federal de Viçosa.

A avaliação da capacidade produtiva das terras da região poderá fornecer elementos básicos e indispensáveis que permitam estimar a produção madeireira a determinada idade, facilitando a tomada de decisões nos planejamentos estabelecidos pelas empresas.

No que se refere à classificação do solo para reflorestamento, com base em características edáficas, no Brasil, alguns estudos foram desenvolvidos por GOOR e colaboradores (16, 17, 18, 23) para *Araucaria angustifolia* e *Pinus elliottii*. Todavia, até o presente momento, não se registrou qualquer estudo com o objetivo específico de determinar classes de qualidade de local para o plantio de eucalipto. Registra-se apenas um trabalho realizado em Israel, por Karschon e Praag, citados por BONILLA (4), que mostrou a influência da profundidade de camadas adensadas (hardpan) sobre o crescimento de *Eucalyptus rostrata*.

Admite-se que o eucalipto seja uma essência mais exigente no que se refere às propriedades físicas do solo, particularmente quanto a profundidade e permeabilidade. ALVARENGA (2) e METRO (25) dizem ser o regime hídrico do solo um fator essencial no crescimento da maioria das espécies de eucalipto.

JACOBS (22) menciona que a declividade e a exposição ou aspecto têm efeitos na quantidade de radiação solar recebida, a qual cai muito rapidamente nos aspectos S, SO, SE, e W com o aumento da declividade. Este autor relata ainda os efeitos desfavoráveis para árvores nas partes de topo de morro. Ocorre que os topões são expostos a ventos de qualquer quadrante e não recebem qualquer vantagem da grande drenagem do solo. Em razão destes fatos, local próximo ao topo de morro normalmente apresenta menor produtividade do que poderia ser esperado do seu aspecto e declividade.

É bastante conhecido o fato de os eucaliptos crescerem bem em solos pobres em nutrientes. Contudo, em algumas áreas, como as cobertas por cerrado, as condições de fertilidade do solo são decisivas na produção de madeira, de acordo com o que afirma MELLO (24).

O presente estudo teve os seguintes objetivos:

- a. testar a metodologia adequada ao estudo da qualidade de local;
- b. determinar a influência de algumas características do solo e características topográficas no crescimento em altura de *Eucalyptus alba*;
- c. estabelecer uma equação preliminar, a partir de variáveis pedológicas e topográficas, que permita predizer o crescimento em altura de *E. alba* na Região de Santa Bárbara, MG;
- d. fornecer indicações qualitativas aplicáveis ao estudo da qualidade de local para espécies de eucaliptos, com possíveis trocas entre as variáveis significativas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em plantações de *E. alba*, situadas na região de Santa Bárbara (Zona Metalúrgica de MG), de propriedade da Cia. Agrícola e Florestal Santa Bárbara (CAF), subsidiária da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira.

As parcelas de amostras foram lançadas em dois povoados distintos da espécie, um situado no «Dacó» e outro, na «Alegria». Os solos do primeiro povoamento foram mapeados como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico orto, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo forte, ondulado e montanhoso. Os do segundo, como associações de solos Litólicos Indiscriminados, relevo montanhoso e afloramento de rocha (quartizito, filitos e xistos) e Latossol Vermelho-Escurinho distrófico orto, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo forte, ondulado, e, presumidamente, Cambissol distrófico (6).

Pela classificação de Köppen, a região tem clima tipo CWa brando, com inverno seco (31). Segundo VELOSO (35), as áreas estão na Floresta Pluvial Estacional Tropical Perenifólia do Planalto Centro-Sul. Os dados climáticos específicos para as duas áreas são deficientes. Dados obtidos de 1970 a 1972, pela CAF, fornecem a média de 959 mm de chuva para o Dacó e 1290 mm para a Alegria.

O povoamento do Dacó e o da Alegria possuem área em torno de 200 ha, sendo que o primeiro contava, na época da obtenção dos dados, com, aproximadamente, 6 anos, e o segundo, com 7 anos.

Sobre a metodologia de estudos da relação solo x crescimento de árvores, foi efetuada, recentemente, uma revisão por BONILLA (4), que recomenda 30 a 40 parcelas de amostras, com tamanho entre 400 e 800 m², e a medição da altura das 3/5 árvores de maior diâmetro de cada parcela. No presente estudo foram es-

tabelecidas 32 parcelas, sendo 16 em cada povoamento. As parcelas, de forma retangular ou quadrada, foram em sua maioria de 504 e 600 m², havendo, contudo, 5 com 400 m².

As parcelas em cada área foram distribuídas por todo o povoamento, de modo que cobrissem as condições aparentemente significativas. Em cada parcela mediram-se o diâmetro (DAP) de todas as árvores e as alturas totais das 10/15 árvores mais grossas. Amostra composta de solo foi coletada a partir de 15/20 amostras simples, distribuídas por toda a parcela. As amostras de solos foram obtidas do horizonte A, e a profundidade de 50 cm no horizonte B, aproximadamente. Foram anotadas, por parcela, a espessura do horizonte A, a porcentagem de declividade, o aspecto e a forma do terreno avaliada por sua concavidade, convexidade, etc.

As amostras do solo foram submetidas às seguintes análises e determinações: granulométrica, equivalente de umidade, teor de umidade a 1/3 e a 15 atmosferas, teor de matéria orgânica, pH em água, fósforo «assimilável», potássio, cálcio + magnésio permutáveis, acidez trocável, alumínio trocável, hidrogênio trocável e CTC.

As relações da altura das árvores com os fatores do solo e topográficos estudados foram determinadas por análises de regressão múltipla linear.

As seguintes variáveis foram incluídas no estudo:

H	— média das alturas das árvores dominantes
IM	— incremento médio anual em altura
ft	— forma do terreno (1 — íngreme; 2 — convexa; 3 — côncavo).
d	— declividade (%)
asp	— aspecto: transformado em azimute, em que 135° SE foi igualado a zero (7, 21).
e	— espessura dos horizontes (*)
ar	— porcentagem de areia
si	— porcentagem de silte
arg	— porcentagem de argila
equ	— equivalente de umidade (%)
da	— disponibilidade d'água (%)
mo	— teor de matéria orgânica (tonelada/ha)
pH	— pH em água
Ca	— teor de Ca + Mg trocáveis (mE/100 g)
act	— acidez trocável (mE/100 g)
Al	— teor de alumínio trocável (mE/100 g)
T	— capacidade de troca de cationtes (mE/100 g)
sba	— saturação de bases (%)
SAL	— saturação de alumínio (%)
P	— teor de fósforo (ppm)
K	— teor de potássio (ppm)
bar	— 2,5 x umidade a 15 atmosferas (% de argila)
ma	— disponibilidade d'água (m ³ /ha)
kP	— teor de fósforo (kg/ha)
kK	— teor de potássio (kg/ha)
kCa	— teor de Ca + Mg trocáveis (kg/ha)
kAl	— teor de alumínio trocável (kg/ha)

Para as análises estatísticas, os dados foram inicialmente agrupados por povoamento (Dacó e «Alegria»), e por horizonte (A e B) dentro do povoamento, sendo usada como variável dependente a média das alturas (H). Posteriormente, estabeleceu-se o estudo dos dados independentemente de povoamento, sendo, contudo, mantida a separação em termos de horizontes, e neste caso a variável tomada como dependente foi o incremento médio anual e a altura (IM), a fim de se eliminar o efeito da diferença de idade entre os povoamentos.

Para a escolha de determinado modelo, levaram-se em conta critérios estatísticos e florestais. Do lado estatístico, considerou-se o valor de F e de R² (coeficiente de determinação), adotando-se as combinações de variáveis nas quais estes valores eram significativos, ao nível mínimo de 5% de probabilidade. Além disto, nos modelos iniciais, o valor de «t» de cada variável dentro do modelo foi outro critério de eliminação ou escolha de equações. HANNAH (21) preconiza que, em

(*) Quando a espessura do horizonte B ultrapassava 100 cm, este valor foi utilizado nos cálculos.

trabalhos de relacionamento solo-local, uma equação que explica 70% ou mais das variações é normalmente considerada uma relação funcional bem sucedida, e que o mérito da equação aumenta, quando ela conta com poucas variáveis facilmente determinadas.

Com base no estudo das matrizes de correlação para cada par de variáveis, eliminava-se uma delas se o coeficiente de correlação (r) era igual a ou maior que $|0,80|$ (3). A variável escolhida para ser testada no modelo era a de maior significado florestal e de fácil determinação no campo ou laboratório. Uma vez escolhidas, as variáveis foram combinadas aos pares e testadas contra a variável dependente (média das alturas ou incremento médio). Os pares eram eliminados do estudo se o valor de F do modelo e o valor de « t » das variáveis não fossem significativos, ao nível de 5% de probabilidade. Em seguida, os pares eram combinados com as outras variáveis escolhidas, e assim sucessivamente, até obter-se um modelo cujo valor de R^2 fosse de pelo menos 70%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das medições e determinações das características pedológicas e topográficas, testadas nas correlações com a altura, estão contidos nos Quadros 1 e 6, de acordo com o horizonte e o povoamento.

3.1. Povoamento do Dacó

Os valores das medições e determinações das características pedológicas e topográficas referentes às 16 parcelas de amostras estabelecidas no povoamento do Dacó encontram-se no Quadro 1.

3.1.1. Modelos para o Horizonte A

Com base no estudo das matrizes de correlação (3), as seguintes variáveis foram selecionadas, neste horizonte, para o relacionamento com a altura: declividade, aspecto, espessura do horizonte, porcentagem de areia, porcentagem de argila, disponibilidade d'água (%), pH, teor de Ca + Mg trocáveis (mE/100 g), acidez trocável, teor de alumínio trocável (mE/100 g), capacidade de troca catiónica, teor de fósforo (ppm) e teor de potássio (ppm).

Seguindo a metodologia de seleção de modelos descrita anteriormente, foram estabelecidos sete modelos, cujos valores de F foram significativos, ao nível de 1% de probabilidade, os coeficientes de determinação (R^2) superiores ao valor de 70% e, também, com o valor de « t » dos coeficientes das variáveis nos modelos, significativo ao nível de 5% de probabilidade. Esses modelos e seus respectivos coeficientes de determinação estão contidos no Quadro 2.

Como se pode verificar, no Quadro 2, o modelo n.º 1 mostra que somente a declividade é capaz de explicar 88,22% das variações verificadas na altura do *Eucalyptus alba* (híbrido de Rio Claro), no povoamento do Dacó; o aumento na declividade está associado a um decréscimo na altura da ordem de 0,379 metros para cada grau adicional na variável.

A ação da declividade no crescimento pode ocorrer de maneira indireta, influenciando principalmente na espessura do horizonte A, no movimento superficial e subsuperficial da água (19) e, paralelamente, na lixiviação de nutrientes (30). No presente estudo, testou-se o efeito da espessura do horizonte sobre a altura, sem que significante porção da variação em altura pudesse ser explicada; também dos nutrientes incluídos e que pudessem sofrer lixiviação nenhum proporcionou grande elevação no valor R^2 . O efeito da declividade sobre o movimento d'água parece ser, assim, o principal responsável pela diminuição da altura. Contudo, para a comprovação deste fato haveria a necessidade da determinação periódica do «status» de umidade do solo em parcelas com diferentes declividades. Apesar de essa possibilidade ser provavelmente a principal, deve-se levar em conta que as outras duas podem ocorrer simultaneamente.

Para este povoamento, em todos os modelos estabelecidos que incluem a declividade como um dos componentes, os valores de F são significativos, ao nível de 1% de probabilidade. Nos modelos 4, 6 e 7 (Quadro 2), nos quais ela não foi incluída, os valores dos coeficientes de determinação (R^2) são reduzidos.

Dos modelos constantes do Quadro 2, o n.º 5 é o que apresenta maior poder de predição de altura, explicando 94,74% de sua variação. Este modelo tem o mérito de ser constituído de variáveis facilmente determinadas no campo e laboratório, ou

QUADRO 1 - Valores das medições e determinações das características pedológicas e topográficas do povoamento do Daco, de acordo com o horizonte

Hor.	H	IN	V	ft	d	asp	o	ar	si	sug	equ	da	mo	pe	ca	act	AI	T	sin	hal	hal	hal	P	le	K	W	bar				
A	15,2	2,53	106	1	45	125	13	39	24	37	28	9	150	107	4,6	0,5	10,4	1,4	11,0	5	71	216	1,1	19	28	473	57				
B	-	-	-	-	-	-	-	50	23	54	28	8	51,3	218	4,9	0,4	5,3	0,6	5,7	8	56	333	4,8	2,1	137	16	1040	57			
A	16,5	2,75	106	2	35	260	15	30	30	40	29	9	175	114	4,6	0,7	1,2	10,5	7	61	216	9,7	14	28	546	60					
B	-	-	-	-	-	-	-	50	21	22	57	30	54,6	221	4,8	0,6	5,4	0,6	6,1	11	47	333	6,2	1,5	227	18	1170	60			
A	24,4	4,07	290	3	17	50	15	36	24	40	27	7	116	4,8	1,9	9,4	1,2	11,4	17	38	236	5,8	0,8	16	42	819	55				
B	-	-	-	-	-	-	-	100	24	16	60	28	7	97,8	148	4,9	0,7	5,8	0,6	6,5	11	44	666	1462	3,3	430	14	1820	60		
A	21,1	3,53	170	2	25	230	13	35	22	43	27	7	115	101	4,7	1,3	9,3	1,1	19,7	13	45	173	353	0,6	10	36	608	60			
B	-	-	-	-	-	-	-	100	24	18	62	28	5	70,4	169	5,0	0,5	5,1	0,6	5,6	9	52	666	1046	2,3	298	10	1300	63		
A	26,3	4,37	290	3	15	50	17	36	24	40	26	7	152	133	4,8	2,5	9,6	1,4	12,3	22	35	282	888	0,9	19	64	1414	60			
B	-	-	-	-	-	-	-	100	29	11	60	27	5	68,2	156	4,8	0,7	5,3	0,7	6,0	12	48	772	1462	4,4	572	10	1300	63		
A	24,9	4,16	290	2	20	50	13	37	26	37	27	9	146	109	5,0	3,0	9,3	0,9	12,6	26	22	145	815	3,4	24	120	2028	60			
B	-	-	-	-	-	-	-	100	28	15	57	28	6	76,6	161	5,0	1,1	5,3	0,6	6,4	18	33	666	2298	4,5	586	24	3120	65		
A	23,1	3,85	170	3	20	50	13	58	10	32	21	6	61	4,6	0,6	6,9	1,9	7,6	9	74	289	163	0,6	10	32	541	37				
B	-	-	-	-	-	-	-	100	35	6	59	27	8	105,6	148	5,4	0,9	5,3	1,1	6,3	21	52	1334	1880	2,1	280	56	7280	53		
A	24,9	4,16	290	2	20	50	13	48	9	43	25	8	141	87	4,5	0,7	8,2	1,9	8,9	9	71	289	190	0,6	10	32	541	47			
B	-	-	-	-	-	-	-	100	36	7	57	28	9	93,6	174	5,2	0,5	4,9	1,1	5,6	13	62	1334	1046	1,1	138	80	10400	57		
A	23,1	3,85	170	2	27	40	13	38	12	50	25	8	132	99	4,7	0,5	9,9	2,1	10,9	5	79	318	126	1,2	20	30	507	50			
B	-	-	-	-	-	-	-	100	33	6	61	27	7	92,2	208	4,7	0,3	6,3	1,3	6,9	5	69	1556	626	1,1	136	124	16120	57		
A	20,3	3,39	160	3	31	50	13	46	16	38	25	12	210	112	4,6	0,4	10,1	1,9	10,5	4	81	289	109	1,2	20	26	439	50			
B	-	-	-	-	-	-	-	20	47	15	28	23	12	309	48	4,8	0,3	3,8	0,9	4,2	8	71	199	125	0,7	17	20	520	35		
A	19,9	3,33	170	2	31	50	15	44	17	39	25	13	250	96	4,1	0,4	9,3	2,3	9,8	82	400	125	1,5	29	38	741	47				
B	-	-	-	-	-	-	-	100	38	15	47	28	12	1532	160	4,9	0,5	5,3	0,9	5,8	9	64	1112	1046	0,5	72	12	1560	53		
A	20,9	3,49	170	3	31	50	20	54	14	32	22	7	179	174	4,7	0,3	10,6	1,9	10,9	3	84	445	125	1,7	43	26	516	45			
B	-	-	-	-	-	-	-	100	38	13	49	25	7	97,4	252	4,7	0,3	7,4	1,1	7,7	4	77	1334	626	4,2	546	18	2340	53		
A	19,8	3,30	165	2	30	45	25	51	14	35	23	8	274	208	5,0	0,7	9,8	1,7	10,5	7	69	500	366	2,7	89	26	845	45			
B	-	-	-	-	-	-	-	100	39	13	48	25	7	98,0	252	5,1	0,7	7,5	1,3	8,3	9	65	1556	1662	3,3	430	12	1560	53		
A	17,9	2,99	91	1	42	100	13	53	15	32	23	9	154	101	5,0	1,0	9,0	1,2	10,0	11	54	187	272	2,4	41	24	406	45			
B	-	-	-	-	-	-	-	100	41	17	42	25	9	118,2	278	5,2	0,7	7,7	0,9	8,4	9	57	1112	1462	4,0	520	12	1560	53		
A	26,8	4,46	258	2	20	138	23	54	15	35	23	8	245	181	4,6	0,6	11,5	3,1	12,3	6	81	842	288	2,5	75	58	1734	45			
B	-	-	-	-	-	-	-	100	49	16	35	25	7	96,8	417	4,7	0,4	12,9	3,2	13,4	3	87	3778	836	4,1	534	30	3900	55		
A	27,5	4,59	290	3	15	60	20	52	12	36	22	7	189	156	4,8	1,1	10,1	2,3	11,4	11	63	533	460	2,3	59	82	2132	43			
B	-	-	-	-	-	-	-	100	42	10	48	25	8	99,2	253	5,0	0,7	8,3	2,4	9,1	9	75	2774	1462	2,5	326	32	4160	50		

QUADRO 2 - Modelos selecionados^(a) para o horizonte A do Dacó e seus respectivos coeficientes de determinação^(b)

Nº	Modelo	R ²
1	H = 32,0859 - 0,32,0859 - 0,3791 d **	88,28 **
2	H = 29,5691 - 0,3617 d ** + 1,1918 Al *	91,49 **
3	H = 30,9437 - 0,3918 d ** - 1,0648 P *	92,63 **
4	H = 7,4882 + 4,3717 Ca ** + 5,8683 Al **	77,79 **
5	H = 22,8808 - 0,2701 d ** + 2,7343 Al ** + 1,5791 Ca *	94,74 **
6	H = 13,0109 + 3,9858 Ca ** + 5,7767 Al ** - 0,5939da *	86,15 **
7	H = 19,7386 = 3,0839 Al ** + 0,0860 K ** + 0,8052 da	73,96 **

(a) O asterisco sobre as abreviaturas nos modelos indica a significância do valor de "t" da variável, a 5% (*) ou a 1% (**).

(b) Valores significativos, ao nível de 1% (**).

sejam, a declividade, o teor de alumínio trocável (mE/100 g) e o teor de cálcio + magnésio (mE/100 g). Com exceção dos modelos 6 e 7, que incluem a disponibilidade d'água, todos os demais são também constituídos por características correntemente determinadas nos laboratórios de solos.

A adição de outras variáveis ao modelo 5 não acarretou elevação significativa do valor de R².

A interpretação do efeito de determinado componente de um modelo sobre a variável dependente deve ser feita sempre de maneira cuidadosa, visto que, de acordo com o que acentuam LA BASTIDE e GOOR (23), em razão da complicada natureza de muitas inter-relações entre os fatores do solo, esta interpretação é difícil de ser realizada. No entanto, tentar-se-á, para os principais modelos estabelecidos, explicar o efeito de cada um de seus componentes.

No modelo H = 22,8808 - 0,2701 d + 2,7343 Al + 1,5791 Ca, a diminuição da altura com o aumento da declividade deve ocorrer diante da atuação desta variável, principalmente sobre o movimento superficial e subsuperficial d'água e a lixiviação interna de alguns nutriente. Nos locais de forte inclinação há, comparativamente aos menos inclinados, infiltração de menor quantidade d'água das chuvas. A água que se infiltra, em virtude da ação gravitacional, tende a movimentar-se subsuperficialmente para as partes menos inclinadas, além da percolação normal. O aumento da altura com o aumento do teor de alumínio trocável foge ao conceito geral, no qual se espera uma relação inversa entre a produtividade e o teor de alumínio trocável. Desta forma, é provável que a ação positiva deste elemento sobre a altura se deve à sua interação com outra propriedade determinada ou não. Pela matriz de correlação (3), constatou-se que as correlações mais elevadas do alumínio ocorreram com as porcentagens de areia e os teores de fósforo e cálcio + magnésio trocáveis. Com a areia, a correlação foi positiva, e esta variável causou aumento na altura, embora de maneira não significativa (3). Também com o teor de fósforo a correlação do alumínio trocável foi positiva (3), e o fósforo do horizonte A se mostrou como uma das características mais importantes no crescimento de *E. alba* (modelo n.º 3). Vários trabalhos (1, 12, 29, 32) têm mostrado que, em solos com pH abaixo de 5,4, o fósforo está ligado principalmente a óxidos hidratados de ferro e de alumínio. Destas duas formas, a absorção do fósforo pela planta é muito mais fácil a partir dos óxidos de alumínio (12, 29). Esta deve ser a provável explicação para a correlação positiva verificada entre o teor de alumínio trocável e o crescimento em altura no presente estudo. No Sul do Brasil, LA BASTIDE e GOOR (23) também registraram uma dependência do crescimento de *Araucaria augustifolia* e *Pinus elliottii* com a porcentagem total de P₂O₅ e o grau de saturação de alumínio. De acordo com estes autores,

se o valor de saturação de alumínio é alto, o crescimento de ambas as espécies reage favoravelmente ao fosfato; se baixo, a correlação com fosfato desaparece. Exploram que esta correlação fósforo-alumínio deve ser vista na influência de alumínio sobre o suprimento e na demanda de cálcio e magnésio pelas árvores, sendo isto evidente pela correlação negativa entre saturação de alumínio e teor de cálcio + magnésio nas folhas. Neste estudo, apesar das diferenças entre as espécies e condições, estas explicações parecem coerentes, em razão da semelhança nas correlações entre teor de fósforo, alumínio trocável e cálcio + magnésio trocáveis com o trabalho citado anteriormente.

Para este mesmo modelo, a correlação positiva do teor de cálcio + magnésio trocáveis e a altura é lógica e está de acordo com o que foi descrito por vários autores, com referência a outras espécies (5, 16, 17, 23, 34, 36).

Visando a avaliar a contribuição de cada componente nos modelos estabelecidos, foram calculados os coeficientes de determinação parcial dos modelos 2 a 7 (Quadro 3). Especificamente para a equação 5, a declividade, na presença do alumínio e cálcio + magnésio, é responsável por 76,31% da variação verificada na altura, sendo que o teor de alumínio e cálcio + magnésio contribuem com 54,74% e 38,20%, respectivamente.

Nos demais modelos estabelecidos (números 2, 3, 4, 6, 7), os efeitos das variáveis neles incluídas são lógicos e estão dentro do esperado, com exceção do efeito positivo do alumínio trocável, conforme discutido, e o efeito negativo da disponibilidade d'água na altura. Neste último caso, esperava-se que, dentro de certos limites, quanto mais água à disposição da planta, maior seria o seu crescimento, obedecendo, assim, ao conceito geral de que o eucalipto é carente d'água. As correlações inversas entre altura e as variáveis que influenciam ou expressam o teor de umidade do solo têm sido relatadas somente nos casos em que elas estão dificultando a aeriação do solo (8, 37). Deve-se lembrar que a característica disponibilidade d'água não indica que durante qualquer época há um suprimento d'água que pode ser aproveitado pela planta. Assim, nos períodos de estiagem mais longa, haverá deficiência de umidade, principalmente nas partes mais declivosas, em razão da ação gravitacional sobre a água. Nas partes de pequena declividade, o suprimento será bem maior e mais próximo da disponibilidade d'água do solo.

3.1.2. Modelos para o Horizonte B

Ainda com base no estudo de correlação (3), as seguintes variáveis foram selecionadas no horizonte B do Dacó: declividade, aspecto, espessura do horizonte, porcentagem de areia, porcentagem de silte, disponibilidade d'água (%), matéria orgânica, teor de cálcio + magnésio trocáveis (mE/100 g), teor de alumínio (mE/100

QUADRO 3 - Coeficientes de determinação parcial de 7 modelos estabelecidos para o horizonte A do Dacó

Modelo	R ² parciais
H = - b ₁ d + b ₂ Al	Hd.Al ⁽¹⁾ = 89,92%; HAL.d = 27,34%
H = - b ₁ d + b ₂ P	Hd.P = 92,59%; HP.d = 37,07%
H = b ₁ Ca + b ₂ Al	HCa.Al = 73,71%; HAL.Ca = 72,23%
H = b ₁ d + b ₂ Ca + b ₃ Al	Hd.m ⁽²⁾ = 76,31%; HCa.m = 38,20%; HAL.m = 54,74%
H = b ₁ da + b ₂ Ca + b ₃ Al	Hda.m = 37,64%; HCa.m = 77,69%; HAL.m = 79,90%
H = b ₁ da + b ₂ Al + b ₃ Al	Hda.m = 38,18%; HAL.m = 46,21%; HK.m = 58,52%

(1) Lê-se, por exemplo, Hd.Al. o efeito da declividade sobre a altura quando em presença do teor de alumínio.

(2) A letra m substitui os demais componentes do modelo.

g), saturação de alumínio trocável, teor de fósforo (ppm), teor de potássio (ppm), teor de argila (2,5 x umidade a 15 atm) e disponibilidade d'água (m³/ha).

Os vários modelos estabelecidos encontram-se no Quadro 4.

Obviamente, da mesma forma que para o horizonte A, também para o horizonte B a declividade se mostra como a variável mais importante na variação da altura do *E. alba*, neste povoamento.

Todos os modelos que incluem a declividade possuem também valores de R² relativamente mais elevados que os demais. Há certa semelhança entre os modelos estabelecidos para o horizonte A e os constantes do Quadro 4. O componente alumínio trocável continua sendo uma variável importante para explicar a variação na altura, e o seu coeficiente de correlação com o teor de alumínio é mais elevado do que no horizonte A (3); verifica-se também o efeito negativo da disponibilidade d'água sobre a altura.

O efeito favorável do teor de areia no crescimento em altura, no horizonte B, é bastante mais lógico do que no A. É provável que, à profundidade de 50 cm, os elevados teores de argila, conforme constatado nas análises de laboratório (Quadro 1), afetem negativamente a altura em razão da aeração deficiente. Aliás, pode-se constatar, em várias parcelas, grande dificuldade de penetração do trado para a obtenção da amostra, diante do elevado teor de argila formando verdadeira massa de solo. O efeito de elevada densidade aparente, impedindo o crescimento de raízes de árvores, foi descrito por FORRISTAL e GESSEL (13), para as condições existentes no Estado de Washington, U.S.A.

Pode-se verificar o aumento em altura de árvores de algumas espécies, em razão da elevação do teor de matéria orgânica (10, 11). O papel da matéria orgânica no solo pode ser visto principalmente sob 2 aspectos. Primeiro, atuando fisicamente, influindo no regime de umidade do solo, bem como na sua estrutura e porosidade. Segundo, como reserva de fósforo, nitrogênio e outros nutrientes essenciais às plantas. Para este estudo, a maior correlação da matéria orgânica verificou-se com fósforo, alumínio trocável e saturação de alumínio (3). É provável que o mesmo mecanismo de interação destes componentes, descrito anteriormente, ocorra também neste horizonte. Assim, o efeito da matéria orgânica seria maior no fornecimento de nutrientes do que no lado físico. Em solos mais ácidos, onde o fósforo está ligado a óxidos hidratados de ferro e alumínio, constatam-se teores mais elevados de fósforo orgânico (12).

Também neste horizonte o efeito negativo da disponibilidade d'água sobre a altura deve ser conseqüência da ação da declividade no suprimento de água; da mesma forma, há maior necessidade de aeração deficiente nos locais mais baixos. Coile, citado por CASTANOS (7), relata que, para *Pinus echinata*, no Estado da Carolina do Norte, o índice de local decresceu linearmente com o aumento da disponibilidade d'água, em virtude da aeração deficiente. No presente estudo, a correlação desta variável com a altura é também negativa.

Com relação aos modelos estabelecidos para este horizonte, os números 3 e 6

QUADRO 4 - Modelos selecionados para o horizonte B do Dacó e seus respectivos coeficientes de determinação (R²)

Nº	Modelo	R ²
1	H = 28,7368 - 0,3720 d ^{**} + 0,0924 ar [*]	92,94 **
2	H = 30,5326 - 0,3864 d ^{**} + 0,0085 mo [*]	91,74 **
3	H = 29,8733 - 0,3472 d ^{**} + 1,2204 Al ^{**}	93,28 **
4	H = 29,1045 - 0,3834 d ^{**} + 0,0516 sAl ^{**}	92,11 **
5	H = 30,4211 - 0,3633 d ^{**} + 0,0105 mo [*] - 0,0104 asp [*]	94,89 **
6	H = 32,2630 - 1,1201 da ^{**} + 5,4825 Al ^{**} - 0,0379 mo [*]	77,66 **

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade

são bastante práticos e com elevado poder de predição da altura, embora o n.º 3, isto é, $H = 29,8733 - 0,3472 d + 1,2202 Al$, com $R^2 = 93,28\%$, tenha mais méritos, visto possuir menor número de variáveis independentes.

No modelo 7, um novo componente foi introduzido, isto é, aspecto mostrando redução de 0,0104 metros na altura, à medida que se adiciona um grau. As exposições «Este» são as que tendem a apresentar menor crescimento em altura. A interpretação deste efeito torna-se difícil, em razão da interação desta variável com várias outras não incluídas neste estudo, tais como: intensidade de insolação, correntes de ventos, etc. Das incluídas, somente a declividade poderia ser considerada em conjunto com o aspecto. Porém, o modo mais simples para se entender o efeito negativo da variável aspecto é tomar em conta o trajeto do sol. Assim, na parte da manhã, as exposições «Este» recebem maior quantidade de insolação do que a face «Oeste».

Pelo cálculo dos coeficientes de determinação parcial (Quadro 5), pode-se constatar que, no modelo 3, a declividade é responsável por 90,73% das variações verificadas na altura, e que 42,62% se devem ao alumínio. Também no modelo 6 a declividade é o componente mais importante, com R^2 parcial de 93,44%, seguida do teor de matéria orgânica com 49,35%, e, por fim, pelo aspecto que explica 38,13% da variação na altura do *E. alba*, quando em presença dos outros dois componentes.

QUADRO 5 - Coeficientes de determinação parcial de 5 modelos estabelecidos para o horizonte B do Dacó

Modelo	R^2 parciais
$H = - b_1 d + b_2 ar$	$Hd.ar = 92,29\%; Har.d = 39,77\%$
$H = - b_1 d + b_2 mo$	$Hd.mo = 91,67\%; Hmo.d = 29,52\%$
$H = - b_1 d + b_2 Al$	$Hd.Al = 90,73\%; HAL.d = 42,62\%$
$H = b_1 d + b_2 sAl$	$Hd.sAl = 91,94\%; HsAl.d = 32,67\%$
$H = - b_1 d - b_2 asp + b_3 mo$	$Hd.m = 93,44\%; Hasp.m = 38,13\%; Hmo.m = 49,35\%$

3.2. Povoamento de «Alegria»

Os valores das determinações e medições realizadas para este povoamento encontram-se no Quadro 6. Da mesma forma que para o povoamento do Dacó, 16 parcelas de amostras foram estabelecidas.

O povoamento de «Alegria» acha-se situado numa área bastante heterogênea, englobando associações de solos, conforme foi descrito anteriormente. Ademais, as condições de clima são, de certa forma, bastante peculiares, havendo forte influência da serra do Caraça. O povoamento está numa encosta em forma de bacia, que causa modificações quanto ao regime de precipitação, insolação, formação de nevoeiro, etc., gerando um microclima muito especial.

Das 16 parcelas estabelecidas, 8 foram locadas em uma área contínua à serra do Caraça, aqui chamada de litólica, cujos dados correspondem às oito primeiras amostras do Quadro 6. Esta área acha-se separada da segunda por um riacho, cujo solo é bastante diferente de onde foram estabelecidas as parcelas restantes, neste estudo denominada área de latossolo.

3.2.1. Modelos para o Horizonte A

Em razão da grande heterogeneidade deste povoamento, os modelos escolhidos não apresentam poder de predição da altura tão elevado quanto no povoamento do Dacó.

As seguintes variáveis foram selecionadas para a escolha de modelos no horizonte A: declividade, aspecto, espessura do horizonte, porcentagem de argila, matéria orgânica, pH, teor de cálcio + magnésio trocável (mE/100 g), saturação de bases e teor de fósforo (ppm).

QUADRO 6 - Valores das medições e determinações das características pedológicas e topográficas do povoamento da Alegría, de acordo com o horizonte

Hor.	H	IN	V	ft.	d.	asp.	e	ar.	si	ang.	bar.	equ.	ma	mo	ca	kCa	AI	sal	bot	T	abs.	sal	P	kp	K	rk	da		
A	26,2	3,74	184	1	45	5	5	68	13	19	35	19	82	70	4,4	0,3	31	3,4	200	15,2	15,7	3	88	2,5	16	70	455	12	
B	-	-	-	-	-	-	-	35	63	10	27	30	16	415	216	4,3	0,3	219	2,4	101	9,0	9,3	4	87	1,1	48	34	1547	9
A	23,7	3,39	222	1	42	160	5	82	8	10	17	10	29	35	4,5	0,4	42	2,4	139	9,3	9,8	5	83	2,2	14	36	234	4	
B	-	-	-	-	-	-	-	35	75	9	16	17	12	241	122	4,6	0,2	146	1,4	581	5,3	5,5	5	84	0,5	25	30	1365	5
A	27,0	3,86	336	2	28	10	5	82	8	10	23	13	36	60	4,6	0,3	31	2,2	127	11,7	121	3	88	2,2	14	40	260	5	
B	-	-	-	-	-	-	-	75	76	4	20	17	11	414	165	4,6	0,5	785	1,2	1079	4,5	5,1	11	68	0,5	54	28	2730	4
A	27,2	3,88	318	2	29	180	5	80	8	12	20	11	30	44	4,4	0,4	42	2,3	133	9,0	9,5	5	82	2,3	15	38	247	5	
B	-	-	-	-	-	-	-	75	73	9	18	17	12	431	88	4,7	0,3	469	1,1	1001	3,8	4,2	8	77	0,5	49	16	1560	4
A	28,2	4,02	318	2	21	10	8	83	9	8	17	11	49	62	4,4	0,4	67	2,2	204	10,3	10,8	5	81	1,7	37	44	458	5	
B	-	-	-	-	-	-	-	100	76	9	15	13	9	666	117	4,6	-	626	0,9	1112	3,4	3,7	9	74	0,5	66	18	2340	5
A	27,0	3,86	288	2	21	230	8	83	6	11	9	42	43	43	4,4	0,3	50	2,0	186	7,4	7,7	5	84	1,3	30	30	312	4	
B	-	-	-	-	-	-	-	100	76	7	17	13	9	510	134	4,8	0,3	626	1,0	1616	3,8	4,2	8	75	1,1	150	18	2340	4
A	26,0	3,71	208	2	25	10	7	80	8	10	13	9	34	45	4,2	0,3	44	1,7	140	8,0	8,4	4	87	1,1	30	26	237	4	
B	-	-	-	-	-	-	-	100	77	4	19	13	7	450	43	4,7	0,2	418	0,9	994	3,4	3,6	7	19	1,0	130	14	1820	3
A	29,3	4,19	352	3	10	220	8	53	21	26	47	28	153	91	4,1	1,3	217	3,9	264	16,2	17,7	8	72	2,3	23	76	790	15	
B	-	-	-	-	-	-	-	100	40	16	44	47	26	1284	217	4,5	0,3	626	1,8	2106	6,1	6,5	6	83	3,6	468	32	4160	10
A	28,9	4,12	267	1	42	40	7	45	26	29	50	35	199	74	4,2	0,7	102	1,2	311	17,3	18,1	5	82	2,1	20	60	546	22	
B	-	-	-	-	-	-	-	40	35	27	38	45	29	975	153	4,6	0,3	251	1,7	800	6,1	6,5	6	82	1,7	86	28	2912	19
A	30,9	4,41	493	1	41	10	8	40	27	33	60	35	124	64	4,3	0,5	52	1,7	217	17,8	18,5	4	84	2,3	15	76	494	19	
B	-	-	-	-	-	-	-	100	29	23	48	57	29	1920	226	4,6	0,3	626	1,6	1884	6,6	6,9	5	82	2,4	312	24	1560	15
A	28,5	4,06	327	3	10	200	8	48	27	25	67	36	218	105	4,4	0,8	134	4,4	409	20,2	21,2	5	81	3,6	37	84	874	21	
B	-	-	-	-	-	-	-	100	38	20	42	63	31	1756	269	4,7	0,3	626	2,4	2174	9,1	9,5	4	87	3,0	390	26	3380	15
A	24,6	3,51	222	2	25	350	5	56	22	22	40	31	124	57	4,2	0,5	42	3,5	205	18,7	19,4	3	85	2,5	17	54	851	19	
B	-	-	-	-	-	-	-	45	44	22	34	43	30	921	204	4,6	0,3	282	1,9	1000	6,7	7,1	5	84	1,7	102	22	2574	16
A	27,7	3,96	278	1	55	280	5	46	26	28	50	36	137	56	4,3	0,5	52	3,9	228	17,8	18,4	4	85	2,5	16	64	416	21	
B	-	-	-	-	-	-	-	50	33	20	53	53	33	999	239	4,7	0,3	313	4,4	409	20,2	21,2	5	81	3,6	37	84	874	21
A	26,6	3,80	325	3	5	10	50	48	21	31	55	32	220	118	4,1	0,7	146	3,9	455	19,4	20,3	5	81	3,2	42	96	1248	17	
B	-	-	-	-	-	-	-	100	40	15	45	57	31	1798	239	4,6	0,3	626	3,0	3556	8,2	8,5	4	89	2,5	388	28	1820	14
A	32,3	4,61	493	3	22	310	7	61	16	23	63	31	138	107	4,3	0,6	88	3,8	311	19,1	19,9	4	83	2,3	21	84	764	15	
B	-	-	-	-	-	-	-	100	36	16	46	65	29	1286	289	4,6	0,3	626	1,7	2000	8,8	9,2	4	82	3,3	490	30	3900	10
A	26,1	3,73	216	3	17	205	5	67	13	20	45	23	71	4,3	0,5	52	4,1	239	16,7	19,4	3	86	2,7	17	72	468	11		
B	-	-	-	-	-	-	-	100	48	11	41	43	21	1394	243	4,5	0,3	626	1,9	2222	7,4	7,7	5	84	3,1	40	24	3320	9

O único modelo que foi estabelecido para este horizonte, com base nos critérios preconizados anteriormente, é o seguinte: $H = -22,2059 + 0,2373 \arg^{**} + 0,0805 \text{mo}^{**} - 3,6510 \text{P}^{**} + 11,0828 \text{pH}^*$. A adição a este modelo do componente cálcio + magnésio trocáveis ($\text{mE}/100 \text{g}$) aumenta o valor do R^2 de 71,60% para 75,17%, mas o valor de «t» de seu coeficiente não é significativo, ao nível mínimo de 5% de probabilidade.

Analizando o efeito de cada componente no modelo, vê-se que a contribuição positiva da porcentagem de argila na altura é lógica diante das características da área como um todo. O caráter arenoso e a presença de elevada quantidade de fragmentos de rocha (saprolitas) e quartzo fazem com que as variáveis de influência na retenção de umidade alcancem grande significado. Assim, para solos cujas características gerais os levam a uma classificação de pouco desenvolvidos, espera-se sempre que o aumento de argila e de siltite esteja associado a um maior crescimento em altura. Efeitos semelhantes são descritos por ZAHNER (37), para as condições dos Estados de Arkansas e Louisiana, e por HANNAH (20), que relata o efeito favorável, no crescimento de *Quercus spp.*, do aumento do teor de silte no horizonte B, e de argila do B_2 em solos com elevadas quantidades de pedregulhos. A redução no crescimento de *P. echinata*, em razão da grande quantidade de material grosso no perfil do solo, é também descrito por GRANEY e FERGUSON (19), para as montanhas de Arkansas, por causa da sua influência na quantidade d'água que pode ser retida.

A ação da matéria orgânica no crescimento em altura do *E. alba*, neste povoamento, deve ser considerada duplamente importante, seja pela retenção de umidade, seja no fornecimento de nutrientes às plantas. A matéria orgânica apresenta elevada correlação com a disponibilidade d'água, com o equivalente de umidade e com os teores de cálcio + magnésio trocáveis, de fósforo e de potássio (3).

O efeito negativo do fósforo é difícil de se explicar, e somente a existência de interações do elemento com outros componentes do solo pode ser tomada como explicação para tal comportamento, visto que apesar de sua baixa correlação com a altura ela é positiva (3). O efeito do baixo pH, em combinação com os elevados teores de alumínio trocável e ferro livre, sobre os níveis de fósforo à disposição da planta pode ter responsabilidade sobre este comportamento do fósforo no modelo. Resultados semelhantes a estes já têm sido verificados por outros pesquisadores, como é o caso de *Pinus nigra*, na Inglaterra (14).

O aumento da altura com a elevação dos valores de pH é uma relação esperada dentro do conceito geral. Obedecidos determinados limites, quanto mais elevado for o pH, mais favoráveis serão as condições de crescimento.

Para o modelo estabelecido, calculados os coeficientes de correlação parcial, constatou-se que o componente fósforo é responsável pela maior parcela na variação da altura, com 57,99%. Segue-se o teor de matéria orgânica com 55,12%, sendo a menor parte da variação devida ao pH, com 43,17%.

3.2.2. Modelos para o Horizonte B

Neste horizonte, as variáveis declividade, aspecto, espessura do horizonte, equivalente de umidade, pH, teor de cálcio + magnésio trocáveis ($\text{mE}/100 \text{g}$), acidez trocável, saturação de alumínio, teor de fósforo (ppm) e de potássio (ppm) foram as selecionadas para o estabelecimento de modelos.

O melhor modelo estabelecido para este horizonte apresentou valor de F significativo, ao nível de 5% de probabilidade; todavia, nem todos os seus componentes apresentaram coeficientes com valor de «t» significativos. O modelo é o seguinte:

$$H = 22,2870 + 0,0768 \text{e}^{**} + 0,1305 \text{equ}^* + 0,1245 K - 0,1137 sAl + 0,0908 d, \text{ e o valor de } R^2 \text{ é de } 70,7\%.$$

Graças à existência de elevada quantidade de fragmentos de rocha e de espessas camadas de quartzo e xisto que, em algumas partes, dificultavam o normal desenvolvimento redicular, a espessura do horizonte na área da «Alegria» constituiu-se numa característica de grande importância no desenvolvimento do *E. alba*. Desta forma, o aumento da espessura está associado a um aumento significativo na altura. Esta característica representa um conjunto de propriedades do solo e tem influência na retenção de umidade, aeração, temperatura, fertilidade e volume do solo explorável pelas árvores. Ao aumentar o seu valor, pode haver maior armazenamento d'água e de nutrientes.

Diante das características gerais da área, toda a variável que influencia ou expressa o nível de umidade do solo afeta o crescimento em altura. Assim, é lógico o fato do aumento em altura com o aumento do equivalente de umidade.

O efeito da declividade, apesar de não ser significativo, é positivo. Este com-

portamento se deve, possivelmente, às condições geradas em decorrência das peculiaridades climáticas. Resultado semelhante é descrito por BOWERSON e WARD (5), para *Quercus* sp. na Pennsylvania, e por DELLA-BIANCA e OLSON (10), no «Piedmont» dos Estados Unidos.

Os efeitos do potássio e da saturação de alumínio eram esperados, achando-se em coerência com os resultados obtidos por THONSON e McCOMB (18).

No modelo, calculados os r^2 parciais, o componente de maior efeito na variação da altura é o equivalente de umidade, explicando 34,78% do evento. Seguem-se a espessura do horizonte, com 25,94%, e a saturação de alumínio, com 20,40%. A menor soma da variação é explicada pela declividade e pelo teor de potássio, com 8% e 5%, respectivamente.

3.2.3. Área Litólica

Na área litólica foram estabelecidas 8 observações, que no Quadro 6 correspondem às primeiras. Este reduzido número de observações não permitiu o estabelecimento de modelos com mais de 2 componentes, em razão do baixo número de graus de liberdade que restava para a variação independente da regressão (resíduo ou erro). Mesmo assim, como se poderá notar adiante, foi sempre possível a obtenção de modelos com altos valores de R^2 , diante da maior uniformidade dos dados.

Em várias partes da área litólica pôde-se constatar afloramento de rochas e presença de densa camada de fragmentos de rocha a pequenas profundidades, o que não só dificultava, mas também impedia a penetração do trado para a obtenção de amostras do material do solo. De modo geral, o solo é arenoso, e em boa parte da área o horizonte B é pouco profundo. À medida que se aproxima da parte baixa, a camada de saprolitas desaparece ou está mais profunda; não há afloramento de rocha e o horizonte B fica mais espesso. Outro fato interessante, notado no campo, é que nas partes onde a camada de fragmentos de rocha (saprolitas) era mais superficial o número de árvores por unidade de área era bem mais baixo.

3.2.3.1. Modelos para o Horizonte A

Foram selecionadas, para a escolha de modelos neste horizonte, as seguintes variáveis: declividade, aspecto, porcentagem de silte, matéria orgânica, saturação de bases, pH e teor de fósforo (ppm). Três modelos foram estabelecidos para este horizonte (Quadro 7), sendo que o maior poder de predição foi apresentado pelo modelo 3, isto é: $H = 26,8430 - 0,0879d + 0,0428mo$, com R^2 de 84,16%, significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

Todos os modelos estabelecidos mostram o efeito negativo da declividade sobre o crescimento em altura, sendo o único componente com coeficiente significativo. Esta influência deve ocorrer principalmente em razão da elevada porcentagem de areia do solo, o que dificulta a retenção de umidade, favorecendo a ação gravitacional sobre a água. De forma que quanto maior for o declive, maior será este efeito

QUADRO 7 - Modelos selecionados para o horizonte A da Alegria, área litólica e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Nº	Modelo	R^2
1	$H = 28,4915 - 0,1024 d^* + 0,0854 equ$	76,62*
2	$H = 28,2180 - 0,1381 d^* + 1,2421 P$	78,53*
3	$H = 26,8430 - 0,0879 d^{**} + 0,0428 mo$	84,16**

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade

e menor o crescimento em altura. Aliada, a este fato, a forte presença de fragmentos de rocha que ocorrem na parte mais inclinada deve favorecer a infiltração e movimentação d'água no solo, determinando, assim, marcante modificação no seu regime hídrico.

A importância das variáveis que expressam ou influem no regime de umidade do solo deste horizonte é patenteada pela presença do equivalente de umidade e da matéria orgânica em dois dos modelos selecionados, ambos com efeito positivo sobre o crescimento em altura do *E. alba*. A maior influência da matéria orgânica sobre o crescimento, quando comparada com o equivalente de umidade, deve-se, provavelmente, ao seu duplo papel, isto é, retendo umidade e fornecendo nutrientes às plantas.

Calculados os coeficientes de determinação parcial para o modelo 3, a declividade é responsável por 65,92% da variação na altura, ao passo que para a matéria orgânica o r^2 parcial é de 54,09%.

3.2.3.2. Modelos para o Horizonte B

Declividade, aspecto, porcentagem de argila, matéria orgânica, pH, teor de cálcio + magnésio trocáveis (mE/100 g), saturação de bases e fósforo foram as variáveis escolhidas para estabelecimento de modelos.

Como no caso anterior, três modelos foram estabelecidos (Quadro 8), sendo que em dois deles a declividade está incluída, afetando negativamente o crescimento em altura pelos mesmos motivos apresentados para o horizonte A.

No modelo 1, o pH mostra relação inversa com a altura, provocando o seu decréscimo em 4,79 metros, para cada unidade adicional.

O pH pode controlar o modo pelo qual o fósforo é retido e, quando o seu valor cai até determinados valores, o sistema envolvendo alumínio e ferro pode manter adsorvidas grandes proporções do fósforo total presente no solo com baixo nível de atividade. Os solos deste estrato realmente apresentam elevados teores de alumínio trocável, e por certo também altos valores de ferro livre. Uma série de elevadas correlações apresentadas pelo fósforo e pH neste horizonte (3) dificulta a interpretação do efeito do pH no modelo. A idéia do controle do teor de fósforo pelo alumínio e ferro é utilizada por FOURT *et alii* (14), para explicar a ausência de resposta a fósforo pelo *P. nigra* var. *maritima*, em solos com baixo pH, no oeste da Inglaterra.

Dos modelos selecionados, o número 1, isto é, $H = 52,8356 - 0,1424d - 4,7991\text{ pH}$, é o que apresentou maior R^2 , explicando 81,68% das variações na altura. Neste modelo o r^2 parcial para a declividade é de 81,65%, enquanto para o pH este valor é de 46,88%.

3.2.4. Área Latossólica

As 8 amostras restantes da «Alegria» foram instaladas numa área de latossolo, e os dados correspondem às 8 últimas observações do Quadro 6. Como se pode ob-

QUADRO 8 - Modelos selecionados para o horizonte B da Alegria, área litólica e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Nº	Modelo	R^2
1	$H = 52,8356 - 0,1424 d^{**} - 4,7991\text{ pH}$	81,68*
2	$H = 21,7790 - 0,3998 e^* + 0,0853 \text{ arg}$	75,71*
3	$H = 28,3377 - 0,1105 d^* + 5,1394 \text{ Ca}$	73,64*

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

servar neste quadro, as diferenças dos dados analíticos entre este estrato e o litólico são marcantes em quase todas as características pedológicas.

Este estrato é também montanhoso, com o horizonte A pouco espesso, com B muito desenvolvido, havendo freqüentemente, nas partes mais inclinadas, presença de camada de quartzo e xisto, com espessura e profundidade variáveis (3).

3.2.4.1. Modelos para o Horizonte A

As seguintes variáveis foram selecionadas para estudo: declividade, aspecto, espessura do horizonte, porcentagem de areia, pH, teor de cálcio + magnésio trocáveis (mE/100 g), alumínio trocável (mE/100 g), fósforo (ppm), potássio (ppm) e o teor de argila obtido por 2,5 x umidade a 15 atm (bar).

Nos modelos estabelecidos para este horizonte (Quadro 9), a variável teor de argila (bar) aparece em todos eles, mostrando significância para o valor de «t» dos coeficientes.

QUADRO 9 - Modelos selecionados para o horizonte A da Alegria, área de latossolo e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Nº	Modelo	R^2
1	$H = 22,3970 - 3,4536 P^{**} + 0,2782 \text{ bar}^{**}$	98,78 **
2	$H = 13,8416 + 0,0630 d + 0,2353 \text{ bar}^*$	75,12 *
3	$H = 30,2225 - 4,2414 Al + 0,2691 \text{ bar}^*$	72,91 *

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade

A ausência de aparelhagem necessária para a determinação desta variável na maioria dos laboratórios de solos restringe, em parte, o uso destas equações na prática. Embora tenha sido tentada, não foi possível sua substituição por outra variável, nem mesmo pela porcentagem de argila obtida pelo método da pipeta.

Como se pode observar no Quadro 6, os teores de argila, obtidos por 2,5 x umidade a 15 atm, são consistentemente mais elevados do que os determinados pelo processo da pipeta, o que indica possível deficiência no processo de dispersão no laboratório.

O efeito positivo do teor de argila (bar) no crescimento em altura se deve, provavelmente, ao maior poder de retenção de umidade e nutrientes desta fração. Como o horizonte é geralmente pouco espesso e a área declivosa, a maior capacidade de retenção de umidade representa maior quantidade d'água à disposição da planta. Este fato deve ter sido de particular importância no estabelecimento da plantação, o que pode ter reflexos até a presente idade, favorecendo maior crescimento do eucalipto. A importância da retenção de umidade em áreas de forte declive é também relatada por DOOLITTLE (9), para as condições dos «Appalachians». Além disto, o teor de argila (bar) apresenta elevada correlação positiva com o teor de potássio, cálcio + magnésio trocáveis e fósforo (3).

O modelo $H = 22,3970 - 3,4536 P + 0,2782 \text{ bar}$ foi o que apresentou mais elevado poder de predição da altura, explicando 98,78% das variações verificadas. Ambas as variáveis incluídas mostram importante participação para explicar o evento, fornecendo valores de r^2 parcial de 97,15% e 98,60%, respectivamente.

As elevadas correlações do fósforo com acidez trocável, saturação de alumínio e teor de alumínio trocável (3) devem ser as responsáveis pelo comportamento negativo do elemento no modelo.

3.2.4.2. Modelos para o Horizonte B

As variáveis selecionadas para este horizonte foram: aspecto, porcentagem de silte, pH, teor de alumínio trocável (mE/100 g), saturação de bases, teor de fósforo (ppm), teor de potássio (ppm), teor de argila (bar) e disponibilidade d'água em m³/ha (ma).

Dos modelos escolhidos para este horizonte (Quadro 10), apenas o primeiro, $H = 35,6131 - 0,3435 \text{ ar} + 2,2614 \text{ P}$, possui componentes facilmente determináveis na maioria dos laboratórios de solos. Os outros três envolvem a disponibilidade d'água ou o teor de argila (bar), o que pode limitar a sua utilização.

Apesar de todos os 4 modelos apresentarem altos valores de R^2 , somente o 2 e o 3 são significativos, ao nível de 1% de probabilidade. Contudo, pelas razões já expostas, o primeiro é o que fornece maior facilidade de aplicação prática.

A diminuição da altura com o aumento da porcentagem de areia se deve, provavelmente, ao fato de ser menor a capacidade de retenção de umidade desta fração. A ação positiva do teor de argila (bar) sobre a altura reforça esta possibilidade.

A disponibilidade d'água (ma) e o teor de argila (bar) exercem importante papel dentro dos modelos dos quais são componentes, ambos com valores de r^2 parciais superiores a 80%. Também a porcentagem de areia mostra grande efeito, sendo responsável por mais de 78% nos 2 modelos em que se acha incluída.

QUADRO 10 - Modelos selecionados para o horizonte B da Alegria, área de latossolo e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Nº	Modelo	R^2
1	$H = 35,6131 - 0,3435 \text{ ar}^* + 2,2614 \text{ P}^*$	81,93*
2	$H = 57,3538 - 0,4809 \text{ ar}^{**} - 0,0127 \text{ ma}^{**}$	94,14**
3	$H = 21,9229 - 3,3602 \text{ Al}^* + 0,2448 \text{ bar}^{**}$	84,27**
4	$H = -8,5967 + 3,2441 \text{ sba}^* + 0,4016 \text{ bar}^{**}$	81,50*

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

3.3. Região de Santa Bárbara

Neste item pretendeu-se estabelecer um modelo geral, envolvendo os dados dos povoamentos do Dacó e de «Alegria», ao qual se denominou Santa Bárbara, de modo que possa ser aplicado para a região como um todo. Assim, aquele que pretender uma avaliação mais ampla terá condições para efetuá-la.

Como os povoamentos de Dacó e de «Alegria» têm idades diferentes, utilizou-se como variável dependente o incremento médio anual em altura.

Em razão da grande diversidade entre os dois povoamentos em questão, os modelos estabelecidos são constituídos por muitas variáveis, e o poder de predição do crescimento em altura é bastante reduzido, quando comparados com os já estabelecidos. Dificuldade deste tipo é relatada por HANNAH (21), em trabalhos feitos em Vermont, em plantações de *Pinus* spp.

Com os modelos mais generalizados, pretende-se, também, identificar variáveis em potencial a serem estudadas em trabalhos deste tipo, noutras áreas.

Os dados foram ainda separados em termos de horizonte A e B, e, logicamente, o número de observações é igual a 32.

3.3.1. Modelo para o Horizonte A

As seguintes variáveis foram incluídas para o estabelecimento de modelos: declividade, aspecto, porcentagem de argila, equivalente de umidade, matéria orgânica, pH, teor de cálcio + magnésio trocáveis (mE/100 g), teor de alumínio trocável (mE/100 g), teor de fósforo (ppm), teor de potássio (ppm) disponibilidade d'água (ma), teor de potássio (kg/ha) e teor de alumínio trocável (kg/ha).

Várias seleções foram executadas para este horizonte, sem que se conseguisse um modelo com elevado poder de predição do incremento médio em altura. O único modelo cujos componentes apresentaram coeficientes com valores de «t» significativos incluía teor de fósforo (ppm), disponibilidade d'água (ma), teor de alumínio trocável (mE/100 g) e teor de potássio, sendo o seu coeficiente de determinação de 61,38%, e significativo, ao nível de 1% de probabilidade. A adição de outras variáveis ao modelo eleva o seu poder de predição do incremento médio em altura, embora, para a maioria delas não seja significativo o valor de «t» dos coeficientes.

O modelo seguinte possui R^2 de 70,88%, sendo significativo, ao nível de 1%:
 $IM = -0,4504 + 0,6729 Al^{**} + 0,0004 kK - 0,0035 ma - 0,4362 P^* - 0,0009 asp + 0,8362 pH - 0,0061 d - 0,0104 arg + 0,1418 Ca + 0,0025 mo.$

A interpretação dos efeitos de cada componente do modelo sobre o incremento médio anual é bastante difícil, diante do grande número de variáveis e suas prováveis inter-relações.

3.3.2. Modelo para o Horizonte B

Foram estudadas as seguintes variáveis: declividade, aspecto, espessura do horizonte, porcentagem de areia, porcentagem de silte, disponibilidade d'água (da), teor de matéria orgânica, pH, teor de cálcio + magnésio trocáveis (mE/100 g), teor de fósforo (ppm) e teor de potássio (ppm).

A inclusão de todas estas variáveis num só modelo forneceu um R^2 de 65,88%, com F significativo, ao nível de 5% de probabilidade. A substituição de algumas variáveis por outras que mostraram alta correlação também não forneceu satisfatória elevação do R^2 . Assim, foram testadas, uma de cada vez, algumas interações das variáveis selecionadas, e o efeito quadrático da matéria orgânica, do fósforo e do potássio. O melhor resultado foi conseguido pela inclusão, no modelo, do efeito quadrático do potássio, resultando um $R^2 = 70,00$, com F significativo, ao nível de 5%. O modelo é o seguinte:

$$IM = 4,008 + 0,0164 e^{**} + 0,6271 Al^* + 0,0306 K^* - 0,0072 mo^* - 0,0007 K^2 - 0,0524 da + 0,1334 P - 0,6172 pH + 0,0085 d + 0,4591 Ca - 0,0001 asp + 0,0004 ar + 0,5835 si.$$

Conforme se pode constatar para o povoamento da «Alegria» e para a região de Santa Bárbara como um todo, a elevação do poder de predição de crescimento é obtida pela inclusão de muitas variáveis no modelo, sendo que, para a maioria delas, o valor de «t» dos coeficientes não é significativo.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Este estudo foi realizado em povoamentos de *Eucalyptus alba* (híbrido do Rio Claro), situados na Zona Metalúrgica de Minas Gerais, pertencentes à Cia Siderúrgica Belgo Mineira.

Os principais objetivos foram: testar a metodologia, determinar a influência de algumas propriedades pedológicas e características topográficas no crescimento em altura de *E. alba*; estabelecer equações preliminares a partir destas características e propriedades, que permitam prever o crescimento em altura da espécie, na região de Santa Bárbara, e fornecer indicações qualitativas aplicáveis ao estudo da qualidade do local para espécies de eucaliptos.

Foram estabelecidas 32 parcelas de amostras em 2 povoamentos, um denominado Dacó, com 6 anos de idade e situado sobre Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico orto, textura argilosa, e outro denominado «Alegria», com 7 anos de idade, com solos mapeados como Associações de solos Litólicos distrôficos indiscriminados e afloramento de rocha, e Latossolo Vermelho-Escuro distrófico orto, textura argilosa, e, presumidamente, Cambissol distrófico. Em sua maioria, as parcelas foram de 504 a 600 m², havendo 5 de 400 m². Em cada parcela mediu-se a altura total

de 10-15 árvores dominantes, o DAP de todas as árvores, recolheu-se amostra de solo do horizonte A e à profundidade de 50 cm do B, bem como determinou-se a declividade, a exposição da parcela, a forma do terreno e a profundidade dos horizontes.

Foram efetuadas as seguintes análises de laboratório: análise granulométrica, equivalente de umidade, teor de umidade a 1/3 de atmosfera e a 15 atmosferas, matéria orgânica, pH em água, fósforo, potássio, cálcio + magnésio trocáveis, acidez trocável, alumínio trocável, capacidade de troca catiônica, saturação de bases e saturação de alumínio.

As relações dos parâmetros da produtividade com os fatores do solo e da topografia estudadas foram determinadas por análise de regressão múltipla linear. Inicialmente, foram estabelecidas equações por povoamento e, posteriormente, tornando-se os dois em conjunto, tendo-se informações para a região como um todo. As médias das alturas dominantes foi usada como variável dependente no primeiro caso, e o incremento médio anual em altura, no segundo, em razão da diferença de idade dos povoamentos. Em qualquer deles as equações foram separadas por horizonte.

Os resultados deste estudo levam às conclusões seguintes:

a) A metodologia empregada mostrou-se eficiente quando aplicada a unidades de solos homogêneos.

b) No povoamento de Dacó, a declividade, a disponibilidade d'água e o teor de alumínio trocável foram importantes em ambos os horizontes para a predição da altura. Além destas variáveis, para o horizonte A, os teores de fósforo, de potássio e de cálcio + magnésio trocáveis, e, para o horizonte B, o teor de matéria orgânica e a saturação de alumínio foram as características que mais afetaram o crescimento em altura.

c) A heterogeneidade dos solos do povoamento da «Alegria» não permitiu o estabelecimento de equações com elevado poder de predição da altura.

A elevação deste foi conseguida pela melhor uniformização dos dados, separando-os por unidades de solo.

Em qualquer dos casos, as características pedológicas e topográficas que expressam ou afetam o regime hídrico do solo, se revestirem de grande importância no crescimento em altura. Ademais, para o horizonte A o pH e os teores de fósforo e de cálcio + magnésio trocáveis afetaram de maneira significativa o crescimento em altura.

d) Em razão da elevada desuniformidade dos dados, quando se consideraram os povoamentos de Dacó e «Alegria» em conjunto, os modelos obtidos apresentaram reduzida capacidade de predição do incremento médio em altura, sendo as características mais importantes o teor de alumínio e de fósforo para o horizonte A, e para o horizonte B, além do teor de alumínio, a espessura do horizonte, o teor de potássio e de matéria orgânica.

5. SUMMARY

This study was carried out in Minas Gerais, Brazil, to determine the effects of topographic and edaphic variables on growth parameters of *Eucalyptus alba* (Rio Claro hybrid). Thirty-two plots averaging approximately 550 m² were used to compare six-year-old trees on red-yellow latosol with seven-year-old trees on a red-yellow latosol and lithosol association mixed with a dark red latosol. The heights of the 10 to 15 dominant trees, and the DBH of all trees in each plot measured. Soil samples at 0 and 50 cm and topographic data were also collected for each plot. Results indicated that any variable affecting soil water retention capacity, and specifically slope, water availability, and the proportion of exchangeable aluminum influenced growth in height on both soils. Variables affecting height increases identified from surface soil samples were pH; phosphorus, calcium and potassium levels; and exchangeable calcium and magnesium. Levels of organic material and aluminum saturation at 50 cm were also correlated with height.

The proposed models for predicting height proved to be applicable in areas of homogeneous soil types, but were of limited use in heterogeneous soils.

6. LITERATURA CITADA

1. ALBAN, L. N., VACHAROTAYAN, S. & JACKSON, M. L. Phosphorus availa-

- bility in reddish brown lateritic soils. I. Laboratory studies. *Agronomy Journal*, Madison, 56: 555-558, 1964.
2. ALVARENGA, R. M. Potencial econômico de eucalipto segundo as regiões. IN: *Conferência Mundial de Eucalipto*, 2.^a, São Paulo, Irmãos di Giorgio, 1961. p. 161-164.
3. BARROS, N. F. *Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de Eucalyptus alba, na Região de Santa Bárbara, MG*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1974. 89 p. (tese).
4. BONILLA, J. A. La influencia del suelo y el clima en el crecimiento de los arboles en los regiones templadas. *IPERF*, Piracicaba, 2/3: 79-92, 1971.
5. BOWERSOX, T. W. & WARD, W. W. Prediction of oak site index in the ridge and valley region of Pennsylvania. *Forest Science*, Washington, 18 (3): 193-195, Sept. 1972.
6. BRASIL, Ministério da Agricultura. Equipe de pedologia e fertilidade do solo. *Levantamento exploratório dos solos da região sob influência da Cia. Vale do Rio Doce*. Rio de Janeiro, 1970. 254 p. (Bol. Tec., 13).
7. CASTAÑOS, L. J. M. *Evaluación de la calidad de estacion de pino patula en el Norte de Oaxaca*. Mexico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1962. 32 p. (Bol. Tec., 2).
8. COILE, T. S. Soil and the growth of forests. IN: NORMAN, A. G. ed. *Advances in Agronomy*. New York, Academic, v. 4, 1952 p. 329-398.
9. DOOLITTLE, W. D. Site index of scarlet and black oak in relation to Southern Appalachian soil and topography. *Forest Science*, Washington, 3 (2): 114-124. June, 1957.
10. DELLA-BIANCA, L. & OLSON Jr., D. F. Soil-site studies in Piedmont hardwood and pine-hardwood upland forests. *Forest Science*, Washington, 7 (4): 320-329, Dec. 1961.
11. DEMENT, J. A. & STONE, E. L. *Influence of soil and site on red pine plantations in New York*, 2. *Soil type and physical properties*. Ithaca, Cornell University, Agriculture Experiment Station, 1968. 25 p. (Bulletin, 1020).
12. FASSBENDER, H. W., MÜLLER, L. & BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de America Central. II. Formas y su relación con las plantas. *Turrialba*, 18 (4): 333-347, 1968.
13. FORRISTALL, F. F. & GESSEL, S. P. Soil properties related to forest cover type and productivity on the Lee Forest, Snohomish Country, Washington. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 19 (3): 384-389. 1955.
14. FOURT, D. F., DONALD, D. G. M., JEFFERS, J. N. R. & BINNS, W. O. Corsican Pine (*Pinus nigra* var. *maritima* Ait Mesville) in Southern Britain: a study of growth and site factors. *Forestry*, Oxford, 44 (2): 189-207, 1971.
15. GOLFARI, L. & PINHEIRO NETO, F. A. Escolha de espécies de eucalipto potencialmente aptas para diferentes regiões do Brasil. *Brasil Florestal*, Rio de Janeiro, 1 (3): 3-23. 1970.
16. GOOR, C. P. van. Classificação da capacidade da terra em relação ao reflorestamento com *Pinus elliottii* Eng. var. *elliottii* e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, 4/5 (4): 349-366. 1965/66.
17. GOOR, C. P. van. A nutrição de alguns pinheiros tropicais. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, 4/5 (4): 313-340, 1965/66.

18. GOOR C. P. van & NASCIMENTO, R. Relatório sobre pesquisa adicional em *Araucaria angustifolia* e em *Pinus spp.* Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1969. 13 p.
19. GRANEY, D. L. & FERGUSSON, E. R. Site-quality relationships for shortleaf pine in the Boston Mountains of Arkansas. *Forest Science*, Washington, 17 (1): 16-22, Mar., 1971.
20. HANNAH, P. R. Estimating site index for white and black oaks in Indiana from soil and topographical factors. *Journal of Forestry*, Washington, 66 (5): 412-417, 1968.
21. HANNAH, P. L. *Soil-site relationships for white, scotch and red pine plantations in Vermont*. Burlington, University of Vermont, Agriculture Experiment Station, 1971. 27 p. (Bulletin, 667).
22. JACOBS, M. R. *Growth habits of the Eucalyptus*. Canberra, Commonwealth of Australia, Forest and Timber Bureau, 1955. 262 p.
23. LA BASTIDE, J. G. A. & GOOR, C. P. van. Growth-site relationships in plantations of *Pinus elliottii* and *Araucaria angustifolia* in Brasil. *Plant and Soil*, Wageningen, 32: 349-366, 1970.
24. MELLO, H. A. *Aspectos do emprego de fertilizantes minerais no reflorestamento de solos de Cerrado do Estado de São Paulo com Eucalyptus saligna Sm.* Piracicaba, ESALQ, 1968. 176 p.
25. MÉTRO, A. *El eucalipto en la repoblación forestal*. 2.ª ed., Roma, FAO, 1966. 431 p.
26. OSSE, L. As culturas de eucaliptos da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, Rio de Janeiro, 13 (13): 102-112, 1961.
27. OSSE, L. Eucalipto e siderurgia. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, Rio de Janeiro, 9 (9): 193-206. 1957.
28. OSSE, L. & CONTI, A. De. *Comportamento de Eucalyptus spp. na Zona Metálica de Minas Gerais*. Belo Horizonte, Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara, 1973. 7 p.
29. PAYNE, H. & HANNA, W. J. Correlations among soil phosphorus fractions, extractable phosphorus and plant content of phosphorus. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 13 (4): 322-326, July/Aug., 1965.
30. REZENDE, S. B. *Estudo de crono-toposequência em Viçosa, Minas Gerais*. Viçosa, Imprensa Universitária, 1971. 71 p. (tese).
31. SEREBRENNICK, S. O clima do Vale do Rio Doce. Separata da *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, 24 (2): 257-267, Abril/Jun., 1962.
32. SUSUKI, A., LAWTON, K. & DOLL, E. C. Phosphorus uptake and soil tests as related to forms of phosphorus in some Michigan Soils. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 27: 401-403, 1963.
33. THIBAU, C. E. O consumo de carvão vegetal em MG relacionado com a produção de gusa. *Brasil Florestal*, Rio de Janeiro, 3 (10): 6-24. 1972.
34. THONSON, G. W. & McCOMB, A. L. Growth of plantation black walnut in relation to pH and certain chemical factors of the soil. *Forest Science*, Washington, 8 (4): 322-333, Dec., 1962.
35. VELOSO, H. P. *Atlas Florestal do Brasil*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, 1966. 82 p.
36. VOIGT, G. K., HEINSELMAN, M. L. & ZASADA, Z. A. The effect of soil charac-

- teristics on the growth of quaking aspen in Northern Minnesota. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 21 (6): 649-652, 1957.
37. ZAHNER, R. Site-quality relationships of pine forest in Southern Arkansas and Northern Louisiana. *Forest Science*, Washington, 4 (2): 162-176, June, 1958.