

**RELAÇÕES ENTRE A PRODUTIVIDADE DE SÍTIOS FLORESTAIS  
DE *Eucalyptus grandis* E *Eucalyptus saligna* COM AS PROPRIEDADES  
DE ALGUNS SOLOS DE TEXTURA ARENOSA E MEDIA NO  
ESTADO DE SAO PAULO**

JOSÉ LEONARDO DE MORAES GONÇALVES  
ESALQ/USP - Depto de Ciências Florestais  
13.400 - Piracicaba - SP – Brasil

JOSÉ LUIS IORIATTI DEMATTÊ  
ESALQ/USP - Depto de Solos, Geologia e Fertilizantes  
13.400 - Piracicaba - SP – Brasil

HILTON THADEU ZARATE DO COUTO  
ESALQ/USP - Depto de Ciências Florestais  
13.400 - Piracicaba - SP – Brasil

**ABSTRACT** - The objective of this work was to determine the relationships between site productivity and some physical and chemical characteristics of soils of low productivity potential of ***Eucalyptus grandis*** Hill ex Maiden and ***E. saligna*** Smith in the State of São Paulo. For this study, 18 sites of *E. grandis* and 8 sites of ***E. saligna***, located in commercial forest stands in the State of São Paulo, were selected. These sites showed high homogeneity in terms of forest stand, climate and topography. On the other hand, these sites showed variability both in terms of their forest productivity and of soil characteristics. In each site, one rectangular plot was located, so as to include 10 lines of trees, each line with 10 trees, with a total of approximately 100 trees per plot. The following dendrometric parameters were recorded: mean height of all trees, mean height to the dominant trees, site index, mean dbh, solid volume with bark and basal area. The soils on all sites were characterized in terms of their physical, chemical and morphological features. The relationships between site productivity and soil physical and chemical characteristics were determined by multiple regression analyses. The volume of solid wood with bark was more related to soil physical and chemical characteristics than the site index, when the coefficients of determination and the number of independent variables in the adjusted multiple regression equations were considered. However, the values predicted by the equations, which had as dependent variables the site index, were more similar to the real ones, if compared with those obtained by equations which had as dependent variables the solid wood volume with bark. The equations relating solid wood volume with bark with soil characteristics were found to be more precise when the superficial soil layers (up to 20 cm depth) were considered. This indicates that these top soil layers were more appropriate for sampling purposes to evaluate soil fertility in ***E. grandis*** and ***E. saligna*** plantations. The soil characteristics pH in CaCl<sub>2</sub>, silt content, available phosphorus, total clay SiO<sub>2</sub> content and organic matter content showed the best relationships with site productivity. ***E. grandis*** and ***E. saligna*** showed similar relationships for dependent and independent variables in the adjusted equations.

**RESUMO** - Constituiu-se em objetivo da presente pesquisa determinar as relações existentes entre a produtividade de sítios de **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden e **E. saligna** Smith com algumas propriedades físicas e químicas de solos de baixo potencial produtivo do Estado de São Paulo. Para isto foram selecionados 18 sítios de **E. grandis** e 8 sítios de **E. saligna**, localizados em diversos povoamentos comerciais do Estado de São Paulo. Os sítios apresentaram homogeneidade de "stand", características climáticas e topográficas semelhantes, por outro lado, foram bastante diversos quanto às suas produtividades e propriedades edáficas. Em cada sítio foi demarcada uma parcela, constituída de forma retangular, englobando os limites correspondentes a 10 linhas de plantio, com 10 árvores em cada linha, somando, aproximadamente, 100 árvores. Foram realizadas as seguintes avaliações dendrométricas: altura média de todas árvores dominantes, índice de sítio, diâmetro médio à altura do peito (DAP), volume sólido de madeira com casca e área basal. Os solos de todos os sítios foram caracterizados física, química e morfologicamente. As relações existentes entre as produtividades dos sítios de **E. grandis** e **E. saligna** e as características físicas e químicas dos solos foram determinadas através de análises de regressão múltipla. O volume sólido de madeira com casca relacionou-se melhor do que o índice de sítio com as características físicas e químicas dos solos, quando se consideraram os coeficientes de determinação e o número de variáveis independentes presentes nas equações de regressão múltipla ajustadas. Entretanto, os valores preditos pelas equações, que tiveram como variável dependente o índice sítio, foram mais próximos dos reais, relativamente aos obtidos pelas equações cuja variável dependente foi o volume sólido de madeira com casca. As equações que relacionaram o volume sólido de madeira com casca com as propriedades dos solos foram mais precisas, quando se consideraram as camadas superficiais de solo, até 20 cm de profundidade. Isso é uma evidência de que essa camada de solo é a mais indicada para amostragens destinadas à avaliação da fertilidade de solo com fins de implantação de povoamentos de **E. grandis** e **E. saligna**. As propriedades pH em CaCl<sub>2</sub>, teor de silte, teor de fósforo assimilável, teor de SiO<sub>2</sub> da argila e teor de matéria orgânica foram as que apresentaram melhores relações com a produtividade do sítio. As espécies **E. grandis** e **E. saligna** apresentaram relações semelhantes entre as variáveis dependentes com as variáveis independentes nas equações ajustadas.

## INTRODUÇÃO

O objetivo desse trabalho pode ser apresentado na forma da seguinte questão:

- Como o crescimento das árvores, em sítios florestais de **E. grandis** e **E. saligna**, se relaciona com as propriedades físicas e químicas de solos, na sua maioria, de textura arenosa?

O fundamento desta questão está no fato de que, genericamente, a viabilidade de aproveitamento dos recursos naturais, tendo em vista a exploração econômica de seu potencial, é avaliada através das propriedades edáficas de uma determinada área, dentre outras. Estas propriedades podem atuar isoladas ou conjuntamente. Em função de um prévio conhecimento das relações existentes entre o crescimento das essências florestais com as propriedades edáficas de uma determinada área, é possível avaliar a maior ou menor adequabilidade da terra para cada atividade, dentro de um plano anteriormente sugerido para a área. Com isso podem-se determinar as alternativas econômicas para aquisição de

terras, a recomendação da intensidade de práticas silviculturais e a previsão da produção por ocasião da exploração florestal.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O crescimento observado de uma árvore ou povoamento florestal é resultante de processos fisiológicos, que são condicionados por um complexo de fatores biológicos e ambientais. Os principais determinantes biológicos da produtividade florestal são: a variabilidade genética, a densidade do povoamento, a competição entre plantas e a intensidade de doenças e pragas. E os principais determinantes ambientais da produtividade florestal são: o clima, a fisiografia e o solo. Quando os fatores climáticos e fisiográficos se mantêm constantes, mediante procedimento adequado de estratificação, as propriedades do solo se convertem no fator principal do ambiente físico, que tem uma relação apreciável com o crescimento da árvore. Os fatores climáticos e fisiográficos normalmente não são alterados pela atividade florestal, apenas os fatores edáficos (RALSTON, 1967).

Numerosos estudos têm sido conduzidos para verificar as relações existentes entre as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos com o crescimento das florestas. “A produtividade do sítio é amplamente determinada pelas propriedades do solo ou outras características do sítio que influenciam na qualidade e quantidade de espaço para o crescimento das raízes” (COILE, 1952). Dentre as propriedades do solo que influenciam na estrutura, distribuição e comportamento fisiológico das raízes destacam-se aquelas relativas à capacidade de suprimento de água e nutrientes para as árvores.

Freqüentemente, a disponibilidade de água de um solo é o fator que mais determina o crescimento das árvores. HAIG (1929) estudou as relações existentes entre o índice de sítio encontrado em plantações de **Pinus resinosa** com as características texturais de vários horizontes do solo. Os povoamentos sobre solos de textura franca arenosa e franca apresentaram índices de sítio consideravelmente superiores àqueles obtidos em solos de textura arenosa e areia franca. Num outro estudo, Stoecheler (1948) citado por HAIG (1929) verificou que, em povoamentos de **Populus tremuloides** com idades que variavam de 20 a 60 anos, a produtividade dessa espécie aumentava proporcionalmente com o aumento do conteúdo de argila e silte, até um nível ótimo de 50 a 55% dessas frações texturais, daí por diante interferindo negativamente na produtividade. Para RALSTON (1964 e 1967) o crescimento das árvores se eleva com o aumento do teor de silte e argila, devido a um suprimento mais favoráveis de água e nutrientes, até um ponto em que o acréscimo de partículas finas compromete a aeração do solo. Conseqüentemente, admite-se que o potencial de crescimento das florestas apresenta uma resposta curvilínea relativamente ao acréscimo dos teores de silte e argila em áreas com solos bem drenados, mas com amplas variações texturais. Segundo STROTHMANN (1960) moderadas quantidades de fragmentos grosseiros podem favorecer a penetração profunda de chuvas brandas, reduzindo as perdas por evaporação. Todavia, grandes reduções no volume efetivo do solo, devidas ao aumento das quantidades de cascalho e pedregulho, decrescem a capacidade de retenção e armazenamento de umidade do solo.

Uma outra característica do perfil do solo de grande influência no suprimento de água e no livre crescimento do sistema radicular é a profundidade efetiva do solo. Quando essa característica varia, devido à presença de camadas de impedimento físico, como por exemplo o horizonte plíntico, fragipan e duripan, ou outros horizontes de baixa permeabilidade para as raízes, o padrão de crescimento das árvores pode ser razoavelmente predito (KARSCHON & PRAAG, 1954; COPELAND, 1958; ZAHNER, 1958).

Geralmente, o potencial de crescimento da floresta apresenta uma relação direta com a profundidade efetiva do solo, notoriamente nas áreas em que os solos apresentam balanços hídricos com elevadas deficiências hídricas.

A grande maioria dos estudos de relação solo-sítio evidencia que as propriedades físicas dos solos se relacionam, com mais frequência, com a produtividade do sítio do que as propriedades químicas, principalmente aquelas relacionadas com a capacidade de retenção e armazenamento de umidade do solo. COILE (1952) atribui estas constatações ao grande efeito da propriedade física do solo no estabelecimento do sistema radicular das árvores. Para PRITCHETT (1986), dada a natureza conservativa da ciclagem de nutrientes, o hábito de enraizamento das árvores e a grande capacidade de associações micorrízicas, os povoamentos florestais naturais não apresentam deficiências nutricionais frequentes. De certa forma, estas justificativas também explicam as maiores influências das propriedades físicas sobre o crescimento das árvores. Por outro lado, RALSTON (1964) menciona que as dificuldades existentes para o diagnóstico do nível de fertilidade dos solos sob florestas, e as boas correlações existentes entre as propriedades que determinam a disponibilidade de nutrientes com outras propriedades do solo, entre elas as físicas, fazem com que o efeito da fertilidade dos solos sobre o crescimento das árvores seja pouco pesquisado, portanto menos frequente.

Dentre os estudos que relacionam as propriedades químicas dos solos com a produtividade do sítio, AUTEN (1945), TARRANT (1949), CARMEAN (1970), MADER (1976) e BROWN & LOEWENSTEIN (1978), não obtiveram sucesso, ao contrário de HICOCK et alii (1931), LEAF (1956), VOIGT et alii (1957), MADER & OWEN (1961), THONSON & McCOMB (1962), BOWERSOX & WARD (1972), BARROS (1974 e 1979), MÖLLER (1974), PRITCHETT & GOODING (1975) e CÁRDENAS (1987), dentre outros.

Segundo uma avaliação global da literatura consultada pH, teor de matéria orgânica, teor de fósforo disponível, nitrogênio total, teor de potássio, cálcio e magnésio trocável, em ordem decrescente de frequência, são as propriedades químicas do solo que mostram as melhores correlações com o crescimento da maioria das espécies.

Diversos resultados experimentais com fertilizantes têm mostrado elevações da produtividade florestal, em virtude de alterações dos níveis dos nutrientes no solo (HEIBERG & WHITE, 1951; GYSEL & AREND, 1953; STONE, 1953; REZENDE et alii, 1982; BARROS et alii, 1985 a e b) o que sugere que as propriedades químicas devem ser úteis em estudos de relação solo-sítio, desde que elas possam ser apropriadamente avaliadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo foram selecionados sítios de diferentes produtividades de **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden e **Eucalyptus saligna** Smith, localizados em povoamentos comerciais do Estado de São Paulo (Tabela 1). Tendo em vista o grande número de fatores que podem influenciar no crescimento das árvores e visando delimitar alguns fatores prioritários, foram adotados os seguintes critérios para a seleção dos sítios:

- Os sítios apresentam homogeneidade de "stand", características climáticas e topográficas semelhantes. Por outro lado, são bastante diversos quanto as suas produtividades e propriedades edáficas;

- Os solos dos sítios selecionados apresentam boas condições de drenagem e não mostram evidências, nos últimos 10 anos, de grandes distúrbios em suas características, como por exemplo, sinais acentuados de erosão;

- As árvores não apresentam sinais severos de ataque de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos;

- As práticas silviculturais adotadas foram semelhantes entre os sítios, no sentido de que estas não foram as principais determinantes de grandes variações de produtividade entre eles, mas sim propriedades edáficas, alvo do presente trabalho. Todos os povoamentos foram implantados e conduzidos com bom padrão tecnológico. Os métodos de preparo de solo mais usados foram os que utilizam a Grade "Bedding" e o Arado Terraceador. A adubação realizada foi unicamente para o arranque inicial de mudas, consistindo-se, em média, de dosagens da ordem de 25 Kg/ha de N, 72 Kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 25 Kg/ha de K<sub>2</sub>O.

**Tabela 1 – Espécie, procedência, altitude, características geográficas e idade dos povoamentos onde foram selecionados os sítios florestais.**

Denominação dada ao sítio florestal	Espécie / Procedência	Município	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Idade (anos)	Tipo de solo
R1	<b>E. grandis</b> /Mogi Guaçu-SP	Itirapina	760	22°15'S	47°49'W	5.0	AQ
R2	<b>E. grandis</b> /Mogi Guaçu-SP	Itirapina	760	22°15'S	47°49'W	4.0	AQ
R3	<b>E. grandis</b> /Mogi Guaçu-SP	Ibaté	847	21°57'S	48°02'W	5.8	AQ
R4	<b>E. grandis</b> /Mogi Guaçu-SP	Ibaté	847	21°57'S	48°02'W	5.9	AQ
R5	<b>E. grandis</b> /Mogi Guaçu-SP	Avaré	760	23°06'S	48°55'W	6.1	AQ
R6	<b>E. grandis</b> /Mogi Guaçu-SP	Avaré	760	23°00'S	48°55'W	7.3	AQ
D7	<b>E. grandis</b> /Lençóis Pta-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	5.5	AQ
D8	<b>E. saligna</b> /Salto-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	5.5	AQ
D9	<b>E. saligna</b> /Lençóis Pta-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	5.3	AQ
D10	<b>E. saligna</b> /Lençóis Pta-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	5.3	AQ
D11	<b>E. saligna</b> /Lençóis Pta-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	5.3	AQ
D12	<b>E. saligna</b> /Botucatu-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	5.8	AQ
D13	<b>E. saligna</b> /Lençóis Pta-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	5.4	AQ
D14	<b>E. saligna</b> /Lençóis Pta-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	5.7	AQ
D15	<b>E. saligna</b> /Botucatu-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	5.5	LV
D16	<b>E. saligna</b> /Lençóis Pta-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	5.4	AQ
D17	<b>E. saligna</b> /Lençóis Pta-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	6.5	AQ
D18	<b>E. saligna</b> /Botucatu-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	6.0	AQ
D19	<b>E. saligna</b> /Botucatu-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	6.0	AQ
D20	<b>E. saligna</b> /Salto-SP	Botucatu	873	22°56'S	48°27'W	6.2	AQ
E21	<b>E. saligna</b> /Mogi Guaçu-SP	Bofete	570	23°00'S	48°15'W	5.3	AQ
E22	<b>E. saligna</b> /Mogi Guaçu-SP	Bofete	570	23°00'S	48°15'W	5.3	AQ
S23	<b>E. saligna</b> /Botucatu-SP	São M. Arcanjo	650	23°53'S	48°00'W	6.4	LE
S24	<b>E. saligna</b> /Salesópolis-SP	São M. Arcanjo	650	23°53'S	48°00'W	5.1	LE
F25	<b>E. saligna</b> /Mogi Guaçu-SP	Caçapava	557	23°07'S	45°43'W	4.2	LV
F26	<b>E. saligna</b> /Mogi Guaçu-SP	Caçapava	557	23°07'S	45°43'W	3.9	LV

As sementes que deram origem aos povoamentos florestais de *E. grandis* e *E. saligna*, em questão, foram obtidas de árvores de polinização livre, estabelecidas em diversos locais do Estado de São Paulo (Tabela 2).

**Tabela 2 – Localização, altitude, posições geográficas e nível de melhoramento dos materiais genéticos utilizados no estabelecimento dos povoamentos de *E. grandis* e *E. saligna*.**

Espécie	Procedência				Nível de Melhoram. <sup>(1)</sup>
	Município / Estado	Altitude (m)	Longitude	Latitude	
<i>E. grandis</i>	Mogi Guaçu/SP	600	47° 07'W	22° 11'S	APS
	Lençóis Pta./SP	600	48° 25'W	22° 40'S	APS
	Salto/SP	700	47° 03'W	23° 09'S	APS
	Botucatu/SP	873	48° 27'W	22° 56'S	PCS
<i>E. saligna</i>	Salto/SP	521	47° 28'W	23° 21'S	APS
	Lençóis Pta./SP	700	47° 03'W	23° 09'S	APS
	Salesópolis/SP	600	48° 25'W	22° 40'S	APS

Espécie	População original			
	Município / Estado	Altitude (m)	Longitude	Latitude
<i>E. grandis</i>	Coff's Harbour-NSW-Austr.	90	153° 08'E	30° 18'S
	Coff's Harbour-NSW-Austr.	90	153° 08'E	30° 18'S
	Coff's Harbour-NSW-Austr.	90	153° 08'E	30° 18'S
	Coff's Harbour-NSW-Austr.	90	153° 08'E	30° 18'S
	Itatinga-SP-Brasil	600	48° 10'W	3° 10'S
	Itatinga-SP-Brasil	600	48° 10'W	23° 10'S
<i>E. saligna</i>	Salesópolis-SP-Brasil	850	45° 86'W	23° 51'S

<sup>(1)</sup> APS – Área de Produção de Sementes; PCS – Pomar Clonal de Sementes

A Tabela 3 apresenta as principais características climáticas dos municípios onde foram locadas as parcelas dos diversos sítios estudados. Com exceção dos sítios R1, R2, R3 e R4, ficou caracterizado que os sítios não apresentam deficiências hídricas, quando se estima O balanço hídrico pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), admitindo-se uma capacidade de armazenamento de água no solo de 125 mm, para uma profundidade de 200 cm. A deficiência hídrica, nos sítios que o apresentaram, não ultrapassou a 20 mm, durante um período de 3 meses.

Tendo por base os balanços hídricos realizados, que refletem a ação conjunta de diversos fatores climáticos, constata-se que os sítios não diferem consideravelmente entre si, o que atende, parcialmente, os critérios adotados para a seleção dos sítios.

Por ocasião da caracterização pedológica foi demarcada uma parcela em cada sítio, constituída de forma retangular, englobando os limites correspondentes a 10 linhas de plantio, com 10 árvores em cada linha, somando, aproximadamente, 100 árvores. A área

média de cada parcela foi de cerca de 550 m<sup>2</sup>. De todas as árvores foram medidas a altura e o DAP (diâmetro à altura do peito).

**Tabela 3 – Precipitação média, temperatura média e deficiência hídrica dos municípios onde foram locadas as parcelas dos diversos sítios.**

Sítio	Município	Precipitação Média (mm)		
		Set-Abr.	Mai-Ago	Anual
R1 e R2	Itirapina/SP	1230	177	1407
R3 e R4	Ibaté/SP	1328	170	1498
R5 e R6	Avaré/SP	1128	265	1393
D7 e D20	Botucatu/SP	1125	255	1380
E21 e E22	Bofete/SP	1130	230	1360
S23 e S24	S. M. Arcanjo/SP	1060	260	1320
F25 e F26	Caçapava/SP	1635	315	1950

Sítio	Temperatura Média Anual (°C)		
	Máxima	Média	Mínima
R1 e R2	27,0	21,0	16,0
R3 e R4	28,0	21,5	16,5
R5 e R6	25,5	20,0	15,0
D7 e D20	26,0	20,0	15,5
E21 e E22	26,5	20,5	14,0
S23 e S24	26,0	20,0	15,5
F25 e F26	27,0	22,0	18,5

Sítio	Deficiência Hídrica	
	Nº de Meses	Quantidade (mm)
R1 e R2	3	20
R3 e R4	3	15
R5 e R6	0	0
D7 e D20	0	0
E21 e E22	0	0
S23 e S24	0	0
F25 e F26	0	0

\* Os dados climáticos são médias dos anos 1977 a 1988 (NASCIMENTO & PEREIRA, 1988), e as estimativas do balanço hídrico foram feitas pelo método THORNTHWAITE & MATHER (1955), admitindo-se uma capacidade de armazenamento de água no solo de 125mm, para uma profundidade de 200 cm.

Com base nas medições de altura realizadas, selecionaram-se, em cada parcela, cinco árvores para serem abatidas, cada uma pertencente a classes de distribuição em altura distintas. Nesta etapa utilizou-se a medida de altura, porque essa característica se relacionou melhor com as variações de solo existentes em cada sítio.

Para as cinco árvores abatidas, em cada parcela, foram determinados o volume sólido com casca e sem casca de cada árvore. Inicialmente tomou-se o diâmetro do fuste da árvore com casca e sem casca, a distâncias de 2 m, da base até 50 cm do topo.

Com essas avaliações fez-se a estimativa do volume total da árvore com casca e sem casca, utilizando-se da fórmula de Smalian.

A partir das estimativas de volume total das árvores abatidas, com casca e sem casca, em cada parcela, fez-se o ajuste de regressões, que tiveram como variável dependente o volume total das árvores abatidas e, como variáveis independentes, os valores de altura e dap. Visou-se com isso verificar a possibilidade de se estimar o volume das árvores em pé, utilizando-se apenas dos seus valores de altura e dap.

Dentre os modelos testados o que melhor se ajustou aos dados foi:

$$VT = -4,076 + 1,882 \ln (D) + 1,294 \ln (H) R^2 = 0,98***$$

onde:

VT = volume total (dm<sup>3</sup>);

D = diâmetro à altura do peito (dm);

H = altura total (dm).

Assim, com esta equação, estimou-se o volume sólido, em pé, de todas as árvores, nas 26 parcelas em estudo, a partir dos valores de altura e dap de cada árvore.

De posse do volume sólido das árvores individuais e da área da parcela, fez-se a estimativa do volume sólido por hectare.

Inicialmente, determinou-se a área basal em cada parcela pela soma das árvores da seção de todas árvores tomada à altura do peito. A seguir fez-se a estimativa da área basal por hectare.

O índice de sítio (IS), no presente estudo, foi padronizado como o valor médio das alturas das cinco árvores dominantes, de cada parcela, aos 7 anos de idade. Em virtude das diferenças entre a idade real e a idade considerada para a determinação do 18, utilizou-se a equação (COUTO et alii, 1990):

$$IS = \text{Exp} [\ln (\text{MHDOM}) + 2,708 (1/\text{IDADE REAL} - 1/7)]$$

onde, MHDOM é igual à média da altura das árvores dominantes.

Esta equação foi utilizada por ser oriunda de sítios florestais de **E. grandis** e **E. saligna** localizados em regiões com características ambientais semelhantes às do presente estudo.

## CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS EM CADA SÍTIO

A caracterização física e química dos solos foi realizada nas camadas 0 a 10 cm, 0 a 20 cm, 20 a 30 cm, 40 a 60 cm e 100 a 120 cm de profundidade. Nas Tabelas 4 e 5 são apresentadas as caracterizações físicas e químicas dos solos nas camadas 0 a 10 cm e 40 a 60 cm.

As determinações físicas realizadas seguem a metodologia proposta pelo "Manual de Métodos de Análises de Solo" (EMBRAPA, 1979).

Os métodos de análises químicas de pH, carbono orgânico, fósforo, cálcio, magnésio, sódio, potássio, acidez titulável e alumínio seguem as metodologias propostas por VAN RAIJ et alii (1987).

As determinações dos teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{MnO}$  foram feitas através do ataque sulfúrico ( $d = 1,47$ ), aplicado como pré-tratamento à terra fina seca ao ar (EMBRAPA, 1979). As relações  $K_i$  e  $K_r$ , isto é, as relações  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O})$ , foram calculadas sob forma molecular, com base nos dados resultantes do ataque sulfúrico na própria terra fina e não na fração argila, uma vez que os resultados se equivalem na grande maioria dos casos (VETTORI, 1969).

A determinação das propriedades físicas e químicas de solo que são relacionadas com a qualidade de sítios foi feita através de análises de regressão múltipla, modelo "Forward" (LIN et alii, 1985).

Nesse modelo de ajuste de regressão múltipla nenhuma variável independente é considerada inicialmente. Para cada variável independente o "Forward" calcula o valor F da análise de variância, que indica qual a contribuição da variável para o modelo, podendo ser considerada ou não no mesmo. Os valores F calculados são testados quanto a um nível de probabilidade pré-estabelecido. No presente trabalho foram descartadas as variáveis independentes com um nível de significância inferior a 10% de probabilidade. Desta forma, as variáveis independentes significativas no nível de probabilidade pré-estabelecido vão sendo adicionadas ao modelo, culminando com um modelo final, que melhor relaciona a variável dependente com as variáveis independentes, no nível de probabilidade desejado.

A Tabela 6 apresenta a relação de variáveis dependentes e independentes usadas para a determinação das equações de regressão múltipla.

**Tabela 4 – Valor máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação de algumas características físicas e químicas dos solos nas profundidades de 0-10cm e 40-60cm, entre os sítios R1, R2, ..., R6, D7, D8, ..., D20, E21 e E22.**

Características	Valor			Coef. Variação (%)	Valor			Coef. Variação (%)
	Máximo	Médio	Mínimo		Máximo	Médio	Mínimo	
	Profundidade 0 – 10 cm				Profundidade 40 – 60 cm			
<b>1. FÍSICA</b>								
areia muito grossa (%)	0,30	0,00	0,00	600,00	0,30	0,00	0,00	266,70
areia grossa (%)	6,00	2,40	0,00	76,40	7,00	2,20	0,00	86,30
areia média (%)	41,00	27,50	17,00	21,60	41,00	26,50	14,70	25,40
areia fina (%)	65,20	48,60	37,00	12,00	63,00	46,30	38,00	12,50
areia muito fina (%)	18,10	10,90	6,00	22,60	19,40	11,10	5,00	26,00
silte (%)	7,10	3,40	1,00	55,90	9,20	3,80	0,90	63,50
argila (%)	12,00	7,10	3,50	35,00	22,00	10,10	5,50	42,00
argila dispersa em água (%)	5,00	2,70	1,00	40,50	10,00	5,30	2,80	40,00
água disponível:					-	-	-	-
1/10 atm – 15 atm (% volume)	24,90	22,70	20,10	5,00	24,90	22,70	20,10	5,00
1/3 atm – 15 atm (% volume)	2,00	1,40	0,80	22,20	2,00	1,40	0,80	22,20
<b>2. QUÍMICA</b>								
pH em CaCl <sub>2</sub> 0.01M	4,10	3,80	3,60	3,20	4,10	4,00	3,90	1,50
matéria orgânica (%)	3,40	2,30	1,80	22,30	1,90	1,40	0,90	19,40
fósforo assimilável (ppm)	4,00	2,10	1,00	46,60	1,00	0,10	0,00	250,00
potássio trocável (meq/100g)	0,06	0,04	0,03	0,00	0,07	0,02	0,01	50,00
cálcio trocável (meq/100g)	0,55	0,11	0,00	120,00	0,28	0,05	0,00	160,00
magnésio trocável (meq/100g)	0,19	0,10	0,05	40,00	0,16	0,06	0,00	50,00
alumínio extraível (meq/100g)	2,16	1,27	0,90	25,20	1,84	1,01	0,68	27,70
ac. Extraível, H+Al (meq/100g)	8,80	4,61	2,20	36,40	6,40	2,88	1,60	42,40
valor S (meq/100g)	0,78	0,24	0,09	66,70	0,51	0,13	0,01	100,00
valor T, CTC <sub>7</sub> (meq/100g)	9,01	4,85	2,40	34,00	6,48	3,01	1,68	42,50
valor V (%)	19,00	5,60	1,00	77,50	12,00	4,30	0,00	73,80
SiO <sub>2</sub> , ataque suf. (%)	6,80	3,60	1,90	32,60	9,30	4,50	2,40	41,60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ataque sulfúrico (%)	2,60	1,10	0,20	55,60	2,90	1,40	0,30	50,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ataque sulfúrico (%)	4,90	2,80	1,60	28,50	7,20	3,60	2,00	42,80
MnO, ataque sulfúrico (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
rel. molecular SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (ki)	3,30	2,20	1,40	19,00	3,20	2,10	1,60	16,50
rel. molecular SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (kr)	2,70	1,80	1,30	21,50	2,60	1,70	1,20	19,30

**Tabela 5 – Valor máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação de algumas características físicas e químicas dos solos nas profundidades de 0-10cm e 40-60cm, entre os sítios S23, S24, F25 e F26.**

Características	Valor			Coef. Variação (%)	Valor			Coef. Variação (%)
	Máximo	Médio	Mínimo		Máximo	Médio	Mínimo	
	Profundidade 0 – 10 cm				Profundidade 40 – 60 cm			
<b>1. FÍSICA</b>								
areia muito grossa (%)	7,00	2,50	0,00	132,80	8,00	2,80	0,00	137,10
areia grossa (%)	13,00	6,30	2,00	79,80	8,00	3,80	2,00	76,50
areia média (%)	17,00	13,50	9,00	27,40	14,00	10,80	7,00	27,80
areia fina (%)	30,00	22,80	12,00	33,90	27,00	19,50	11,00	39,60
areia muito fina (%)	12,00	8,50	4,00	39,10	13,00	8,30	4,00	48,09
silte (%)	24,00	18,50	12,00	28,10	28,00	18,80	13,00	35,50
argila (%)	40,00	23,80	3,00	63,40	40,00	34,00	26,00	17,30
argila dispersa em água (%)	18,00	9,80	1,00	71,30	21,00	15,00	11,00	28,30
água disponível:					-	-	-	-
1/10 atm – 15 atm (% volume)	25,40	23,90	22,30	6,60	25,40	23,90	22,20	6,60
1/3 atm – 15 atm (% volume)	2,60	2,30	1,80	19,20	2,50	2,30	1,80	19,20
<b>2. QUÍMICA</b>								
pH em CaCl <sub>2</sub> 0.01M	4,50	4,30	3,80	7,30	4,10	4,10	4,00	1,50
matéria orgânica (%)	4,30	3,30	1,60	39,10	2,20	1,80	1,20	24,30
fósforo assimilável (ppm)	23,00	10,80	4,00	83,60	1,00	1,00	1,00	0,00
potássio trocável (meq/100g)	0,12	0,09	0,07	22,20	0,16	0,07	0,02	100,00
cálcio trocável (meq/100g)	3,11	1,40	0,08	97,90	1,04	0,41	0,04	107,30
magnésio trocável (meq/100g)	1,26	0,62	0,10	82,30	0,92	0,33	0,02	121,20
alumínio extraível (meq/100g)	3,46	1,45	0,44	97,20	2,96	2,35	1,74	24,30
ac. Extraível, H+Al (meq/100g)	15,00	8,55	2,50	64,60	12,10	9,75	7,20	22,40
valor S (meq/100g)	3,93	2,10	0,28	83,30	2,12	0,81	0,14	109,90
valor T, CTC <sub>7</sub> (meq/100g)	15,28	10,65	3,48	50,10	13,20	10,61	7,77	23,90
valor V (%)	40,00	23,30	2,00	68,20	16,00	7,30	1,00	87,50
SiO <sub>2</sub> , ataque suf. (%)	18,50	11,80	5,60	44,70	18,50	14,10	11,00	23,90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ataque sulfúrico (%)	5,20	3,40	0,70	57,10	5,40	4,50	3,50	17,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ataque sulfúrico (%)	17,00	10,40	2,50	57,80	16,60	13,40	9,50	21,90
MnO, ataque sulfúrico (%)	0,10	0,00	0,00	133,30	0,00	0,00	0,00	100,00
rel. molecular SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (ki)	3,90	2,30	1,70	44,60	2,70	1,90	1,40	32,80
rel. molecular SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (kr)	3,30	1,90	1,40	46,90	2,20	1,50	1,10	31,60

**Tabela 6 – Variáveis dependentes e independentes utilizadas para o ajuste das equações de regressão múltipla.**

VARIÁVEIS	UNIDADE DE APRESENTAÇÃO	DENOMINAÇÃO
1. Dependentes		
Índice sítio	m	Y <sub>1</sub>
Volume sólido de madeira com casca	m <sup>3</sup> /ha	Y <sub>2</sub>
2. Independentes		
pH em CaCl <sub>2</sub> 0,01M	-	X <sub>1</sub>
matéria orgânica	%	X <sub>2</sub>
fósforo assimilável (ext. resina)	ppm	X <sub>3</sub>
potássio trocável	meq/100g	X <sub>4</sub>
cálcio trocável	meq/100g	X <sub>5</sub>
magnésio trocável	meq/100g	X <sub>6</sub>
alumínio trocável	meq/100g	X <sub>7</sub>
acidez titulável (H <sup>+</sup> + Al <sup>3</sup> )	meq/100g	X <sub>8</sub>
valor S	meq/100g	X <sub>9</sub>
valor T (CTC <sub>7</sub> )	meq/100g	X <sub>10</sub>
valor V	%	X <sub>11</sub>
valor m	%	X <sub>12</sub>
SiO <sub>2</sub> (ataque sulfúrico)	%	X <sub>13</sub>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (ataque sulfúrico)	%	X <sub>14</sub>
MnO (ataque sulfúrico)	%	X <sub>15</sub>
areia muito grossa	%	X <sub>16</sub>
areia grossa	%	X <sub>17</sub>
areia média	%	X <sub>18</sub>
areia fina	%	X <sub>19</sub>
areia muito fina	%	X <sub>20</sub>
areia total	%	X <sub>21</sub>
silte	%	X <sub>22</sub>
argila	%	X <sub>23</sub>
argila dispersa em água	%	X <sub>24</sub>
rel. molecular SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (ki)	-	X <sub>25</sub>
rel. molecular SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (kr)	-	X <sub>26</sub>
idade do povoamento	ano	X <sub>27</sub>
densidade global	g/cm <sup>3</sup>	X <sub>28</sub>
água disponível:		X <sub>29</sub>
1/3 atm – 15 atm	mm	X <sub>30</sub>
1/10 atm – 15 atm	mm	X <sub>31</sub>

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação das Características Físicas e Químicas dos Solos Responsáveis Pelas Variâncias das Interações Espécies x Sítios.

Como observado por GONÇALVES et alii (1990), existem grandes variações ambientais entre sítios, e as interações das espécies com estes sítios foram, na maioria dos casos, de grande amplitude, quando avaliadas pelas variâncias das características área basal/ha, volume sólido de madeira com casca/ha, altura e DAP. Diante destes resultados, é de grande importância prática identificar quais as principais características ambientais responsáveis pelas amplas interações observadas entre as espécies com os sítios florestais estudados. Isto pode ser de grande valia no manejo florestal, quando se procura adequar a espécie certa para cada local de plantio.

Relembrando, no presente trabalho, dentre as variáveis ambientais dos sítios escolhidos ao se procurar estreitar as variações climáticas e topográficas e ampliar as variações do solo, criou-se um tipo de situação em que as variações de solo são as principais variáveis do ambiente, com grande repercussão nos volumes de produção encontrados nos diversos sítios florestais. Sabendo-se disto e dando continuidade ao estudo, os resultados e as discussões que se seguem permitem a identificação de algumas propriedades físicas e químicas dos solos responsáveis pelas variâncias entre sítios e da interação espécies x sítios. Ressalta-se, todavia, que na metodologia utilizada tenha sido considerado um número maior de sítios florestais, relativamente àquele utilizado para obtenção dos resultados citados por GONÇALVES et alii (1990).

#### Avaliações Dendrométricas dos Sítios Considerados Para Obtenção das Equações de Regressão Múltipla

O índice de sítio teve como média global, maior valor, menor valor e coeficiente de variação: 28,2 m, 33,4 m; 20,2 m; e 12,6 %, respectivamente, para todos os sítios de **E. grandis** considerados conjuntamente. E, para o volume sólido de madeira com casca 197,8 m<sup>3</sup>/ha, 355,8 m<sup>3</sup>/ha, 66,4 m<sup>3</sup>/ha e 37,8 %, respectivamente, para estes mesmos parâmetros estatísticos (Tabela 7). No tocante aos sítios de *E. saligna* (Tabela 8) a média global, maior valor, menor valor e coeficiente de variação para os índices de sítios foram: 29,4 m; 32,5 m; 25,5 m e 7,7 %, respectivamente, e 174,8 m<sup>3</sup>/ha; 225,0 m<sup>3</sup>/ha; 95,2 m<sup>3</sup>/ha e 24,6%, respectivamente, para a característica volume sólido de madeira com casca.

Sem esquecer que para **E. grandis** foram avaliadas dezoito parcelas e para **E. saligna** oito parcelas, é importante destacar que, em termos de média global, o **E. grandis** foi inferior ao **E. saligna** na característica índice de sítio, o inverso foi observado para a característica volume sólido de madeira com casca. As parcelas de **E. grandis** também apresentaram maiores valores de coeficiente de variação para estas características. Essa mesma espécie apresentou maiores amplitudes de variação para o índice de sítio e volume sólido de madeira com casca, o que representa uma evidência e explicação para a constatação anterior.

As grandes amplitudes de variação das características dendrométricas avaliadas, para as duas espécies, vêm de encontro aos requisitos básicos para a obtenção de equações de regressão múltipla de alto poder de predição da produtividade de sítio, como preconiza CARMEAN (1975).

Estas equações são apresentadas e discutidas nos itens a seguir.

**Tabela 7 – Avaliações dendrométricas das parcelas localizadas nos sítios de *E. grandis***

Sítio	Espaçamento de plantio (m)	Área da parcela (m <sup>2</sup> )	Nº de árvores	Altura média (m)	Altura média árv. Dominantes (m)	Índice de sítio (m)	DAP (cm)	Volume sólido c/casca (m <sup>3</sup> /ha)	Área basal (m <sup>3</sup> /ha)
R1	3,0 x 1,7	513,5	99	13,7	17,3	20,2	9,0	66,4	17,0
R2	3,0 x 1,7	528,1	98	17,5	20,9	24,7	11,6	131,2	22,6
R3	2,8 x 1,8	609,1	100	17,6	21,7	24,0	11,1	109,5	17,9
R4	2,8 x 1,8	634,4	100	20,8	24,1	25,9	14,2	186,9	23,6
R5	2,4 x 2,5	648,8	100	17,8	21,9	23,1	11,4	115,4	17,5
R6	2,4 x 2,5	647,9	100	25,4	33,9	33,4	16,0	335,8	30,0
R7	3,0 x 1,5	466,1	85	22,2	26,3	29,2	13,5	219,1	25,1
D12	3,2 x 1,5	529,5	100	20,8	26,9	29,1	12,6	206,8	24,4
D14	3,0 x 1,5	502,3	102	22,2	25,9	28,3	12,1	210,3	24,8
D15	3,0 x 1,5	498,2	96	21,7	26,4	29,3	12,8	233,6	26,7
D17	3,0 x 1,5	471,2	96	20,8	26,0	27,0	12,6	219,8	25,2
D18	3,0 x 1,5	499,6	99	23,4	28,4	30,3	13,3	267,6	27,4
D19	3,0 x 1,5	490,5	100	22,4	27,1	28,9	13,0	256,3	27,8
E21	3,0 x 1,5	511,8	103	21,6	26,1	29,6	13,4	205,6	26,1
E22	3,0 x 1,5	483,8	56	21,5	25,0	28,3	13,5	131,5	18,5
S23	3,0 x 1,5	527,3	100	23,5	30,8	31,9	14,3	322,7	30,7
F25	3,0 x 2,0	644,8	100	20,8	25,5	33,0	13,1	185,3	26,0
F26	3,0 x 2,0	579,5	100	17,3	23,0	31,3	11,2	137,4	24,7
Média Global		543,7	93,7	20,6	25,4	28,2	12,7	197,8	24,2
Maior valor		648,8	102,0	25,4	33,9	33,4	16,0	355,8	30,7
Menor valor		466,2	56,0	13,7	17,3	20,2	9,0	66,3	17,2
Coef. Var. (%)		20,0	11,2	13,7	14,8	12,6	12,1	37,8	16,9

**Tabela 8 – Avaliações dendrométricas das parcelas localizadas nos sítios de *E. saligna*.**

Sítio	Espaçamento de plantio (m)	Área da parcela (m <sup>2</sup> )	Nº de árvores	Altura média (m)	Altura média árv. Dominantes (m)	Índice de sítio (m)	DAP (cm)	Volume sólido c/casca (m <sup>3</sup> /ha)	Área basal (m <sup>3</sup> /ha)
D8	3,0 x 1,5	565,5	91	19,7	27,2	30,2	12,0	154,1	19,6
D9	3,3 x 1,5	506,2	98	20,1	26,2	26,7	12,4	193,5	24,3
D10	3,3 x 1,5	560,0	100	20,2	27,4	31,1	11,9	178,3	22,3
D11	3,1 x 1,5	529,6	100	17,8	24,4	27,6	11,1	140,1	20,5
D13	3,4 x 1,5	630,6	102	16,6	22,5	25,5	10,9	95,2	16,9
D16	3,2 x 1,5	512,0	103	20,3	27,5	30,8	12,3	215,6	25,8
D20	3,0 x 1,5	487,5	98	20,0	26,4	27,7	11,7	196,7	23,4
S24	3,0 x 1,8	628,7	100	19,5	28,1	32,5	13,0	225,0	26,7
Média Global		522,6	99	19,3	26,2	29,4	11,9	174,8	22,4
Maior valor		630,8	103	20,3	28,1	32,5	12,9	225,0	26,7
Menor valor		487,5	91	17,8	22,5	25,5	10,9	95,2	16,9
Coef. Var. (%)		10,4	3,7	6,9	7,2	7,7	5,7	24,6	14,8

## Previsão da Qualidade de Sítio por Intermédio de Equações de Regressão Múltipla

Quando se consideram os sítios de **E. grandis** e **E. saligna** analisados conjuntamente

A previsão da qualidade de sítio por intermédio de equações de regressão múltipla evidenciou que quando se utilizou o volume sólido de madeira com casca como variável dependente, obteve-se um melhor relacionamento dessa variável com as propriedades físicas e químicas do solo, comparativamente às equações ajustadas para o índice de sítio como variável dependente (Tabelas 9 e 10). Isto fica particularmente ressaltado pelos valores mais elevados de  $R^2$ , pelo grau de significância desses coeficientes e, de modo geral, pelo maior número de variáveis significativas, que se mantiveram nas equações de regressão múltipla ajustadas.

Curiosamente, a despeito dos maiores coeficientes de determinação obtidos nas equações, que tiveram como variável dependente o volume sólido de madeira com casca, os erros médios percentuais destas equações foram consideravelmente superiores àqueles obtidos para as equações que tiveram o índice de sítio como variável dependente (Tabelas 9 e 10). Assim, enquanto a maioria dos coeficientes de determinação e erros médios percentuais das equações, cuja variável dependente foi o índice de sítio, ficaram entre 0,14 a 0,50 e 4,40 a 7,30, respectivamente, nas equações cuja variável dependente foi o volume sólido de madeira com casca, estes valores elevaram-se para 0,56 a 0,88 e 13,89 a 23,21, respectivamente.

Verifica-se, portanto, que o erro de avaliação da qualidade de sítio é menor quando se usa o índice de sítio como parâmetro de avaliação (CARMEAN, 1975), apesar das melhores relações existentes entre o volume sólido de madeira com casca e as propriedades físicas e químicas dos solos. O que faz sentido, em virtude das grandes variações das densidades das árvores, observadas e destacadas (Tabela 7 e 8) nos povoamentos representativos dos sítios amostrados, característica que tem grande influência sobre o volume sólido de madeira e pequena influência sobre o Índice de sítio.

Em virtude da grande superioridade dos sítios 823, 824, F25 e F26, relativamente aos demais em termos de seus teores de argila, e conseqüentemente de suas propriedades físicas e químicas (Tabela 4 e 5), fez-se o ajuste de regressões, analisando-se todos os sítios conjuntamente e com a omissão destes sítios (Tabelas 9 e 10).

Embora tenham sido observadas alterações na precisão das equações e no tipo de variáveis independentes relacionadas, não se constata uma tendência nítida de elevação ou redução da precisão das equações em função da variável dependente e da profundidade considerada. Por outro lado, nota-se uma nítida alteração do tipo de transformação da variável independente que se relaciona com a variável dependente, e que grandes mudanças nas equações ajustadas podem ser verificadas nas profundidades maiores, particularmente se a variável dependente for o volume sólido de madeira com casca (Tabela 10). Isto pode ser exemplificado pelas equações ajustadas nas profundidades 40-60 e 100-120 cm, quando não se conseguiu nenhuma equação significativa na profundidade 100-120 cm, mas conseguindo-se na profundidade 40-60 cm, ao analisarem-se todos os sítios conjuntamente. O contrário foi observado com a omissão dos sítios 823, 824, F25 e F26, que proporcionou a obtenção de uma equação significativa a 100-120 cm de profundidade e nenhuma significativa a 40-60 cm de profundidade. Tudo leva a crer que, a despeito das grandes

diferenças de propriedades dos solos ocorrentes nos sítios 823, 824, F25 e F26, pode-se agrupá-los com os demais sem que a precisão das equações seja drasticamente afetada nas camadas superiores, o mesmo não sendo verdade nas profundidades 40-60 e 100-120 cm.

Como uma das principais conclusões, deve-se ressaltar que é notória a melhor precisão e o maior número de variáveis independentes relacionadas significativamente com o volume sólido de madeira com casca na profundidade de 0-20 cm. Em termos práticos, isto vem confirmar que as camadas superficiais de solo são as que apresentam propriedades físicas e químicas mais relacionadas com a qualidade de sítio, portanto sendo as mais indicadas para serem amostradas e analisadas para fins de avaliação de fertilidade do solo.

**Tabela 9 – Equações de regressão múltipla<sup>(1)</sup> que relacionam o índice de sítio (m) com as propriedades físicas e químicas dos solos para todos sítios analisados conjuntamente e quando se omitiram os sítios S23, S24, F25 e F26, seguidos de seus coeficientes de determinação e erros médios<sup>(2)</sup>.**

Profundidade	Equações	R <sup>2</sup>	Erro Médio (%)
com todos os sítios			
00 – 10	IS = 44,88 + 6,85 ln(x <sub>2</sub> ) + 5,50 ln(x <sub>4</sub> ) – 3,05 ln(x <sub>10</sub> )	0,49 <sup>(14)</sup>	6,45
10 – 20	IS = 23,64 + 3,38 ln(x <sub>13</sub> )	0,32 <sup>(1)</sup>	7,29
20 – 30	IS = 25,03 + 1,74 √x <sub>23</sub>	0,32 <sup>(1)</sup>	7,17
40 – 60	IS = 56,03 – 13,27 x <sub>29</sub> + 14,15 ln(x <sub>7</sub> ) + 25,40 ln(x <sub>8</sub> ) – 39,55 ln(x <sub>10</sub> ) + 5,70 ln(x <sub>13</sub> )	0,69 <sup>(9)</sup>	4,86
100 – 120	IS = 22,35 + 3,55 ln(x <sub>13</sub> )	0,19 <sup>(4)</sup>	7,08
Com omissão dos sítios S23, S24, F25 e F26			
00 – 10	IS = 9,55 + 1,83 x <sub>1</sub> <sup>2</sup> – 15,72 1/x <sub>2</sub>	0,49 <sup>(1)</sup>	5,31
10 – 20	IS = 1393,14 – 28,00 x <sub>1</sub> <sup>2</sup> – 3,445,63 1/x <sub>1</sub> – 30,59 1/x <sub>3</sub> – 26,50 √x <sub>3</sub>	0,70 <sup>(9)</sup>	4,39
20 – 30	IS = 21,32 + 1,26 x <sub>2</sub> <sup>2</sup> + 1,95 √x <sub>23</sub>	0,29 <sup>(8)</sup>	6,17
40 – 60	IS = 6,45 + 2,86 x <sub>28</sub> – 3,71 ln(x <sub>25</sub> ) + 5,35 √x <sub>13</sub>	0,37 <sup>(10)</sup>	5,72
100 – 120	IS = 30,47 – 0,02 1/x <sub>16</sub>	0,14 <sup>(8)</sup>	7,08

<sup>(1)</sup> Os valores entre parênteses, acima e a direita de R<sup>2</sup>, representam o nível de significância dos mesmos;

<sup>(2)</sup> Erro médio é igual à média dos valores obtidos pela operação (valor observado – valor predito)/valor observado x 100, aplicada a todos sítios individualmente.

**Tabela 10 – Equações de regressão múltipla que relacionam o volume sólido de madeira com casca (m<sup>3</sup>/ha) com as propriedades físicas e químicas dos solos para todos sítios analisados conjuntamente e quando se omitiram os sítios S23, S24, F25 e F26, seguidos de seus coeficientes de determinação e erros médios.**

Profundidade	Equações	R <sup>2</sup>	Erro Médio (%)
com todos os sítios			
00 – 10	VS = 1204,47 + 1209,40 ln(x <sub>1</sub> ) + 63,95 ln(x <sub>3</sub> ) + 57,54 ln(x <sub>6</sub> ) – 208,47√x <sub>5</sub> – 35,48√x <sub>23</sub>	0,68 <sup>(9)</sup>	23,2
10 – 20	VS = 487,56 – 118,77x <sub>6</sub> <sup>6</sup> + 22,32x <sub>11</sub> + 351,78x <sub>28</sub> + 980,63 ln(x <sub>1</sub> ) + 146,60 ln(x <sub>3</sub> ) + 51,80 ln(x <sub>6</sub> ) – 1920,68 ln(x <sub>28</sub> ) – 771,30√x <sub>9</sub>	0,88 <sup>(14)</sup>	16,3
20 – 30	VS = -254,89 + 67,28x <sub>28</sub> + 35,50√x <sub>23</sub>	0,64 <sup>(1)</sup>	21,6
40 – 60	VS = 1322,86 + 360,35x <sub>28</sub> – 227,86√x <sub>23</sub>	0,62 <sup>(8)</sup>	20,0
100 – 120	VS = não significativa		
Com omissão dos sítios S23, S24, F25 e F26			
00 – 10	VS = - 372,19 + 23,01 x <sub>1</sub> <sup>2</sup> + 9,05 x <sub>2</sub> <sup>2</sup> + 5,43 x <sub>28</sub> <sup>2</sup>	0,65 <sup>(5)</sup>	18,6
10 – 20	VS = - 480,75 + 5,52 x <sub>28</sub> <sup>2</sup> - 555,81 1/x <sub>3</sub> + 763,64√x <sub>1</sub> - 494,95√x <sub>3</sub>	0,79 <sup>(4)</sup>	13,9
20 – 30	VS = - 91,86 + 6,44 x <sub>28</sub> <sup>2</sup> + 41,26√x <sub>23</sub>	0,61 <sup>(1)</sup>	18,5
40 – 60	VS = não significativa		
100 – 120	VS = 48,08 + 5,00 x <sub>28</sub> <sup>2</sup> + 0,01 1/x <sub>5</sub> – 0,29 1/x <sub>16</sub>	0,65 <sup>(6)</sup>	17,3

Quando se consideram os sítios de **Eucalyptus grandis** e **E. saligna** analisados separadamente

As equações de regressão múltipla aplicada aos sítios de **E. grandis** (Tabela 11) revelam que o poder preditivo das variáveis dependentes destas equações foram, praticamente idênticos àqueles obtidos ao se considerar os sítios de **E. grandis** e **E. saligna**, conjuntamente. Isso significa que as espécies **E. saligna** e **E. grandis** apresentaram, nos sítios em estudo, relações semelhantes entre as variáveis dependentes com as variáveis independentes, pois a omissão dos sítios de **E. saligna** do grupo de dados considerados para o ajuste das regressões não alterou consideravelmente o tipo, número de variáveis independentes e poder preditivo das equações ajustadas (Tabelas 9, 10 e 11). Por outro lado, são observadas algumas alterações dos tipos de transformações realizadas nas variáveis independentes.

**Tabela 11 – Equações de regressão múltiplas que relacionam o índice de sítio (m) com as propriedades físicas e químicas dos solos para todos sítios analisados conjuntamente e quando se omitiram os sítios S23, S24, F25 e F26, seguidos de seus coeficientes de determinação e erros médios.**

Profundidade	Equações	R <sup>2</sup>	Erro Médio (%)
com todos os sítios			
00 – 10	IS = 47,75 + 6,26 ln(x <sub>4</sub> )	0,39 <sup>(1)</sup>	8,3
10 – 20	IS = 23,06 + 3,45 ln(x <sub>13</sub> )	0,33 <sup>(2)</sup>	8,2
20 – 30	IS = 24,41 + 2,79 ln(x <sub>23</sub> )	0,44 <sup>(1)</sup>	7,7
40 – 60	IS = 39,15 + 17,32 ln(x <sub>7</sub> ) + 58,11 ln(x <sub>8</sub> ) – 74,94 ln(x <sub>10</sub> ) + 7,26 ln(x <sub>14</sub> )	0,70 <sup>(6)</sup>	7,7
100 – 120	IS = 19,57 + 4,80 ln(x <sub>13</sub> )	0,29 <sup>(3)</sup>	8,0
Com omissão dos sítios S23, S24, F25 e F26			
00 – 10	IS = 25,04 + 0,50 x <sub>1</sub> <sup>2</sup>	0,35 <sup>(2)</sup>	7,9
10 – 20	IS = 89,11 – 209,49 1/x <sub>1</sub> – 10,00 1/x <sub>3</sub>	0,76 <sup>(1)</sup>	4,5
20 – 30	IS = 22,00 + 2,97 √x <sub>23</sub>	0,29 <sup>(4)</sup>	8,3
40 – 60	IS = 14,32 + 3,20 x <sub>28</sub> – 16,87 1/x <sub>14</sub>	0,59 <sup>(1)</sup>	6,1
100 – 120	IS = 32,05 – 22,82 1/x <sub>13</sub>	0,21 <sup>(9)</sup>	8,9

Para comprovar estas constatações fez-se a predição do índice de sítio nos sítios de **E. saligna**, utilizando-se das equações obtidas para os sítios de **E. grandis** (Tabela 12). Os valores encontrados revelam que, através das equações obtidas para os sítios de **E. grandis**, é possível estimar o índice de sítio nos sítios de **E. saligna**, sem comprometimento da precisão das estimativas realizadas. Provavelmente, para circunstâncias semelhantes, a recíproca também seja verdadeira.

**Tabela 12 - Valor médio observado, predito e erro médio\* de estimação das variáveis índice de sítio (18) para os sítios de *E. saligna*, determinados através das equações de regressões múltiplas ajustadas para os sítios de *E. grandis*.**

Variável Dependente	Profundidade	Valor Médio		Erro Médio (%)
		Observado	Predito	
IS	00 – 10	29,4	27,9	6,57
	10 – 20	29,4	27,8	8,66
	20 – 30	29,4	27,4	6,34
	40 – 60	29,4	28,0	7,70
	100 – 120	29,4	26,3	6,88

\* Erro médio é igual à média dos valores obtidos pela operação: (valor observado – valor predito pela equação)/valor observado x 100, aplicada a todos sítios individualmente.

Para a verificação do poder preditivo da produtividade do sítio pelo método pesquisado, fez-se o ajuste de regressões considerando-se apenas alguns dos sítios caracterizados e utilizando-se os demais, aqui denominados como sítios desconhecidos como teste de precisão das equações. Metodologia também adotada por BROAFOOT

(1969), FRAYER et alii (1971), BOWERSOX & WARD (1972), GRANEY & FERGUSON (1971 e 1972), e McQUILKIN (1976), com objetivos semelhantes. Assim ajustaram-se regressões com os dados dos sítios 07, 08, ..., 020 (Tabela 13). A partir destas regressões, testou-se o poder preditivo das mesmas, usando como exemplo as regressões obtidas para a profundidade de 0-10 cm, para prever o índice de sítio e o volume sólido de madeira com casca dos sítios R1, R2, ..., AS, E21, E22, 823, 824, F25 e F26 (Tabela 14).

Tendo por base o erro percentual da estimação do índice de sítio, constata-se que esse erro, com exceção do sítio R1, variou de 5,7 a 20,7 e teve como média 13,9, quando se considerando apenas os sítios R1, R2, ..., AS, E21 e E22, os quais apresentam propriedades edáficas mais próximas às dos sítios 07, 08, ...e 020. Para os demais sítios, os erros foram mais elevados, certamente devido às grandes diferenças de propriedades edáficas desses sítios relativamente aos sítios 07, 08, ...e 020 que foram utilizados para o ajuste das equações. Mais uma vez, fica ressaltada a grande importância de estratificar os ambientes para a obtenção de equações que relacionam o índice de sítio com as propriedades edáficas, o que redundará num maior poder de predição das mesmas (PRITCHETT, 1986). Um grande número de trabalhos tem mostrado que quando outros fatores de sítio são mantidos constantes o nível de nutrientes do solo relaciona-se efetivamente com a produtividade do sítio (MOLLER, 1974; PRITCHETT & GOOING, 1975).

**Tabela 13 – Equações de regressão múltipla que relacionam o índice de sítio (m) e o volume sólido de madeira com casca (m<sup>3</sup>/ha) com as propriedades físicas e químicas dos solos dos sítios D7, D8, D9, ... e D20, seguidas de seus coeficientes de determinação e erros médios**

Profundidade	Equações	R <sup>2</sup>	Erro Médio (%)
com todos os sítios			
00 – 10	IS = 125,77 – 1,29 1/x <sub>4</sub> – 316,69 √x <sub>4</sub>	0,42 <sup>(9)</sup>	3,6
10 – 20	IS = 31,52 – 8,73 1/x <sub>13</sub>	0,23 <sup>(9)</sup>	3,6
20 – 30	IS = 31,20 – 0,83x <sub>23</sub> + 0,84 x <sub>2</sub> <sup>2</sup> – 8,12 1/x <sub>13</sub> – 4,01 √x <sub>14</sub> + 4,37 √x <sub>23</sub>	0,84 <sup>(6)</sup>	1,5
40 – 60	IS = 32,37 + 0,07 x <sub>13</sub> <sup>2</sup> – 3,14 ln(x <sub>25</sub> )	0,10 <sup>(10)</sup>	3,9
100 – 120	IS = 54,99 – 0,06 1/x <sub>16</sub> – 2,18 ln (x <sub>13</sub> ) – 164,77 √x <sub>16</sub>	10,64 <sup>(10)</sup>	2,4
Com omissão dos sítios S23, S24, F25 e F26			
00 – 10	VS = 753,17 + 44,81x <sub>2</sub> <sup>2</sup> – 2166,84 1/x <sub>28</sub> – 518,09 ln(x <sub>2</sub> )	0,55 <sup>(12)</sup>	15,5
10 – 20	VS = 1610,64 – 497,68 1/x <sub>3</sub> – 2651,52 1/x <sub>28</sub> – 473,55 √x <sub>3</sub>	0,64 <sup>(5)</sup>	12,3
20 – 30	VS = 467,55 – 1534,89 1/x <sub>28</sub> + 10,24 ln (x <sub>23</sub> )	0,66 <sup>(6)</sup>	11,2
40 – 60	não significativa		
100 – 120	VS = 4151,27 – 42,77 x <sub>2</sub> <sup>2</sup> – 1,29 1/x <sub>16</sub> – 18701,36 1/x <sub>28</sub> – 186,80 ln(x <sub>16</sub> )	0,81 <sup>(5)</sup>	8,0

**Tabela 14 – Valor observado, predito e erro <sup>(1)</sup> de estimação das variáveis índice de sítio (IS) e volume sólido de madeira com casca (VS) para diversos sítios, determinados através das equações ajustadas para os sítios D7, D8, ..., D20 na profundidade de 0 – 10 cm.**

Variável dependente	Sítio	Valor Médio		Erro Médio (%)
		Observado	Predito	
		<b>m</b>		
IS	R1	20,0	30,2	49,3
	R2	24,7	28,0	13,2
	R3	23,5	28,0	18,9
	R4	25,9	30,2	16,6
	R5	23,1	28,0	20,7
	R6	33,4	29,2	12,7
	E21	29,6	26,7	9,6
	E22	28,3	26,7	5,7
	S23	31,9	23,6	26,2
	S24	32,5	16,4	49,4
	F25	33,0	12,7	61,4
	F26	31,3	5,3	83,0
			<b>m<sup>3</sup>/ha</b>	
VS	R1	66,4	139,9	110,8
	R2	131,2	151,6	15,6
	R3	109,5	208,8	90,7
	R4	186,0	215,1	15,7
	R5	115,4	218,1	89,0
	R6	355,8	264,7	25,6
	E21	205,5	185,0	10,0
	E22	181,9	164,5	25,1
	S23	322,7	487,4	51,1
	S24	225,0	461,6	105,2
	F25	185,4	62,5	66,3
	F26	137,4	68,8	49,9

<sup>(1)</sup> Erro é igual à diferença entre o valor observado menos o valor predito, dividido pelo valor observado, multiplicado por 100.

Com relação à predição do volume sólido de madeira com casca pelas equações ajustadas, é notória a grande dispersão dos valores encontrados (Tabela 14), na sua grande maioria, revelando que essas equações, a despeito de seus maiores coeficientes de determinação, apresentam baixo poder de predição, não sendo recomendadas para sítios desconhecidos.

#### Propriedades Físicas e Químicas dos Solos Relacionadas com a Qualidade do Sítio.

Dentre as formas de apresentação das variáveis independentes encontradas nas diversas equações de regressão múltipla ajustadas, constatou-se que a forma logarítmica foi a mais freqüente, seguida pelas formas inversa, quadrática, raiz quadrática e linear, em

ordem decrescente de frequência de ocorrência (Tabela 15). Embora não tenham sido apresentados, observou-se no decorrer dos ajustes das regressões múltiplas que os relacionamentos das variáveis dependentes com as variáveis independentes, somente em suas formas lineares, faziam com que a predição de ajuste das regressões, medidas pelo  $R_2$  e número de variáveis independentes significativamente relacionadas, fossem consideravelmente inferiores, tornando imprescindível a realização de transformações das variáveis independentes. Inclusive, a falta destas transformações pode Ter sido uma das causas do insucesso de muitas tentativas realizadas em trabalhos correlatos, que relacionam a qualidade de sítio com as características ambientais.

Uma outra observação que pode ser feita ao analisar a Tabela 15, é que ficam mais uma vez nítidas as melhores relações existentes entre as variáveis independentes com o volume sólido de madeira com casca, as quais são mais evidentes nas camadas superiores do solo, mesmo quando se faz uma análise conjunta de todos os modelos ajustados.

Dentre as variáveis independentes encontradas nas equações ajustadas, a variável idade do povoamento ( $x_{28}$ ) foi a que apresentou maior frequência de ocorrência (Tabela 15). Verificou-se que sua ocorrência se restringe às equações cuja variável dependente foi o volume sólido de madeira com casca. De certa forma, isto já era esperado, uma vez que existiam, entre os povoamentos diferenças de idade, e que nenhuma padronização de idade para as variáveis dependentes foi realizada. Em se tratando da altura das árvores, pode-se explicar uma considerável variação dessa por intermédio da variação de idade (WRIGHT & DYNE, 1971). Portanto, quando a idade das árvores não é usada como uma variável independente, não se deve pressupor que as variáveis edáficas e topográficas, sozinhas, expliquem todas as variações em altura das árvores.

Com relação às demais variáveis independentes encontradas nas equações ajustadas, observou-se que as variáveis pH em  $\text{CaCl}_2$ , teor de silte, teor de fósforo assimilável, teor de  $\text{SiO}_2$  e o teor de matéria orgânica, dentre outras, foram as que mais se destacaram nas suas relações com a qualidade do sítio.

Semelhantemente, trabalhos com diversas espécies revelam que essas características foram as que melhor se relacionaram com o crescimento das árvores: pH (DELLA-BIANCA & OLSON, 1961; THONSON & McCOMB, 1962; BROADFOOT, 1969; BARROS, 1974 e 1979), teor de silte (BARNES & RALSTON, 1955; ZAHNER, 1958; PHILLIPS & MARKLEY, 1963; WILDE et alii, 1964a e b; YADAV & PRADASH, 1969; BOWERSOX & WARD, 1972), teor de fósforo (BARROS, 1974 e 1979; SCHUTZ, 1976; CREMER et alii, 1978; CARDENAS, 1987), teor de matéria orgânica (DELLA-BIANCA & OLSON, 1961; THONSON & McCOMB, 1962; WILDE et alii, 1964a e b; BROADFOOT, 1969; BARROS, 1974 e 1979; CARDENAS, 1987).

**Tabela 15 – Forma de apresentação e frequência de ocorrência (valores entre parênteses) das variáveis independentes encontradas nas diversas equações de regressão múltipla ajustadas.**

Variável dependente	Profundidade (cm)	Forma de apresentação da variável independente				
		Simples	Quadrática	Raiz quadrática	Logarítmica	Inversa
IS	00 – 10	-	x1, x3	x4	x4(2), x2, x0	x2, x4
	10 – 20	-	x1	x3	x13(2)	x1(2), x3(2), x13
	20 – 30	x23	x2(2)	x23(4), x14	x23	x13
	40 – 60	x28, x19	x13	x13	x7(2), x8(2), x10(2)	x14
	100 - 120	-	-	x16	x13(3)	x16(2), x13
VS	00 – 10	X1	x2(3), x1(2), x28(2)	x5(2), x23	x1(2), x2, x3, x6	x28
	10 – 20	x6, x11, x28, x29	x28(2)	x3(2), x1, x9	x1, x3, x6, x28	x3(3), x28, x1
	20 – 30	x28(2)	x28(2)	x23(2)	x23(2)	x28
	40 – 60	x28(2), x29(2)	-	x28	x28	-
	100 - 120	-	x28(3)	x5, x16	x5, x16	x5(2), x16(2), x28

IS = Índice de Sítio;

VS = Volume Sólido de Madeira com Casca

Destacando o silte, os pesquisadores supra citados verificaram que as frações texturais finas (silte e argila) relacionaram-se diretamente com o crescimento das árvores. Essas frações texturais assumem papéis fundamentais na capacidade de retenção de umidade e nutrientes, particularmente nos solos de textura arenosa (BARNES & RALSTON, 1955 e GONÇALVES, 1988). Entretanto, quando os teores dessas frações se elevam consideravelmente, alguns pesquisadores (HANNAH, 1968 e JACKSON, 1962) verificaram um comportamento inverso com relação ao crescimento das árvores, atribuído fundamentalmente, ao comprometimento do sistema de aeração da atmosfera edáfica (RALSTON, 1964). Provavelmente este não deve ser o caso para muitos solos tropicais da classe dos Latossolos, pois os mesmos apresentam alta permeabilidade e macroporosidade, mesmo quando muito argilosos (Lepsch<sup>1</sup>).

Muitas variáveis independentes não são verdadeiramente independentes umas das outras. Em muitos casos, as variáveis independentes são intimamente intercorrelacionadas, não entrando nos modelos de regressão ajustados. Para verificar estas afirmações, fez-se uma matriz de correlação englobando as variáveis independentes utilizadas no ajuste das regressões múltiplas. Notou-se que as variáveis independentes que mais se destacaram nas suas relações com a qualidade de sítio correlacionam-se estatisticamente em níveis inferiores a 0,1% de probabilidade, com praticamente todas variáveis independentes introduzidas nos modelos testados. Essas constatações revelam que, certamente, as equações ajustadas teriam um número maior de variáveis independentes relacionadas, se as variáveis independentes que permaneceram nas equações não fossem altamente associadas com as demais variáveis.

Aparentemente, com base nesta colocação e para as circunstâncias vigentes, o grau de associação entre o índice de sítio e o volume sólido de madeira com casca com as características edáficas testadas só não foi maior devido aos altos níveis de colinearidade

<sup>1</sup> LEPSCH, I.F. (IAC – Instituto Agrônomo de Campinas). Comunicação pessoal, 1990.

entre as variáveis independentes. Nesta linha de raciocínio, melhores associações serão conseguidas ao se ampliar o rol de variáveis independentes não correlacionadas entre si.

Essas conclusões podem ser tomadas como uma das principais causas das baixas associações entre a qualidade de sítio e as propriedades edáficas. Certamente, uma causa de efeito maior do que aquela admitida por muitos pesquisadores (RALSTON, 1964; CARMEAN, 1975; PRITCHETT, 1986), de que as características edáficas utilizadas nos estudos de relação solo-sítio são estimativas indiretas do regime hídrico e de nutrientes do solo.

## AGRADECIMENTOS

À DURAFLORA S/A, à RIPASA S/A CELULOSE E PAPEL, à COMPANHIA SUZANO DE PAPEL E CELULOSE, à EUCATEX FLORESTAL L TDA e à FLORIN - FLORESTAMENTO INTEGRADO S/A que gentilmente cederam as áreas experimentais e forneceram recursos materiais e humanos para os trabalhos de campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUTEN, J.T. Prediction of site index for yellow poplar from soil and topography. **Journal of forestry**, Washington, 43: 662-8, 1945.
- BARNES, R.L. & RALSTON, C.W. Soils factors related to growth and yield of slash pine plantations. **Florida Agricultural Experiment Station bulletin** (559): 1-23, 1955.
- BARROS, N.F. de **Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de *Eucalyptus alba* na região de Santa Bárbara, MG.** Viçosa, 1974. 88p. (Tese-Mestrado-UFV).
- BARROS, N.F. de. **Growth and foliar nutrient concentrations of *Eucalyptus grandis* in relation to spodosol properties in South Florida.** Gainesville, 1979. 174p. (Tese-Doutoramento-UFLA)
- BARROS, N.F. de et alii. Efeitos de doses e modo de aplicação de calcário a plantios de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20, Belém, 1985. **Programa e resumos.** Belém, SBCS, 1985a. p. 110.
- BARROS, N.F. de. et alii. Fertilização mineral de plantios de eucaliptos estabelecidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 20. Belém, 1985. **Programa e resumos.** Belém, SBCS, 1985b. p.110.
- BOWERSOX, T.W. & WARD, W.W. Prediction of oak site index in the ridge and valley region of Pennsylvania. **Forest science**, Washington, 18(3): 192-5, 1972.
- BROADFOOT, W.M. Problems in relating soil to site index for southern hardwoods. **Forest science**, Washington, 15(4): 354-64, 1969.

- BROWN, H.G. & LOEWENSTEIN, H. Predicting site productivity of mixed conifer stands in Northern Idaho from soil and topographic variables. **Soil Science Society of American proceedings**, Madison, 42: 967 -71, 1978.
- CARDENAS, A.C. **Exportação de nutrientes e produtividade de povoamentos de eucalipto no litoral norte do Espírito Santo**. Viçosa, 1987. 98p. (Tese- Mestrado - UFV).
- CARMEAN, W.H. Forest site quality evaluation in the United States. **Advances in agronomy**, New York, 27: 209-69, 1975.
- CARMEAN, W.H. Site quality for eastern hardwoods. **USDA. Forest Service. NE research paper**, Broomall, (144): 36-56, 1970.
- COILE, T.S. Soil and the growth of forests. **Advances in agronomy**, New York, 4: 329-98, 1952.
- COPELAND, O.L. Soil-Site index studies of western white Pine in the Northern Rocky Mountain Region. **Soil Science Society of American proceedings**, Madison, 22(3): 268-9. 1958.
- COUTO, H.T.Z. et alii. Comparison of two growth models for first and second rotation *Eucalyptus* plantations. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 19, Montreal, 1990. **Proceedings**. Montreal, IUFRO, 1990. p. 257-67.
- CREMER, K.W. et alii. Stand establishment. In: HILLIS, W.E. & BROWN, A.G. - ***Eucalyptus for wood production***. Adelaide, CSIRO, 1978. p. 81-135.
- DELLA-BIANCA, L. & OLSON, D.F. Soil. site studies in Piedmont hardwood and pine - hardwood upland forest. **Forest Science**. Washington, 7(4): 320-9, 1961.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. 1v.
- FRAYER, W.E. et alii. **FASTSCREEN: a computer program for screening all combinations of independent variables in univariate multiple linear regressions**. Fort Collins, CSU, 1971.23p.
- GONÇALVES, J.L.M. Interpretação de levantamento de solo para fins silviculturais. **IPEF**, Piracicaba (39): 65-72, 1988.
- GONÇALVES, J.L.M. et alii. Interações genótipo-solo entre sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns solos de baixo potencial produtivo do Estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba. (43/44): 40-9,1990.
- GRANEY. D.L. & FERGUSON. E.R. Shortleaf pine site-index relationships in the Ozark Highlands. **Soil Science Society of American proceedings**, Madison, 36(1): 495-500, 1972.

- GRANEY, D.L. & FERGUSON, E.R. Site-quality relationships for shortleaf pine in the Boston Mountains of Arkansas. **Forest Science**, Washington, 17(1): 16-22, 1971.
- GYSEL, L.W. & AREND, J.L. **Oak sites Southern Michigan: their classification and evaluation**. East Lansing, MSU/USDA, 1953.
- HAIG, I. T. **Colloidal content and related soil factors as indicators of site quality**. New Haven, Yale University, 1929. 33p.
- HANNAN, P.R. Topography & soil relations for white and black oak in Southern Indiana. **USDA. Forest Service. NC research paper**, St. Paul (25): 1-7, 1968.
- HEIBERG, S.O. & WHITE, D.P. Potassium deficiency of reforested pine and spruce stands in Northern New York. **Soil Science Society of American proceedings**, Madison, 15: 369-76, 1951.
- HICOCK, H.W. et alii.. The relation of forest composition and rate of growth to certain soil characters. **Connecticut Agricultural Experiment Station bulletin**. Storrs (330): 673-750, 1931.
- JACKSON, D.S. **Parameters of site for certain growth components of slash pine (*Pinus elliottii* Engelm.)**. Durham, Duke University School of Forestry, 1962. 118p. (Bulletin, 16).
- KARSCHON, R. & PRAAG, J. Growth of red gum (*Eucalyptus rostrata*) as influenced by depth of hardpan. **La Yaaran**, 4: 14-7, 1954.
- LEAF, A.L. Growth of forest plantations of different soils of Finland. **Forest Science**. Washington, 2: 121-6, 1956.
- LIN, C. et alii. The reg procedure. In: DELONG, D.M. **SAS/STAT Guide for personal computers**. 6. ed. Cary , SAS Institute, 1985. p.773-875.
- McQUILKIN, R.A. The necessity of independent testing of soil site equations. **Soil Science Society of American journal**. Madison, 40: 783-5. 1976.
- MADER, D.L. Soil-site productivity for natural stands of white pine in Massachusetts. **Soil Science Society of American journal**, Madison, 40: 112-5, 1976.
- MADER, D.L. & OWEN, D.F. Relationships between soil properties and red pine growth in Massachusetts. **Soil Science Society of American proceedings**, Madison, 25: 62-5, 1961.
- MÖLLER, G. Practical and economical aspects of forest fertilization. **Phosphorus in agriculture**, London, 62: 33-48,1974.

- NASCIMENTO, C.M. & PEREIRA, M.A.M.G. **Atlas climatológico do Estado de São Paulo: 1977-1988**. Campinas, Fundação Cargill, 1988. 93p.
- PHILLIPS, J.J. & MARKLEY, M.L. Site index of New Jersey sweetgum stands related to soil and water-table characteristics. **USDA. Forest Service. NE research paper**, Asheville (6): 1-25, 1963.
- PRITCHETT, W.L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. México. Limusa. 1986. 634p.
- PRITCHETT, W.L. & GOODING, J.W. Fertilizer recommendations for pines in the U.S. Southeastern coastal plain. **Florida Experiment Station bulletin**, (774): 1-21, 1975.
- RALSTON, C.W. Evaluation of forest site productivity. In: INTERNATIONAL REVIEW OF FOREST RESEARCH, New York, 1964. **Proceedings**. New York, Academic Press, 1964. v.1, p.171-201.
- RALSTON, C.W. Recognition and mapping of site types for afforestation. In: FAO WORLD SYMPOSIUM ON MAN-MADE FOREST AND THEIR INDUSTRIAL IMPORTANCE, Canberra, 1967. **Proceedings**. Canberra, 1967. v.1, p.172-87.
- REZENDE, G.C. et alii. Aplicação de fosfatos naturais em plantios de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista árvore**, Viçosa, 6: 74-83, 1982.
- SCHUTZ, C.J. **A review of fertilizer research on some of the more important conifers and eucalyptus planted in subtropical and tropical countries, with special reference to South Africa**. Pretoria, Department of Forestry, 1976. 89p.
- STONE, E.L. Magnesium deficiency of some northeastern pines. **Soil Science Society of American proceedings**, Madison, 17: 297-300, 1953.
- STROTHMANN, R.O. Evaluating the growth potential of aspen-lands in North Minnesota. **USDA. Forest Service. Lake States Forest research paper**, St. Paul (86): 1-20, 1960.
- TARRANT, R.F. Douglas-fir site quality and soil fertility. **Journal of forestry**, Washington, 47: 716-20, 1949.
- THONSON, G.W. & McCOMB, A.L. Growth of plantation black walnut in the relation to pH and certain chemical factors of the soil. **Forest science**, Washington, 8(4): 322-33, 1962.
- THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. **Publications in climatology**, Centerton, 8(1): 1-86, 1955.
- VAN RAIJ, B. et alii. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

- VETTORI, L. Métodos de análise de solo. **Boletim técnico. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo**, Rio de Janeiro (7): 1-24, 1969.
- VOIGT, G.K et alii. The effect of soil characteristics on the growth of quaking aspen in Northern Minnesota. **Soil Science Society of American proceedings**, Madison, 21: 649-52, 1957.
- WILDE, S.A. et alii. Growth of jack pine (***Pinus banksiana*** Lamb.) plantations in relations to fertility of nonphreatic sandy soils. **Soil Science**, Baltimore, 98: 162-9, 1964a.
- WILDE, S.A. et alii. Growth of red pine plantations in relation to fertility of nonphreatic sandy soils. **Forest Science**, Washington, 10: 463-70, 1964b.
- WRIGHT, R.G. & DYNE, G.M. Comparative analytical studies of site factor equations. In: PATIL, G.P.; PILEOU, E.C. & WATERS, W.E. **Proceedings of the International Symposium Statistical Ecology**. College Park, Pennsylvania State University Press, 1971. p.59-101.
- YADAV, J.S.P. & PRADASH, J. Soil suitability for *Eucalyptus hybrid* (Sym. *E. tereticornis* or *mysore gum*) plantations in Tarai and Bhabar region of Uttar Pradesh. **Indian forestry**, Dehra Dun, 95: 834-40, 1969.
- ZAHNER, R. Site - Quality relationships of pine forest in Southern Arkansas and Northern Louisiana. **Forest Science**. Washington, 4(2): 163-76, 1958.

# A Klabin respeita as necessidades naturais deste país.



## **Celulose e Papel**

IKPC nasceu há 54 anos para atender uma grande necessidade do Brasil: conquistar a auto-suficiência em matérias básicas como a celulose e papéis. E até hoje a Klabin continua contribuindo para isso.



**Produção.** Em conjunto, as empresas Klabin produziram em 1987 acima de 1.000.000 de toneladas de celulose, papel e produtos de papel. Cerca de 20% da produção nacional.



**Divisas.** A Klabin exporta seus produtos a muitos países. Traz divisas e destaque econômico ao Brasil: a Klabin é a maior produtora de papel e celulose da América Latina.



Indústrias Klabin de Papel e Celulose SA