

MARTÍN EUGENIO QUINTEROS DOLDÁN

DESENVOLVIMENTO DA ALTURA DOMINANTE DE *Pinus taeda* L. COMO
RESPOSTA AOS ESTÍMULOS DOS FATORES DO MEIO, NA REGIÃO DE
PONTA GROSSA

Dissertação submetida à consideração
da comissão examinadora no Curso de
Pós-Graduação em Engenharia Florestal
do Setor de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Paraná, como
requisito parcial para obtenção do
Título de "Mestre em Ciências-M.Sc."

CURITIBA

1987




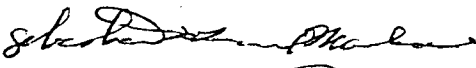
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato MARTIN EUGENIO QUINTEROS DOLDÁN, sob o título "ALTURA DOMINANTE DE Pinus taeda L, EM FUNÇÃO DOS FATORES DO MEIO AMBIENTE, NA REGIÃO DE PONTA GROSSA", para obtenção do grau de MESTRE EM CIÊNCIAS FLORESTAIS - Curso de Pós - Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, área de concentração: SILVICULTURA, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais. Observação: O critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 23 de fevereiro de 1987.


Professor Antonio Francisco Jurado Bellote, M.Sc
Primeiro Examinador


Professor Sebastião do Amaral Machado, Ph.D
Segundo Examinador


Professor Carlos Bruno Reissmann, DR.
Presidente

Ao meu pai "in memoriam"

À minha mãe.

Aos meus irmãos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Carlos Bruno Reissmann, pela orientação na realização deste trabalho, fornecimento de parte da literatura consultada, e por sua amizade.

Ao Prof. Sebastião do Amaral Machado, pela co-orientação deste trabalho, nos aspectos de uso das técnicas da dasometria, indicação de parte da literatura consultada, e por sua amizade.

Ao Prof. Arthur Santos Filho, pela co-orientação e valiosos aportes nos aspectos da interpretação das análises e classificação das unidades de solos deste trabalho, e por sua amizade.

Ao Ministerio de Agricultura y Ganaderia do governo paraguaio pela oportunidade da realização do curso.

Ao Governo Suiço através do DDA, pela ajuda financeira.

Ao Prof. Marcos L. de Paula Souza, pelas sugestões apresentadas na avaliação e interpretação da água do solo.

Ao Prof. Flávio Felipe Kirchner, pela ajuda na interpretação da análise estatística dos dados deste trabalho.

Ao Prof. Anselmo Chaves Neto, pela orientação dos conceitos na análise de regressão e emprego das técnicas da análise multivariada, e por sua amizade.

Ao ex-coordenador do Curso, Prof. José Henrique Pedrosa-Macedo, pela colaboração e amizade.

Ao Prof. Afonso Figueiredo Filho pela colaboração na correção gramatical e sugestões no ordenamento deste trabalho.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade da realização do curso.

Ao Engenheiro Jorge Enrique Glade, pela colaboração no processamento dos dados, e por sua amizade.

Aos funcionários dos Laboratórios do Departamento de Solos, pela colaboração na realização da maior parte das análises.

Aos funcionários da coordenação do Curso de Pós-Graduação e da Biblioteca do Setor de Ciências Agrárias, pela ajuda e amizade.

À FINEP - Projeto 2º Planalto, dentro do qual a dissertação foi desenvolvida.

À Empresa SLAVIERO S.A., por permitir a coleta de dados em povoamentos pertencentes a sua propriedade.

Finalmente a todos os colegas e amigos do Curso de Engenharia Florestal da UFPR, que possibilitaram uma convivência muito importante.

BIOGRAFIA DO AUTOR

MARTÍN EUGENIO QUINTEROS DOLDÁN, nasceu em Paraguari, Paraguay no dia 11 de novembro de 1954.

Realizou seus estudos primários e secundários na mesma cidade, concluindo o segundo grau no Colégio Nacional de Paraguari, em 1974.

Ingressou no Curso de Engenharia Florestal - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em 1975, concluindo em dezembro de 1978. Desde 1979 trabalha como pesquisador no "Centro Forestal Alto Paraná", Paraguay.

Em 1984, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, na opção Silvicultura, concluindo os créditos, como requisito para a obtenção do título de "Mestre em Ciências" - M.Sc., em junho de 1985.

S U M Á R I O

	<u>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</u>	ix
	<u>LISTA DE TABELAS</u>	xi
	<u>RESUMO</u>	xiii
1	<u>INTRODUÇÃO</u>	01
2	<u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	03
2.1	DEFINIÇÃO DE SÍTIO	03
2.2	CARACTERÍSTICAS DO SÍTIO	04
2.3	MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIOS FLORESTAIS ...	07
2.4	FORMAS DE EXPRESSAR O ÍNDICE DE SÍTIO (IS)	10
2.5	FATORES DO MEIO QUE AFETAM O CRESCIMENTO	13
2.5.1	Condições edáficas	13
2.5.2	Condições climáticas e topográficas	19
2.6	EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E ASPECTO DA FERTILIZAÇÃO EM CONÍFERAS	20
2.7	AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS PLANTAS	25
3	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	27
3.1	MEIO FÍSICO	27
3.2	CARACTERIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS	28
3.3	DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E TAMANHO DAS PARCELAS..	28
3.3.1	Amostragens de solo	29
3.3.2	Amostragens de acículas	29
3.3.3	Amostragens de árvores para análise de tronco.	29

3.4	DESCRIÇÃO, ANÁLISES E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	29
3.4.1	Caracterização morfológica	30
3.4.2	Análises físicas	30
3.4.3	Análises químicas	32
3.4.4	Critérios adotados na classificação de solos..	32
3.5	ANÁLISES QUÍMICAS DAS ACÍCULAS	34
3.6	ANÁLISES DE TRONCO	35
3.7	CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE INCREMENTO MÉDIO ANUAL (IMA) E INCREMENTO CORRENTE ANUAL (ICA)	36
3.8	SELEÇÃO PRELIMINAR DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES..	36
3.9	MÉTODOS DE SELEÇÃO DE VARIÁVEIS	36
3.9.1	Método de "STEPWISE"	37
3.9.2	Análise dos componentes principais (ACP)	38
3.10	AJUSTES DOS MODELOS DE REGRESSÃO	40
3.10.1	Ajustes das regressões com variáveis seleciona- das por "STEPWISE"	41
3.10.2	Ajuste da regressão com variáveis selecionadas por ACP	42
3.10.3	Acuracidade dos modelos de regressão	42
3.11	ESCORES PADRONIZADOS DA VARIÁVEL DEPENDENTE	43
3.12	CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIOS	43
3.12.1	Modelo para a estimativa das alturas	44
3.12.2	Estatísticas da regressão	44
3.12.3	Escolha da idade índice, classes e limites dos Índices de sítios	44
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	46
4.1	MORFOLOGIA, PROPRIEDADES FÍSICAS E TIPOS DE SO- LOS	46

4.2	NÍVEIS DE NUTRIENTES NAS ACÍCULAS E NOS SOLOS ...	53
4.3	DADOS E RESULTADOS OBTIDOS DA ANÁLISE DE TRONCO..	56
4.3.1	Descrição do desenvolvimento das alturas das árvores, em relação às idades e locais	56
4.3.2	Análise das curvas de incrementos	59
4.4	PROCESSAMENTO ESTATÍSTICO DAS VARIÁVEIS	61
4.4.1	Variáveis selecionadas preliminarmente	61
4.4.2	Correlação linear simples entre as variáveis ..	62
4.4.3	Variáveis selecionadas por "STEPWISE" e equa- ções ajustadas para estimativas das alturas ...	62
4.4.4	Variáveis selecionadas por ACP e ajuste da equa- ção para estimativa das alturas	65
4.4.5	Análises de variâncias dos modelos ajustados por regressão	69
4.4.6	Acuracidade dos modelos de regressão	70
4.4.7	Análise de normalidade da variável resposta	73
4.5	CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO	73
4.5.1	Limites das classes de sítios na idade índice...	75
4.5.2	Limites de índice de sítio por idades e classes de qualidades	76
4.5.3	Classificação dos dez locais em classe e índice de sítio	76
5	<u>CONCLUSÕES</u>	79
	<u>SUMMARY</u>	82
	<u>APÊNDICES</u>	84
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	111

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA

1	CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA, PARA VALORES MÉDIOS DOS HORIZONTES A	51
2	CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA, PARA VALORES MÉDIOS DOS HORIZONTES B	52
3	ALTURA TOTAL (h _{dom}) EM RELAÇÃO ÀS IDADES CORRESPONDENTES PARA OS DEZ LOCAIS	56
4	INCREMENTO MÉDIO E CORRENTE ANUAL DO DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP)	59
5	INCREMENTO MÉDIO E CORRENTE ANUAL DA ALTURA TOTAL	60
6	INCREMENTO MÉDIO E CORRENTE ANUAL DO VOLUME	60
7	RESÍDUOS PADRONIZADOS (D) DA VARIÁVEL RESPOSTA EM RELAÇÃO ÀS ALTURAS ESTIMADAS PELO MODELO A	64
8	RESÍDUOS PADRONIZADOS (D) DA VARIÁVEL RESPOSTA EM RELAÇÃO ÀS ALTURAS ESTIMADAS PELO MODELO B	64

FIGURA

9	AUTO-VALORES E VARIÂNCIAS ACUMULADAS DOS TREZE COMPONENTES PRINCIPAIS	66
10	RESÍDUOS PADRONIZADOS (D) DA VARIÁVEL RESPOSTA, EM RELAÇÃO ÀS ALTURAS ESTIMADAS PELO MODELO C	69
11	RELAÇÃO DAS ALTURAS OBSERVADAS E ESTIMADAS PARA OS DEZ LOCAIS, ATRAVÉS DO MODELO A	71
12	RELAÇÃO DAS ALTURAS OBSERVADAS E ESTIMADAS PARA OS DEZ LOCAIS, ATRAVÉS DOS MODELO B	72
13	RELAÇÃO DAS ALTURAS OBSERVADAS E ESTIMADAS PARA OS DEZ LOCAIS, ATRAVÉS DO MODELO C	72
14	ESCORES PADRONIZADOS DA VARIÁVEL RESPOSTA	73
15	CURVAS ANAMÓRFICAS DE ÍNDICE DE SÍTIOS	74

LISTA DE TABELAS

TABELA

1	TEORES DE NUTRIENTES COM SUPRIMENTO BOM E DEFICIENTE PARA AS ESPÉCIES DE <i>Pinus</i> spp E NÍVEIS CRÍTICOS PARA <i>Pinus taeda</i> EM ACÍCULAS DE UM ANO	22
2	RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS SELECIONADAS PRELIMINARMENTE	49
3	MATRIZ DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS...	50
4	RELAÇÃO DA ALTURA MÉDIA COM A IDADE, OBTIDOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE TRONCO PARA OS DEZ LOCAIS	57
5	VALORES DOS INCREMENTOS MÉDIOS E CORRENTES ANUAIS OBTIDOS DA ANÁLISE DE TRONCO	58
6	AUTO-VALORES E VARIÂNCIAS RELATIVAS E ACUMULADAS DOS COMPONENTES PRINCIPAIS	65
7	AUTO-VETORES DOS CINCO PRIMEIROS COMPONENTES PRINCIPAIS	67
8	ANOVA DO AJUSTE COM AS VARIÁVEIS X_4 , X_5 E X_{10}	69
9	ANOVA DO AJUSTE COM AS VARIÁVEIS X_3 , X_4 , X_5 , X_{10} E X_{12}	70

TABELA

10	ANOVA DO AJUSTE COM AS VARIÁVEIS X_2 , X_4 , X_5 , X_{10} E X_{12}	70
11	VALORES MÉDIOS DE hdom OBSERVADOS E ESTIMADOS PE- LAS TRÊS EQUAÇÕES, PARA OS DEZ LOCAIS	71
12	LIMITES DE CLASSES DE SÍTIO NA IDADE ÍNDICE	75
13	LIMITES DE ÍNDICE DE SÍTIO POR IDADE E CLASSE DE QUALIDADES	77
14	CLASSIFICAÇÃO DOS DEZ LOCAIS EM CLASSE E ÍNDICE DE SÍTIO	78
15	RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO.	98
16	DADOS DE ANÁLISES QUÍMICA FOLIAR - REPETIÇÃO 1..	109
17	DADOS DE ANÁLISES QUÍMICA FOLIAR - REPETIÇÃO 2..	110

RESUMO

Este estudo consistiu na caracterização de sítios em povoamentos puros de *Pinus taeda* L., com idades em torno de quinze anos, localizados próximo à cidade de Ponta Grossa, no segundo Planalto do Estado do Paraná (Brasil). Foram determinados no povoamento, dez locais diferentes, abrangendo vários tipos de sítios representativos dos padrões de crescimento local. Nestes sítios, foram medidos os declives e tomadas amostras de solos dos horizontes dos perfis estudados. Coletaram-se também acículas e discos de troncos das árvores dominantes e codominantes. A partir das análises das amostras foram obtidos dados qualitativos e quantitativos das variáveis consideradas de maior importância, na tentativa de explicar os fatores limitantes que atuam no local da pesquisa. Através da análise de regressão linear simples entre a variável dependente (altura dominante) e variáveis obtidas através das análises e medições, foram previamente selecionadas treze variáveis, que apresentaram significância do teste F a $P = 0,95$ de probabilidade, as quais foram submetidas a dois métodos de seleção de variáveis: "STEPWISE" e análise dos componentes principais (ACP). O "STEPWISE" selecionou as variáveis: teores de Zinco e Nitrogênio das acículas e o esqueleto do solo para um F de entrada e saída de $P = 0,90$ de probabilidade; incluindo ainda as variáveis: capacidade de retenção de água no solo e teores de Cobre nas acículas, quando foi reduzido o nível de significância do teste F (significância quando o valor de $F \geq 0,5$). A ACP selecionou as seguintes variáveis: teores de Nitrogênio, Zinco e Cobre foliares, esqueleto e profundidade do horizonte superficial do solo. Os três grupos de variáveis foram ajustados através de regressão linear múltipla pelo método dos mínimos quadrados ordinários, sendo os testes F das regressões significantes para os três modelos; os valores dos coeficientes de determinação (R^2) foram iguais a 0,91, 0,92 e 0,91, respectivamente. Estas variáveis foram consideradas as mais limitantes para o crescimento do *Pinus taeda* L., na região. No local ocorrem quatro classes de solos (Litólico, com B câmbico, B textural e B latossólico), as quais associados aos fatores morfológicos, físicos e químicos e às características do meio (relevo e posição do sítio na paisagem), são as que determinam os diversos padrões de crescimento observados. Na análise dos incrementos correntes e médios anuais supõe-se que os sítios bons são mais sensíveis aos efeitos climáticos. Classificou-se os locais em cinco diferentes classes de sítios, com a finalidade de correlacioná-los com os fatores limitantes, através da simples medição de alturas a uma dada idade, especificamente para povoamentos nas condições dos locais estudados.

1 INTRODUÇÃO

A importância de caracterizar sítios florestais teve seus primórdios principalmente nos países europeus e nos Estados Unidos da América do Norte, encontrando-se na literatura grande número de trabalhos a partir das primeiras décadas do século presente.

No Brasil, citam-se trabalhos bem recentes, com a mesma finalidade, principalmente para povoamentos implantados de coníferas (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Kuntze. e *Pinus* spp) e folhosas como *Eucalyptus* spp.

Estes estudos, entre outros aspectos facilitam a classificação de sítios adequados para uma espécie determinada, pois as exigências do meio são geralmente restritas para uma espécie ou grupo de espécies. Deve-se considerar neste sentido, que os fracassos dos empreendimentos florestais, em muitos casos são devidos à ausência de uma prévia zonificação adequada.

Por esta razão há necessidade de aprofundar as discussões principalmente quanto aos aspectos edáficos, nutricionais e econômicos, considerando-se o objetivo final de produzir mais por superfície no menor prazo possível, a fim de atender à demanda de madeira cada vez mais exigente, qualitativa e quantitativamente. Tendo em consideração estes aspectos, os

objetivos gerais e específicos deste estudo foram:

- a) correlacionar a altura média de árvores dominantes em relação aos fatores edáficos, nutricionais e topográficos, para verificar quais das características, elementos do solo e nutrientes das acículas correlacionam-se significativamente com a altura;
- b) determinar regressões de estimativas das alturas em função dos parâmetros analisados no item a;
- c) obter elementos e critérios, que possam ser utilizados para a classificação de terras em programas de florestamento e reflorestamento com *Pinus taeda* L.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DEFINIÇÃO DE SÍTIO

Sítio, em termos florestais pode ser definido como uma área de terras, com a combinação das características e propriedades do solo, topografia, clima e fatores bióticos; já a "qualidade de sítio", como a capacidade de produtividade de uma área de terras para uma espécie ou várias espécies.

Pode ser expresso em termos de altura total de árvores dominantes a uma idade índice, quando a qualidade de sítio é expressa em termos de altura em uma dada idade, isto é chamado de Índice de sítio (COILE¹³).

HÄGGLUND & LUNDMARK³⁶ em um estudo de estimativa do índice de sítio para *Pinus silvestris* L e *Picea excelsa* Link na Suécia, definiram o Índice de sítio como sendo a altura dominante à idade de 100 anos (h100), e consideraram a altura dominante como a média aritmética das alturas das 100 árvores de maior diâmetros por hectare.

Segundo a "SOCIETY OF AMERICAN FORESTRY"* , citados por ISOLAN⁴⁶ , "sítio" é a área considerada no tocante a seus fatores ecológicos com relação à capacidade de produzir bosques ou outra vegetação, sendo que o "Índice de sítio" é a expressão

* SOCIETY OF AMERICAN FORESTRY. Terminologia forestal. Caracas, Venezuela, Ministério de Agric. y Ganadería, 1950. 5 p.

da qualidade de sítio, baseada na altura da copa dominante a uma idade escolhida arbitrariamente.

SPURR & BARNES⁸⁶, definiram a "qualidade de sítio", como sendo a soma total de todos os fatores que afetam a capacidade de produzir floresta ou outra vegetação, incluindo os fatores climáticos, edáficos e biológicos.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO SÍTIO

Segundo DANIEL *et alii*¹⁵ a qualidade do sítio é a soma de vários fatores ambientais, incluindo a profundidade e textura do solo, características dos perfis, composição mineral, grau de declividade, exposição, microclima, espécies que habitam o sítio, e outros mais.

BARROS⁵, em um estudo do relacionamento entre os fatores edafo-climáticos e do relevo em plantações de *Eucalyptus alba* no estado de Minas Gerais, coletou amostras compostas de solo dos horizontes A e até 0,50 m aproximadamente do horizonte B, considerando que a maior porcentagem de raízes está nessa profundidade. Relacionando o relevo com o crescimento, mencionou que de modo geral o incremento reduz-se com o aumento da declividade.

Segundo COILE¹³, os principais fatores que afetam a distribuição das raízes nos povoamentos florestais podem ser: clima, solo, topografia e o hábito inerentes às próprias raízes das árvores. Mencionando também que a topografia do terreno, o grau e a extensão da declividade, influem no movimento de água superficial e subterrânea, e que declividades suaves tem um maior potencial de abastecimento de água do que fortes declividades, com a mesma precipitação.

ZAHNER⁹⁸ relacionando grupos de solos com as curvas de Índice de sítio para *Pinus taeda* L no sul de Arkansas (E.U.A.), concluiu que a qualidade de sítio em solos zonais bem desenvolvidos aumentam com o conteúdo de argila do subsolo a níveis em torno de 35%, decrescendo com valores maiores. Em solos mal desenvolvidos, a qualidade de sítio aumenta com valores de silte + argila em torno de 65%, também declinando com valores além dessa percentagem.

WILDE⁹⁵, estudando os fatores do sítio que influenciam no crescimento da altura de árvores de *Pinus resinosa* Sd. nos E.U.A., mencionou que as irregularidades do crescimento foram causadas principalmente por deficiências nutricionais nas camadas superficiais exauridas por fogo ou uso agrícola excessivo, severa podzolização, variação no abastecimento de nutrientes pelo substrato, posição do lençol freático e estágio de crescimento de ervas daninhas.

CARMEAN¹², relata que nos últimos anos o método indireto de estimativa da qualidade de sítios, tal como o método solo-sítio recebeu mais atenção, considerando que o mesmo tende a explicar de 65 a 85% da variação das alturas das árvores observadas na amostragem realizada no campo. Quando as árvores não são adequadas para medições diretas do Índice de sítio, menciona esse autor, que os estudos solo-sítio são particularmente úteis, tais como em povoamentos jovens, ou com idades diferentes ou ainda fortemente devastados.

ASSMANN², referindo-se ao crescimento das árvores em relação ao tipo de sítio, mencionou que a inflexão na curva de crescimento, primeiro ocorre para sítios bons, e posteriormente para sítios ruins. Deste modo, a assintótica do incremento ocorre primeiro nos sítios bons.

Segundo SPIECKER⁸⁴, os fatores externos à planta que influenciam no crescimento são: luz, temperatura, água, nutrientes e CO₂, e que a disponibilidade destes elementos para cada árvore depende da densidade do povoamento.

PRITCHETT⁶⁷, referindo-se aos fatores que influem na produtividade da floresta, agrupou-os em fatores bióticos (biológicos) e abióticos (físicos). Entre os fatores biológicos considerou a densidade do povoamento, variabilidade genética, composição da vegetação, doenças e problemas ocasionados por insetos, como os de maior importância. Os fatores abióticos foram agrupados em clima, fisiografia e variáveis do solo.

GOOR³², para o caso específico da região Sul do Brasil, afirmou que a classificação de solos para plantios florestais deve ser relacionada com a produção de madeiras e que suas conseqüências econômicas precisam ser baseadas no mesmo critério utilizado para agricultura, e mencionou que muitas vezes, as áreas inadequadas à agricultura são reservadas para reflorestamento, sendo uma concepção errônea de sérias conseqüências.

Em estudos realizados por ZAHNER⁹⁷ nos E.U.A., relacionando os fatores do sítio com o crescimento de *Pinus taeda* L e *Pinus echinata* Mill., encontrou correlações positivas entre a profundidade do horizonte A e o Índice de sítio para ambas as espécies. Sítios ruins encontravam-se geralmente associadas a fortes pendentes, altos valores de silte + argila, solos rasos e áreas ocupando os vales das pendentes. Os melhores sítios foram associados independentes da topografia com solos de textura franca nos horizontes superficiais e subsolo de textura franco-argilosa.

GESSEL²⁹, mencionou um fato interessante, de que a produtividade está fortemente correlacionada com a velocidade de reciclagem dos elementos minerais necessários ao crescimento, e que em muitos casos, um determinado elemento presente em pequenas quantidades porém com rápida taxa de reciclagem pode não ser um fator crítico do sítio; ao contrário outros elementos presentes em maiores quantidades mas com uma lenta taxa de reciclagem, pode ser um fator crítico do sítio.

2.3 MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIOS FLORESTAIS

HÄGGLUND³⁵, fez uma análise detalhada das diferentes formas de estimar a produtividade do sítio, e mencionou que a "produtividade do sítio" representado pelo Índice de sítio, incremento médio anual, ou outras variáveis do povoamento, é uma função das variáveis do povoamento (altura, idade, etc.), das variáveis do sítio (clima, solo, crescimento da vegetação, etc.), e da combinação das variáveis do povoamento e do sítio.

ZAHNER⁹⁸ em seu trabalho sobre relação de grupos de solo com as curvas de Índice de sítio para *Pinus taeda* L. no sul de Arkansas utilizou o modelo estabelecido por SCHUMACHER* modificado, para estimar a altura do povoamento

$$\begin{aligned} \log h = & b_0 + b_1(1/Idade) + b_2(\text{fator A do sítio}) + \\ & + b_3(\text{fator B do sítio}) + \dots + b_n(\text{fator N do sítio}) \end{aligned}$$

Jã HOOGH *et alii*⁴² em um estudo sobre as relações entre solo, sítio e nutrição para povoamentos plantados de *Araucaria angustifolia* no Sul do Brasil, analisaram as relações entre

* SCHUMACHER, F.X. A new growth curve and its application to timber - yield study. J. For., 37: 819-20, 1939.

Índice de sítio e os fatores do sítio e entre o Índice de sítio e o teor de nutrientes das acículas através do seguinte modelo linear:

$$IS = b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

onde:

IS = Índice de sítio;

X_i = fator do sítio $i = 1, 2, \dots, n$

b_i = coeficientes a ser determinados por mínimos quadrados $i = 1, 2, \dots, n$

BARNES & RALSTON⁴ estudando os fatores do sítio relacionados com o crescimento e produção em plantações de *Pinus elliottii*, utilizaram o modelo proposto por SCHUMACHER para estimar a altura.

$$\text{Log } h = b_0 + b_1 \frac{1}{I}$$

onde:

$\text{Log } H$ = logaritmo da altura média dominante na plantação;

I = idade;

b_0 e b_1 = coeficientes a serem estimados.

Os mesmos pesquisadores acrescentaram à equação básica de SCHUMACHER uma série de variáveis relacionadas com os fatores do solo.

MACHADO⁵⁸ em estudos de Índice de sítio para plantações de *Pinus taeda* L. na região central do estado do Paraná, usou o modelo proposto por PRODAN⁶⁹ para representar as curvas de crescimento, em altura:

$$h = I^2 / (a + bI + cI^2)$$

onde:

h = altura total em metros;

I = idade total do plantio;

a, b, c = coeficientes da equação.

Os dados foram obtidos por análises de tronco, e o autor indicou que as curvas construídas representavam dados reais, recomendando portanto, tais curvas para classificação da capacidade produtiva de *Pinus taeda* na região central do Paraná.

HUSCH *et alii*⁴⁴ mencionaram que a qualidade do sítio estimada a partir de características do solo tem várias vantagens devido ao fato de que o solo é comparativamente estável em suas propriedades. Uma evolução da qualidade do sítio baseada nas características do solo poderá ser feita na presença ou ausência da floresta. Estes autores citam o modelo proposto por PRODAN⁶⁹ como o mais comumente utilizado, com a altura dominante ou IS como a variável dependente e um número de características do solo e outras características do meio ambiente como as variáveis independentes.

ISOLAN⁴⁶ depois de testar vários modelos, tais como o linear, geométrico e logarítmico, utilizou o modelo logístico $y_i = \beta_0 / (1 + \beta_1 e^{-\beta_2 x_i})$ para representar a curva de crescimento, onde:

y_i = altura;

x_i = idade

β_0 = valor de y no nível de saturação de crescimento;

β_1 = taxa de crescimento da curva (vel. de aceleração);

β_2 = taxa de crescimento da curva (vel. de desaceleração).

PRITCHETT⁶⁷ mencionou que pragmaticamente os objetivos dos avaliadores da produtividade de sítios florestais são selecionar poucas e fáceis medidas de solo e fatores do sítio que integrem todos os outros fatores que são importantes ao crescimento de uma espécie particular sobre uma dada área.

McQUILKIN & ROGERS⁶⁰ estudaram a precisão das funções de predição de Índice de sítio em povoamentos de *Quercus* spp com idades variando entre 0-80 anos e observaram que os erros para estimar IS de povoamentos coetâneos através de funções de IS foram de três fontes:

- a) predição de Índice de sítio de amostras individuais de árvores a partir de regressões de Índice de sítio/altura;
- b) variação entre as alturas de árvores das amostras em povoamentos coetâneos; e
- c) erros de medição.

2.4 FORMAS DE EXPRESSAR O ÍNDICE DE SÍTIO (IS)

BARNES & RALSON⁴ mencionam que na floresta a qualidade de um sítio para produzir madeira é expressa em termos de média das alturas das árvores dominantes produzidas na área em um dado período de tempo. O método proposto por estes pesquisadores consiste de duas fases:

- a) estabelecimento de relações entre as propriedades do solo e o crescimento em altura, fornecendo assim um método de estimativa da qualidade de sítio, e
- b) estabelecimento de relações entre a produção de madeira e qualidade de sítio, idade e espaçamento.

HÄGGLUND³⁵ distingue três tipos diferentes de expressões para produtividade de sítios, tais como:

- a) "Índice de sítio", sendo a altura dominante média das 100 maiores árvores por hectare;
- b) incremento médio anual da altura e uma idade pré-determinada;
- c) outras características do povoamento.

Afirma ainda, que a razão para usar a altura dominante como indicador da produtividade do sítio, é por ser ela pouco influenciada pela densidade do povoamento.

WAKELY & MARRERO⁹¹, salientam como uma restrição que a construção de curvas de Índice de sítio de povoamentos jovens freqüentemente apresentam grandes erros.

Segundo BRUM¹¹, a qualidade do sítio tem sido analisada através de fatores do ambiente que tenham uma estreita correlação com o crescimento; ou então medindo-se diretamente este crescimento como resultado das condições ambientais.

GOLFARI³¹, ressalta a importância de tomar a altura como índice orientativo, considerando também que seu incremento não está, dentro de certos limites, influenciado pela densidade do povoamento.

No entanto JACKSON*, citado por JACKSON & GIFFORD⁴⁸ mencionou que a melhor medida de produtividade para um determinado sítio é sem dúvida o volume total do povoamento ou incremento da matéria seca, expressa como uma média sobre a rotação, ou como um incremento periódico relacionado à idade do povoamento.

* JACKSON, D.S. Parameters of site for certain growth components of slash pine. Bulletin. Duke University. School of Forestry, 16, 1962.

CARMEAN¹² menciona que a altura de árvores vem sendo utilizada a vários anos como a variável dependente em estudos de solo-sítio e que a idade em conjunto com todas as outras variáveis do solo, da topografia e do clima, como as variáveis independentes.

Segundo esse pesquisador, o Índice de sítio é somente um índice da capacidade de crescer de uma certa espécie de árvore sobre vários tipos de terras florestais, e que esses índices são muito mais úteis se possível fortalecer a ligação entre o Índice de sítio e tabelas de produção, tanto para povoamentos não manejados como manejados.

Segundo SPURR & BARNES⁸⁶, ASSMANN², COILE¹³ e KRAMER & KOZLOWSKI⁵³, existe concordância no sentido de que a altura total das árvores dominantes é a medida de crescimento mais indicativa da qualidade de sítio, sendo também, menos influenciada pela densidade do povoamento.

ALDER¹ menciona que a primeira etapa para construir modelos de crescimento e produção consiste na elaboração das curvas de altura/idade correspondente a diversas classes de sítio, em que também é utilizada a altura dominante como Índice de sítio.

Sempre o interesse principal é avaliar o volume de madeira produzido. No entanto, além da idade, o crescimento em volume depende tanto da densidade do povoamento como da qualidade de sítio. Por outro lado, sua medição é tecnicamente trabalhosa. Como uma medida que somente seja influenciada pelos fatores do sítio, numerosos pesquisadores têm demonstrado que a altura de árvores dominantes de um povoamento coetâneo preenchem estes requisitos (ZÖTTL *et alii*¹⁰¹).

PIENAAR & SHIVER⁶⁶ não encontraram diferenças significativas influenciadas pela densidade do povoamento no crescimento em altura, em estudo feito em plantações de *Pinus elliottii* não devastados até 36 anos de idade na África do Sul, com densidades variando de 150-1200 árvores por acre.

CURTIS *et alii*¹⁴ afirmaram que estimativas de Índice de sítio baseadas sobre equações de crescimento em altura são obviamente muito mais variáveis à idades jovens.

2.5 FATORES DO MEIO QUE AFETAM O CRESCIMENTO

Quando se estuda os fatores do meio ambiente que influenciam no crescimento de um povoamento florestal, deve-se considerar as condições edáficas, climáticas e topográficas do lugar, como também à capacidade inerente à própria árvore para extrair nutrientes do solo. Este último fator é comumente avaliado através da relação solo-planta, particularmente através de análise foliar, estabelecendo níveis críticos para os macro e micronutrientes de uma determinada espécie. Com isto, através de uma simples análise posteriormente poder-se-á conhecer o "status" do nutriente considerado.

2.5.1 Condições edáficas

Para COILE¹³ as propriedades do solo que podem ser significativamente correlacionadas com o crescimento florestal em uma região podem não o ser em outra região, devido a espécies diferentes de árvores, clima, duração da estação de crescimento, duração do dia, ou ação de outros fatores limitantes do solo.

Entre as propriedades físicas e químicas do solo que apresentam alta correlação com o crescimento citam-se: a textura, distribuição do espaço poroso, capacidade de armazenamento de água, troca de volume do solo com o conteúdo de umidade do solo, matéria orgânica na forma incorporada e não incorporada, e as deficiências de nutrientes essenciais ao crescimento.

HICKOCK *et alii**, citado por COILE¹³ num estudo do relacionamento entre o Índice de sítio e as propriedades do solo de povoamentos jovens de *Pinus resinosa* em Connecticut, encontraram baixo grau de correlação entre o Índice de sítio e atributos individuais do solo, tais como textura, caracter do horizonte A e do subsolo, além da série de solos. No entanto, não houve correlação entre a acidez de alguns horizontes e o Índice de sítio. Encontraram boas correlações entre o Índice de sítio e os conteúdos de silte + argila nos horizontes A, quando a soma foram maiores de 25%. O conteúdo de Nitrogênio total do horizonte mostrou uma melhor correlação com o Índice de sítio do que qualquer dos fatores analisados.

ZAHNER & HEDRICH⁹⁹, mostraram que sobre solos arenosos, particularmente, um incremento na proporção de areia muito fina (0,05-0,10 mm de diâmetro) aumentou marcadamente o total de água disponível retido no perfil do solo. Altas proporções de areia muito fina foram associadas em todos os casos com altos índices de sítio.

* HICKOCK *et alii*. Connecticut Agr. Exp. Sta. Bull., 330, 1931.
73 p.

JACKSON & GIFFORD⁴⁸ em povoamento de *Pinus radiata*, na Nova Zelândia, ao relacionar a profundidade do solo com o incremento em volume, concluíram que para profundidades efetivas do solo entre 10-60 cm, ocorria um rápido incremento, acima da qual a influência da profundidade, tornava-se baixo no incremento volumétrico.

LINARTZ⁵⁵ relacionando o solo e as características topográficas influenciando na qualidade do sítio em povoamentos de *Pinus spp* no sul dos E.U.A., concluiu que o Índice de sítio de *Pinus taeda* L. aumenta com o aumento da profundidade e a camada mínima permeável no perfil do solo, mas diminui quando aumentam no subsolo o conteúdo de areia e o pH.

GAISER²⁶ trabalhando com *Pinus taeda* L. nos E.U.A. concluiu que a variação no nível de nutrientes do solo, não mostrou afetar tão grandemente o crescimento como as diferenças nas propriedades físicas do solo.

Segundo PRITCHETT⁶⁷ o solo é a maior característica do habitat que influencia o crescimento de plantas, e destaca que entre suas principais propriedades encontram-se, a textura, estrutura, temperatura, pH e fertilidade, umidade e aquelas relacionadas com o material de origem.

Mencionou ainda, que os solos arenosos com lençol freático profundo são geralmente considerados como sítios ruins, enquanto que os mesmos solos sob lençol freático próximo à superfície, apresentam uma compensação pelo seu poder de armazenamento, tornando-se bastante produtivos.

GOOR³² após estudar todos os tipos de solos plantados com *Pinus elliottii* na região de São Paulo recomendou que os solos dos grupos LVa, LEE e RPV-RLV devem ser tidos como não

apropriadas para o plantio desta espécie, quando a quantidade de Ca^{++} trocável for menor que 0,75 meq/100 g de solo ou menor que 1 meq $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ /100 g de solo. Isto sendo particularmente importante para regiões secas e quentes com clima CWa.

Para ZÖTTL *et alii*¹⁰¹, mesmo o solo sendo profundo; "a profundidade efetiva" pode limitar-se às raízes devido a horizontes cimentados com Fe, Al ou Mn, ou então de camadas endurecidas dentro do solo. Tais camadas podem estar cimentadas por sílica ou carbonato de cálcio em regiões secas.

Esses pesquisadores comentam que, em vários estudos realizados nos E.U.A. relacionando o Índice de sítio com as propriedades do solo, encontraram uma relação direta entre o crescimento em altura e o aumento de silte e argila do solo.

GAVANDE²⁸ afirmou que a estrutura do solo não afeta diretamente as plantas, e sim através de um dos quatro fatores seguintes: aeração, compactação, relações de água e temperatura, além das interações entre elas. Mencionou que a boa agregação do solo nos latossolos, são devidos, em grande parte, aos sesquióxidos de Fe e Al que formam colóides irreversíveis, ajudando a formar agregados estáveis à ação da água.

GORDILLO & MUSALEN³⁴ num estudo da qualidade de sítio para *Pinus hartwegii* Lind no México encontraram boas correlações entre o incremento em altura e o conteúdo de matéria orgânica do horizonte "A" e do horizonte "A + B" respectivamente.

Segundo JORGE⁵⁰ e LOWRY⁵⁷ a matéria orgânica do solo no aspecto das propriedades químicas do solo afeta a sua CTC, capacidade de formar quelatos e seu poder tampão, em quanto

às propriedades físicas afeta, a sua estrutura, capacidade de retenção de água, plasticidade e pegajosidade e sua cor.

ISOLAN⁴⁶ num estudo de qualidade de sítio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na Costa Rica, verificou que a drenagem e seus efeitos correlacionados (nível da capa freática e profundidade das raízes) foi o principal fator limitante de ordem física para o crescimento dessa espécie; considerando uma precipitação local alta (em torno a 1.700 mm), e não ocorrendo limitações de ordem nutricional.

GESSEL²⁹ menciona a dificuldade de obter medidas acuradas relacionadas com a produção da floresta, especialmente os fatores do solo, afirmando que o solo é apenas um fator no complexo do "sítio", sendo que para uma apropriada avaliação dos efeitos das propriedades do solo na produção, podem ser exploradas somente quando os outros fatores do sítio que influenciam no crescimento se mantêm constantes, ou aproximadamente constante.

SALTER *et alii*⁷⁶ encontraram correlações positivas entre a água disponível e areia fina, limo e carbono, e negativa para areia grossa e a água disponível.

MEDINA⁶¹ considera que a medida de capacidade de campo deve variar com a textura e a matéria orgânica e apresentou valores de: 1 atm. para solos argilosos e orgânicos; 1/3 atm. para solos argilosos e barrentos; e 1/10 atm. para solos limosos e arenosos, e como ponto de murcha permanente 15 atmosferas.

FREIRE²⁵ afirma que a representação em curva de retenção da umidade do solo, permite uma avaliação precisa e rápida da disponibilidade de água dos solos para as plantas.

Segundo MEDINA & GROHMANN⁶² num estudo de disponibilidade de água no cerrado, acharam que os solos de texturas intermediárias, como os barrentos, apresentaram maior disponibilidade que os argilosos, e estes mais que os arenosos.

SOUZA *et alii*⁸³, afirmaram que os principais fatores que afetam a retenção de água no solo são: granulometria, tamanho e distribuição dos poros, conteúdo de matéria orgânica, e frizaram que a exceção à granulometria, todos os demais fatores são possíveis de serem alterados pela presença do povoamento florestal. Estes mesmos pesquisadores compararam a capacidade de retenção de água entre um solo com povoamento de *Pinus* sp com 12 anos de idade e solos de campo nativo, concluindo que o primeiro (solo com *Pinus* sp) teve maior capacidade de armazenamento de água. Estes estudos foram realizados em duas unidades de solos pertencentes ao grupo Podzólico Vermelho-Amarelo.

Em pesquisas realizadas por MOEHRING & RALSON⁶³ em povoamentos de *Pinus taeda*, encontraram uma relação direta entre o incremento médio diário do diâmetro e a percentagem de umidade em dois tipos diferentes de solos, também mencionaram que em muitos casos uma rápida evapo-transpiração causa a diminuição temporária do diâmetro.

Para LOWRY⁵⁷ dentro de uma dada região, dois fatores parecem ser os que mais afetam o Índice de sítio: a umidade e nutrientes do solo.

PRITCHETT⁶⁷ mencionou que em recentes pesquisas vem sendo dada grande ênfase aos fatores da fertilidade do solo, mas afirma que a disponibilidade de água ainda parece ser a mais importante e determinante da produtividade de muitas espécies de árvores.

2.5.2 Condições Climáticas e Topográficas

HICKS & FRANK³⁸ no oeste da Virginia, acharam que a exposição correlaciona-se com muitas variáveis do solo, do sítio e das espécies, sendo que algumas negativamente e outras positivamente, afirmando que direta ou indiretamente afeta muitas das propriedades químicas dos horizontes superficiais do solo, e portanto o crescimento das árvores.

HOCKER⁴⁰ estudando a influência de alguns parâmetros climáticos em relação à distribuição de *Pinus taeda* L., chegou a conclusão que a média da temperatura e a frequência e intensidade da precipitação durante a estação de inverno e verão, parecem ser os fatores que mais contribuem para a delimitação da sua distribuição.

Já BETHUNE relacionando a distribuição de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. a certos fatores do clima, afirmou que a distribuição de plantas é frequentemente limitada pelo fracasso da fase reprodutiva. Mencionou que particularmente nas coníferas do sul dos E.U.A., o efeito da umidade inadequada do solo durante a estação de crescimento pode limitar a formação de cones e sementes.⁹

Em estudos feitos por HELLMERS & ROOK²⁷ sobre a influência da temperatura na assimilação ótima de *Pinus radiata* na Nova Zelândia, verificou-se que a maior assimilação líquida foi alcançada a uma temperatura de fotoperíodo em torno de 20 a 22°C.

Entre os fatores topográficos, a altitude é um dos critérios mais utilizados e significativo na classificação de sítios, segundo SPURR⁸⁵.

GOLFARI³¹, comenta sobre as exigências climáticas das três coníferas mais plantadas no sul do Brasil (*Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm., *Pinus taeda* L. e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze), mencionando que todas exigem um período de frio invernal no ano para seu desenvolvimento normal, e confirma a maior resistência ao frio de *P.elliottii*, podendo chegar em certas partes do planalto paranaense a suportar temperaturas em torno de -14°C . Apesar do fato destas três espécies exigirem climas semelhantes, as exigências edáficas são bastante distintas.

Esse autor (GOLFARI³¹) afirmou em seu trabalho de "Zoneamento ecológico" que para as duas espécies de *Pinus* mencionados, não existem problemas tais que prejudiquem seu normal desenvolvimento. Sua susceptibilidade porém se manifesta quando as condições climáticas se tornam marginais por insuficientes precipitações ou pela presença de período seco prolongado.

2.6 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E ASPECTOS DE FERTILIZAÇÃO EM CONÍFERAS

GALLO²⁷ e LEYTON & ARMSON⁵⁴ afirmam que existe uma relação direta entre o teor de nutrientes no solo e a concentração do mesmo nas folhas e o crescimento, e que sobre certas limitações esta relação é linear.

TRUMAN *et alii*⁸⁷ encontraram correlação positiva e significativa entre a concentração de Al foliar de *Pinus radiata* e o índice de sítio. Os mesmos autores estranharam esta correlação, uma vez que o elemento é considerado tóxico para as plantas.

Em outro estudo dos mesmos autores, relacionando o crescimento com a concentração de nutrientes, especificamente para o *Pinus radiata* na Austrália, recomendaram para solos com baixos teores de P que a relação Ca/Al do solo pode ser importante para conhecer a condição "status" do Fósforo, pois o Al diretamente por antagonismo, ou indiretamente reduzindo o crescimento das raízes, reduz a absorção e/ou transporte tanto do Cálcio como do Fósforo.

Quanto à nutrição de *Pinus* spp, WILL⁹⁶, JACKSON & GIFFORD⁴⁸, PRITCHETT⁶⁷, TRUMAN *et alii*⁸⁷, SAUNDERS *et alii*⁸⁰, LEYTON & ARMSON⁵⁴ e PRITCHETT & LLEWELLYN⁶⁸, encontraram em suas pesquisas principalmente deficiências de Fósforo, Nitrogênio, Potássio, Cálcio, Magnésio, Cobre, Boro, Zinco e Ferro, nas diversas condições de solos e climas.

Com relação aos sintomas de deficiências, KRAMER & KOZLOWSKI⁵³, afirmam que a localização dos sintomas de deficiências dos vários elementos parece estar relacionados com sua mobilidade relativa, e funções específicas, e mencionaram que os elementos móveis como N, P, K e Mg, aparecem sintomas de deficiências nas folhas mais velhas, já que são prontamente transportados destes tecidos para os mais novos, contrastando com os sintomas de B e Ca que aparecem nos extremos dos caules em crescimento, e os de Fe, Mn e S nas folhas mais novas, dando que estes elementos não são prontamente transportados dos tecidos velhos para os novos.

WILL⁹⁶, menciona que os sintomas visuais oferecem indicação razoável do nutriente deficiente, mas afirma que em muitos casos, as deficiências incipientes podem não apresentar sintomas, mas sim restrição do crescimento, tendo a análise foliar, a vantagem de identificar tais deficiências.

Afirma que os meios mais eficazes para identificar uma deficiência nutricional é através de experimentos de fertilização no campo acompanhados de análises foliares combinadas com a avaliação de alguns sintomas visuais presentes.

Quanto ao nível crítico de nutrientes existem vários trabalhos publicados principalmente para coníferas (WILL⁹⁶, GOOR³², FOWELLS & KRAUSS²³, BEATON *et alii*⁸, GOOR³³, PRITCHETT⁶⁷, REISSMANN⁷², ZÖTTL¹⁰⁰ e PRITCHETT & LLEWELLYN⁶⁸); a fim de ilustração e comparação, apresenta-se na Tabela 1, os limites estabelecidos por ZÖTTL & VELASCO*, citados por ZÖTTL *et alii*¹⁰¹, como sendo um dos mais representativos para este gênero, considerados teores bons e deficientes respectivamente, bem como, limites para alguns nutrientes estabelecidos para *Pinus taeda* L. no sul do Brasil por REISSMANN⁷².

TABELA 1. TEORES DE NUTRIENTES COM SUPRIMENTO BOM E DEFICIENTE PARA ESPÉCIES DE *Pinus* spp E NÍVEIS CRÍTICOS PARA *Pinus taeda* EM ACÍCULAS DE 1 ANO

Elementos	<i>Pinus</i> spp		<i>Pinus taeda</i> Nível crítico REISSMANN(1981)
	Teores bons ZÖTTL & VELASCO(1966)	deficiente	
N%	1,5 - 2,2	1,20	-
P%	0,13 - 0,20	0,09	-
K%	0,60 - 1,20	0,45	< 0,40
Ca%	0,10 - 0,50	0,03	< 0,05
Mg%	0,10 - 0,20	0,05	< 0,08
Fe ppm	45 - 200	30	-
Mn ppm	20 - 800	4	-
Cu ppm	4 - 6	2	-
Zn ppm	10 - 80	5	<10,00
B ppm	15 - 35	10	-

* ZÖTTL, H.W. & VELASCO, F. Estado nutritivo y crecimiento de diversas repoblaciones del género *Pinus* en España. An. Edafol. y Agrobiol., 25(5/6): 249-268, 1966.

Quando se estuda as exigências nutricionais das plantas, é de fundamental importância o conhecimento dos "níveis críticos" dos elementos para cada espécie ou grupos de espécies, como também os efeitos das muitas vezes complexas inter-relações destes elementos, em grande parte condicionadas pelas condições gerais do solo e do clima.

O "nível crítico" é definido por GALLO²⁷, como sendo a faixa de teores de um elemento na folha, abaixo da qual se tem grande probabilidade de aumentar a produção através do uso de adubo das diversas fontes.

RICHARDS & BEVEGE* citados por PRITCHETT⁶⁷ definem "nível crítico" de um elemento como a concentração que é associada com 90% da produção máxima, assinalaram ainda, a existência de interdependência com níveis de outros nutrientes. Afirmam que o "nível crítico", deve ser considerado como uma variação entre limites da concentração, e não em um ponto bem definido, devido a que outros nutrientes ou mesmo das condições do meio ambiente podem limitar a resposta, que poderia de outro modo, ser obtida da aplicação do elemento deficiente.

Na Austrália, RICHARDS** citado por FOWELLS & KRAUSS²³ num estudo da relação entre crescimento e teor de nutrientes para *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* Engelm., observou que a concentração ótima de P_2O_5 pareceu estar em torno de 210 ppm nos horizontes superficiais do solo.

* RICHARDS, B.N. & BEVEGE, D.I. Principles and practices of foliar analysis as a basis for crop-logging in pine plantations: I. Basic considerations. Plant Soil, 36: 109-19, 1972.

** RICHARDS, B.N. The effect of phosphate on slash and loblolly pine in Queensland. Queensland For. Serv. Res. Notes, 5:1-11, 1956.

Um fato interessante foi publicado por HOYLE & MADER⁴³ em seus estudos de relações de nutrientes foliares com o crescimento de *Pinus resinosa* Ait nos E.U.A. Eles verificaram que as várias partes de crescimento das árvores, parecem estar relacionados diferentemente com a nutrição. O crescimento em altura correlacionou-se fortemente com níveis de Cálcio, o crescimento da área basal com níveis de Potássio, e o crescimento de volume correlacionou-se principalmente à reserva de umidade do solo.

Analisando as contribuições das raízes nas propriedades do solo, PRITCHETT⁶⁷ menciona que as raízes não somente adicionam ao solo reserva de matéria orgânica, mas também contribuem liberando lentamente em forma orgânica, elementos que desempenham um papel importante na ciclagem de nutrientes.

Referindo-se às análises de solos, esse autor enfatiza que as análises para fins agrícolas, não podem ser extrapoladas ou interpretadas para fins florestais, devido às últimas terem mecanismos que os diferenciam das primeiras, e cita como exemplo no caso do fósforo total da possível influência de ectomicorrizas sobre a disponibilidade de formas menos solúveis de fósforo.

Num estudo dos efeitos da fertilização em plantações de *Pinus radiata* na Nova Zelândia, relacionados com as características silviculturais, BARKER³ concluiu, que ocorre um substancial aumento do fator de forma, sempre que essa prática é associada com desbastes. Este incremento está correlacionado com o padrão de crescimento da copa.

A densidade da madeira é reduzida com esta prática, mas este defeito é compensado com o maior crescimento do volume.

Como características não desejáveis em povoamentos adubados, menciona-se que aumenta a susceptibilidade a doenças e insetos, como também maior susceptibilidade ao perigo de geadas.

WEBBER⁹² e PRITCHETT⁶⁷ concordam que as deficiências de nutrientes em florestas implantadas podem ser evitadas através da escolha adequada dos sítios e das espécies de árvores, ou então corrigindo-se o solo com práticas culturais. Mencionam que a manutenção da produção para a maioria dos solos com deficiências de nutrientes em povoamentos com rotações curtas onde ocorrem grandes exportações de nutrientes como para o caso específico do Nitrogênio, só será possível com a prática da aplicação de fertilizantes.

2.7 AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS PLANTAS

Um dos métodos mais eficazes para avaliar o nível de nutrientes nas plantas, consiste na análise foliar. Esta prática exige uma metodologia rigorosa, devido a uma série de variáveis que influenciam na obtenção de medidas confiáveis.

HOYLE & MADER⁴³, KRAMER & KOZLOWSKI⁵³ e FOWELLS & KRAUSS²³, justificam que a análise foliar tem recebido muita atenção como um meio de diagnosticar deficiências de nutrientes e as interrelações entre si; tanto para plantas agrícolas como florestais. Citam que esta análise tem a vantagem sobre a análise do solo porque a absorção de nutrientes pelas plantas é medida diretamente. Afirmam ainda, que os níveis de nutrientes nas folhas de árvores variam com a estação, as espécies, as condições do solo, a idade e a localização das folhas, representando assim uma interação e integração dos fatores internos e externos que influenciam na absorção mineral pelas

árvores. Desta forma, a época e o método de amostragem assumem grande importância nos estudos de análise foliar.

WHITE⁹⁴ em estudo de amostragem de acículas de *Pinus resinosa* nos E.U.A. encontrou níveis de nutrientes mais estáveis no período de queda das acículas, recomendando amostragens em novembro ou após naquele país.

LEYTON & ARMSON⁵⁴ na Inglaterra, obtiveram melhores correlações com o crescimento, analisando brotos novos dos ponteiros das copas de *Pinus silvestris* L.

ULRICH⁸⁸ no seu trabalho de "Análise de planta como um procedimento diagnóstico" cita que segundo JENNY* em uma equação para nutrição de plantas, a concentração de um dado nutriente, (x) pode ser uma função do solo (S), clima (Cl), tempo (T), planta (P), manejo (M), e possivelmente outras variáveis. A forma geral da equação é a seguinte:

$$x = f (S, Cl, T, P, M, \dots)$$

* JENNY, H. Factors of soil formation. New York, McGraw Hill, 1941.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MEIO FÍSICO

- **Localização dos povoamentos:** os povoamentos onde foram coletados os dados para o presente trabalho localizam-se nas Fazendas "Cambiju" e "Rio do Salto", respectivamente nos Km 59 e 70 da Rodovia do Café, pertencentes à empresa SLAVIERO S.A. no município de Ponta Grossa, Estado do Paraná.

Ponta Grossa situa-se a $50^{\circ}00'W$ de longitude e $25^{\circ}09'S$ de latitude, a 868 m de altitude s.n.m. A topografia do terreno é predominantemente ondulado a suave ondulado.

- **Geologia:** foram estudados dez perfis de solos desenvolvidos sobre materiais do Devoniano e do Quaternário (EMBRAPA & IAPAR²⁰), predominando as seguintes formações:

- a) Formação Furnas: constitui a formação basal do grupo Campos Gerais, sendo arenitos de textura muito variável, localmente conglomeráticos e com intercalações de elásticos síltico-argiloso;
- b) Formação Ponta Grossa: constituída por folhelhos cinza, fossilíferos, finamente laminados, micáceos, localmente betuminosos, com intercalação muito pouco expressivas de camadas de sílticos e arenitos;
- c) Sedimentos arenosos do Quaternário.

- Vegetação: na área de estudos predominam os "Campos subtropicais naturais" (EMBRAPA & IAPAR²⁰), que caracterizam-se por apresentarem gramíneas baixas, cobrindo grandes áreas mais ou menos contínuas e apenas interrompidas por pequenos bosques ou capões, próximos às nascentes, ou na transição do campo para a mata. Árvores e arbustos ocorrem em faixas próximas aos cursos de água em meio aos campos, formando as pseudomatas de galerias.

- Clima: segundo a carta climatológica do Estado do Paraná (GODOY *et alii*³⁰), o local de estudo está sob o clima Cfb da classificação de Köppen, que se caracteriza por ser um clima mesotérmico, úmido e superúmido, sem estação seca, com verões frescos e com média do mês mais quente inferior a 22°C. As geadas são severas e frequentes. Quanto à precipitação pluviométrica, há uma distribuição regular durante o ano sendo a média anual de 1.402 mm.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS

A coleta dos dados foi feita em povoamentos de *Pinus taeda* L., com idades variando entre 15 a 16 anos. O espaçamento inicial de plantio foi de 2,0 x 2,0 m, sendo a densidade inicial de 2.500 árvores por hectare, já foi efetuado um desbaste aos 11 anos.

O aspecto fitossanitário geral é bom, não apresentando vestígios de pragas e doenças ou incêndios em nenhum dos locais estudados.

3.3 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E TAMANHO DAS PARCELAS

Foram tomadas sistematicamente dados dendrométricos e efetuadas coletas de solo e de acículas nos dez locais com

diferentes padrões de crescimento, em parcelas de 400 m² (20 m x 20 m), conforme especificado nos itens relativos à amostragem.

3.3.1 Amostragem de solo

Após a descrição morfológica, foram coletados amostras de dez (10) perfis de solos, com duas repetições por horizonte, para fins de análises físicas e químicas. Para tanto, foram abertas 10 trincheiras nas diferentes unidades de solos, correspondendo as unidades de amostra.

3.3.2 Amostragem de acículas

As acículas foram coletadas do primeiro e segundo lançamentos do segundo verticilo superior com exposição Norte (ZÖTTL *et alii*¹⁰¹ e REISSMANN⁷³), num total de quatro árvores, perfazendo uma amostra composta por parcela com três repetições por local totalizando 12 árvores. As amostras foram coletadas das árvores dominantes e codominantes de cada parcela. As coletas se realizaram no mês de Julho/85.

3.3.3 Amostragem de árvores para análise de tronco

Foram selecionadas e abatidas duas árvores dominantes por local, totalizando vinte unidades amostradas para análise de tronco e posterior reconstrução do crescimento das árvores em diversas idades.

3.4 DESCRIÇÃO, ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

As amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm (TFSA). Nestas foram feitas as análises físicas e químicas.

3.4.1 Caracterização morfológica

Foram realizadas para todos os horizontes seguindo as recomendações da SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO⁸². Para a determinação da cor a úmido, usou-se a tabela de cores para solo da MUNSELL COLOR COMPANY⁶⁴.

3.4.2 Análises físicas

- Análise granulométrica - As análises mecânicas foram feitas em amostras de cada horizonte, utilizando o NaOH como dispersante, determinando as frações do solo segundo VETTORI & PIERANTONI⁸⁹, reunindo as partículas em classes de tamanho de acordo ao sistema americano (U.S.D.A.), sendo que para os fins deste estudo, considerou-se a areia total (2,0-0,05 mm de diâmetro).

- Densidade do solo (Ds) e densidade das partículas (Dp) - foram determinadas pelos métodos da proveta e balão volumétrico respectivamente de acordo com a EMBRAPA¹⁹.

- Esqueleto do solo - corresponde a todo material lavado em água com diâmetro superior a 2 mm.

- Porosidade total - foram calculados somente valores médios para os horizontes "A" e "B", pela relação:

$$PT = (Dp - Ds) / Dp \times 100,$$

onde:

PT = porosidade total em porcentagem;

Dp = densidade das partículas;

Ds = densidade do solo.

- Umidades retidas às diversas tensões: foram determinadas às tensões de 0,06; 0,33; 1; 4 e 15 atmosferas, corres-

pondendo às seguintes escalas logarítmicas (PF): 1,8; 2,5; 3,0; 3,6 e 4,2; todas as amostras dos horizontes foram submetidas a estas tensões através do aparelho de pressão, placa porosa de RICHARDS⁷⁵, calculando-se então a umidade do solo pela relação

$$U\% = (\text{peso úmido} - \text{peso seco}) / \text{peso seco} \times 100,$$

onde:

U% = umidade em porcentagem.

- Água disponível (AD) - de acordo com REICHARDT⁷¹, a água disponível no solo para os horizontes A e B, foram obtidos pela relação:

$AD = (\theta_{cc} - \theta_{PM}) \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$; adotando-se os seguintes critérios:

θ_{cc} = água retida a - 1/3 de atmosfera ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

θ_{PMP} = água retida a -15 atmosfera ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$).

Os valores de θ foram obtidas pela seguinte relação:

$\theta = U\% \times D_s$, onde:

D_s = densidade do solo.

- Camada de água disponível (h) - avaliada de acordo com RANZANI⁷⁰, o qual expressa a camada de água disponível do solo para uma determinada camada do solo. A fórmula proposta por esse autor e adotada neste trabalho foi a seguinte:

$h = AD \cdot L$, em que:

L = espessura do horizonte em cm.

- Camada de água disponível acumulada (CAD) - calculada por horizonte, utilizando-se a expressão:

$CAD = \sum h$, em que:

$\sum h$ = somatório das camadas de água disponível, para os horizontes do perfil estudado.

- Curvas de retenção de água no solo - foram traçadas

curvas relacionando θ com PF, para valores médios dos horizontes A e B,

onde: θ = umidade retidas às diversas tensões ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);
 PF= logaritmo da altura de coluna de água (cm).

Neste trabalho considerou-se a umidade de saturação (θ_s) sendo igual à porosidade total (PT).

3.4.3 Análises Químicas

Para estas análises foram utilizadas amostras de terra fina seca ao ar (TFSA). Determinando-se o pH e teores de Ca + Mg, H + Al, Al e K trocáveis e P de acordo com as recomendações da EMBRAPA¹⁹.

O K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn, foram extraídos com HCl a 3% em método modificado segundo DARBY¹⁶ e KNICKMANN⁵². O Zn também foi extraído com HCl a 0.1 N. A determinação destes elementos foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica.

3.4.4 Critérios adotados na classificação de solos (EMBRAPA & IAPAR²⁰)

. LATOSSOLO

São solos não hidromórficos que apresentam B latossólico (COMISSÃO DE SOLOS DE 1960), equivale ao "oxic horizon" (SOIL SURVEY STAFF, 1960, 1967) da classificação americana atual.

. PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO

Compreende solos não hidromórficos com horizonte B textural (COMISSÃO DE SOLOS, 1960) equivale ao "argillic horizon" (SOIL SURVEY STAFF, 1960, 1967) de coloração viva.

. TERRA BRUNA ESTRUTURADA SIMILAR

São solos não hidromórficos desenvolvidos em condições de clima mais frio e úmido, de coloração brunada ou amarronzada, apresentando argila de atividade baixa ($T < 24$ mE/100 de argila) e baixa relação textural (B/A). Os solos com estas características, porém não originados de rochas eruptivas básicas se enquadram nesta classe.

. CAMBISSOLO

Compreendem solos não hidromórficos, com horizontes B câmbico ou "cambic horizon" (SOIL SURVEU STAFF, 1960, 1967) da classificação americana.

. SOLOS LITÓLICOS

Compreende solos rasos ou muito rasos, que apresentam um horizonte A sobre a rocha - R - ou mesmo um horizonte C, de pequena espessura, em início de formação ou mistura de grande quantidade de pedras com pouca terra.

. CARACTER DISTRÓFICO E ÁLICO

Usou-se as denominações de distrófico para solos com saturação de bases baixa, valor $V < 50\%$; e álico para solos com alta saturação de Alumínio trocável no horizonte B, maior que 50% calculado pela fórmula: $100 \text{ Al}^{+++}/\text{Al}^{+++} + \text{S}$.

. ATIVIDADE DE ARGILA

Usou-se os símbolos: Ta para argila de atividade alta, isto é, valor $T \geq 24$ mE/100 g de argila livre de C e Tb para argila de atividade baixa, isto é, valor $T < 24$ mE/100 g de argila livre de C.

. TIPOS DE HORIZONTE A

A proeminente: equivale a definição dada para "umbric epipedon" da classificação americana (SOIL SURVEY STAFF, 1960, 1967).

A moderado: corresponde aproximadamente a definição dada para o "ochric epidon" da classificação americana (SOIL SURVEY STAFF, 1960, 1967).

. TEXTURAS CONSIDERADAS PARA SEPARAÇÃO DOS SOLOS

Argilosa: solos com conteúdo de argila entre 35-60%;

Média: solos cujos conteúdos de argila estão entre
15-35%;

Arenosa: solos com menos de 15% de argila.

. DIVISÃO DOS SOLOS EM FASES

A separação das classes de solos em fases, visa fornecer subsídios para a interpretação de aptidão florestal dos solos.

- Fases de relevo: na área foram encontradas as seguintes:

Plano: declividades menores que 3%;

Suave ondulado: declives suaves, de 3-8%;

Ondulado: declives entre 8 e 20%.

- Fases quanto ao substrato: as fases de substrato foram usadas apenas para os solos jovens (solos Litólicos e Cambissolos).

3.5 ANÁLISE QUÍMICA DAS ACÍCULAS

As acículas foram secas em estufas a 70°C durante oito horas e trituradas a pó. Seguiu-se a metodologia proposta conforme HILDEBRAND³⁹ para as análises e obtenção dos teores dos elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B e Al.

Uma observação importante deste estudo consistiu na análise separada das acículas do primeiro e segundo lançamentos respectivamente, com a finalidade de verificar se os dados obtidos dos diferentes lançamentos correlaciona-se melhor com o crescimento das árvores em altura.

Para a quantificação dos elementos acima, seguiram-se as seguintes metodologias:

Nitrogênio: pelo método de Kjeldahl e destilação no aparelho de Büchi.

Fósforo: pelo método colorimétrico, com vanadato molibdato de amônio - cor amarela e leitura com espectrofotômetro UV/VIS-554 P.E.

Potássio: através da emissão de chama em espectrofotômetro de absorção atômica - 2380 P.E.

Cálcio, Magnésio, Ferro, Manganês, Cobre, Zinco e Alumínio - por espectrofotometria de absorção atômica.

Boro - usou-se o método colorimétrico AZOMETHINE-H (BASSON *et alii*⁷), após digestão com HCl 1N (FIALA²¹).

Obs.: A digestão para determinar os teores dos demais elementos foi com HCl 10% (FINK²²).

3.6 ANÁLISE DE TRONCO

Obteve-se discos dos fustes à altura de corte; 0,3; 0,7; 1,3 e 2,0 metros, desta altura em diante se tomaram de 2,0 em 2,0 metros, sendo medido o comprimento de última seção do fuste para obter seu volume pela fórmula do cone.

Os discos após a secagem foram lixados e medidos imediatamente em quatro raios, segundo metodologia proposta por BARUSSO⁶.

3.7 CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE INCREMENTO MÉDIO ANUAL (IMA) E INCREMENTO CORRENTE ANUAL (ICA)

A partir dos dados obtidos da análise de tronco, foram calculados os incrementos médios e correntes para a altura total, diâmetro (DAP) e volume total, para todas as idades até o 15º ano. Com estes dados foram construídos as curvas que relacionam os incrementos com as idades correspondentes, para três locais seguintes:

- P₄ - localizado em solo Litólico, como o sítio de menor crescimento;
- P₆ - em solo Cambissolo, como sítio de crescimento médio; e
- P₁₀ - em Latossolo, como um dos melhores sítios em termos de crescimento, entre os dez locais amostrados.

3.8 SELEÇÃO PRELIMINAR DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES

Como uma metodologia para descartar variáveis, fez-se regressões lineares simples entre as variáveis consideradas de importância segundo consultas na literatura, com os valores da altura total (variável resposta) aos quinze anos de idade, determinando-se também o coeficiente de correlação entre as duas variáveis, assim todas aquelas variáveis cujo valor de estatística "F" apresentaram significância no teste ao nível $P = 0,95$ de probabilidade, permaneceram para serem submetidas a outros métodos de seleção.

3.9 MÉTODOS DE SELEÇÃO DE VARIÁVEIS

Os métodos mais utilizados para selecionar variáveis em análise de regressão múltipla incluem: todas as regressões

possíveis, BACKWARD, FORWARD, STEPWISE e várias técnicas combinadas; como também uma técnica da análise multivariada; conhecida como Análises dos componentes principais (CARMEAN¹², DRAPER & SMITH¹⁸). Esses autores, afirmam que muitas destas técnicas não dão resultados satisfatórios quando a intercorrelação entre as variáveis é alta, pois neste caso específico e sob normalidade os dados teriam menos ortogonalidade.

Para este estudo foram empregados os métodos de STEPWISE e a Análises dos componentes principais (ACP).

3.9.1 Método de "STEPWISE"

Este método se caracteriza por selecionar primeiro a variável de maior correlação com a variável resposta, em seguida a seguinte variável com maior correlação sempre com a variável resposta será re-examinada conjuntamente com a primeira selecionada. No caso de apresentarem significância do valor "F" parcial, estas serão selecionadas, e assim subsequentemente, faz-se um reexame das variáveis incluídas no modelo em função do nível de significância (DRAPER & SMITH¹⁸), até a última variável selecionada. Neste estudo usou-se o pacote de programa estatístico de BOLANGER & BOYLE¹⁰.

Para a escolha das variáveis foram adotados os valores de "F" parciais de entrada e saída (F de corte) a um nível de $P = 0,90$ de probabilidade; as variáveis assim selecionadas, formaram a relação das variáveis independente do modelo A.

Considerou-se de interesse conhecer a contribuição de outras variáveis no modelo e para isto, reduziu-se o nível de probabilidade com os valores de "F" parciais em torno de 0,5. As variáveis selecionadas nestas condições, conjuntamente com

as variáveis do modelo A, formarão a relação de variáveis independente do modelo B.

3.9.2 Análises dos Componentes Principais (ACP)

HOLLAND⁴¹, KENDALL⁵¹ e ISEBRANDS & CROW⁴⁵, mencionam que a análise de componentes principais pode ser usado para condensar o número de variáveis totais em um número relativamente pequeno de variáveis linearmente independentes, como também descobriu fatores que operam para produzir as medidas das variáveis sob teste.

ISEBRANDS & CROW⁴⁵, definem os componentes principais como as combinações lineares das X_i variáveis originais, denotadas por E_i , para $i = 1, \dots, p$. onde p é o número de variáveis aleatórias consideradas

$$E_i = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ip}x_p$$

O vetor formado pelos coeficientes a_{ij} , onde o subíndice i indica o número de vetor latente e o subíndice j o número da variável x_i , é chamado "eigenvector" ou auto-vetor e designado por \bar{A} . Cada vetor latente tem uma variância associada com ele denominada "eigenvalue" ou auto-valor, e sua notação é λ_i , onde $i = 1, \dots, p$ (ISEBRANDS & CROW⁴⁵).

A soma das variâncias de cada componente principal é igual a soma das variâncias de cada uma das variáveis independentes

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_p = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_p^2$$

A $\sum \lambda_i$ é a variância total das variáveis independentes, ou seja a somatória da diagonal principal de uma matriz correlação.

$$\lambda_i / \sum \lambda_i \times 100$$

é a porcentagem da variância total explicada pelo componente principal i .

Na análise dos componentes principais é possível trabalhar-se com a matriz covariância ou a matriz correlação. Devido às unidades de medidas das variáveis serem diferentes, se utilizou na análise a matriz correlação para a seleção das variáveis, pois é necessário a normalização dos dados. Os auto-valores associados com um auto-vetor de uma matriz de correlação é uma variância padronizada (ISEBRANDS & CROW⁴⁵).

Para o cálculo dos vetores e seus auto-valores utilizou-se o programa PCAR, desenvolvido por ORLOCI⁶⁵. Uma vez calculados os vetores e seus auto-valores, eles foram interpretados segundo a metodologia proposta por ISEBRANDS & CROW⁴⁵.

Primeiramente, calculou-se a porcentagem acumulativa de variância total para os vetores e depois escolheu-se os primeiros vetores que explicaram acima de 91% da variância total das variáveis independentes.

JEFFERS⁴⁹ recomenda como valor mínimo, o limite de $\lambda_i = 1$ (auto-valor na i -ésima componente principal sendo igual a um) neste estudo admitiu-se o valor de $\lambda_i = 0,62$ na quinta componente principal.

Em seguida, escolheu-se dentro de cada vetor a variável mais importante, ou seja, aquela com maior módulo do coeficiente a_{ij} . Quando este módulo correspondeu a uma variável escolhida em um vetor anterior, procurou-se o seguinte maior módulo a_{ij} .

Posteriormente à seleção das variáveis, ajustou-se a equação para a estimativa dos parâmetros correspondentes.

3.10 AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO

O ajuste das equações para estimar alturas foi feito pelo método dos mínimos quadrados, como segue. Seja o modelo

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_{p-1} x_{ip-1} + \varepsilon_i \quad i=1,2,3,\dots,n,$$

que colocado na forma matricial resulta

$$\underline{y} = \underline{x} \underline{\beta} + \underline{\varepsilon}$$

onde:

\underline{y} é o vetor das respostas (alturas das árvores),

$$\underline{y}' = |y_1, y_2, \dots, y_n|;$$

\underline{x} é a matriz do modelo, de ordem $n \times p$,

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p-1} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p-1} \\ 1 & x_{31} & x_{32} & \dots & x_{3p-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np-1} \end{bmatrix}$$

que agrupa os $p-1$ variáveis independentes do modelo; $\underline{\beta}$ é o vetor de parâmetros, de dimensão P ,

$$\underline{\beta}' = |\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p|;$$

e $\underline{\varepsilon}$ é o vetor de erros, de dimensão n ,

$$\underline{\varepsilon}' = |\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n|$$

No modelo tem-se que $\underline{\varepsilon}$ é conhecido também como termo de perturbação estocástica, daí é uma variável aleatória. Por outro lado, dado que \underline{y} é função de $\underline{\varepsilon}$, tem-se que \underline{y} é também uma variável aleatória. Para se estimar os parâmetros do modelo usou-se o método dos mínimos quadrados ordinários, pois

é natural supor que ϵ_i tem a mesma variância σ^2 , $\forall i$, e conseqüentemente

$$\text{COV}(\underline{\underline{\epsilon}}) = E(\underline{\underline{\epsilon}}\underline{\underline{\epsilon}}') = \sigma^2 I_n,$$

dado que ϵ_i é i -dependente de ϵ_j para $j \neq i$.

Por este método o estimador não viciado do vetor $\underline{\underline{\beta}}$ é

$$\underline{\underline{\hat{\beta}}} = (\underline{\underline{x}}'\underline{\underline{x}})^{-1}\underline{\underline{x}}'\underline{\underline{y}},$$

que constitui o melhor estimador linear de $\underline{\underline{\beta}}$, de acordo com o Teorema de GAUSS-MARKOV.

Os parâmetros desta estatística são:

$$E(\underline{\underline{\hat{\beta}}}) = \underline{\underline{\beta}}$$

$$V(\underline{\underline{\hat{\beta}}}) = \sigma^2(\underline{\underline{x}}'\underline{\underline{x}})^{-1}$$

Sendo que a variância pode ser estimada por

$$\hat{V}(\underline{\underline{\hat{\beta}}}) = S^2(\underline{\underline{x}}'\underline{\underline{x}})^{-1}, \text{ onde}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2}{n-p} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}$$

onde $\hat{y}_i = \underline{\underline{x}}_i'\underline{\underline{\hat{\beta}}}$ e $y_i - \hat{y}_i$ é conhecido como resíduo.

3.10.1 Ajustes das regressões com variáveis selecionadas pelo método de "Stepwise"

Préviamente fez-se o ajuste das alturas em função das variáveis selecionadas no modelo A, isto é, $\hat{y} = f$ (variáveis independentes do Mod. A), e logo a mesma variável resposta em função das variáveis que formam o Modelo B, ou seja $\hat{y} = f$ (variáveis independentes do modelo B). Para o ajuste foram con-

siderados, duas repetições, resultando para os 10 sítios, um total de vinte observações por variável.

3.10.2 Ajuste da regressão com variáveis selecionadas por ACP

Fez-se o ajuste em função das variáveis selecionadas por este método de descarte de variáveis, isto é, $\hat{y} = f$ (variáveis do modelo C).

3.10.3 Acuracidade dos modelos de regressão

Para verificar os índices de ajuste dos modelos aos dados, foram calculados os valores dos coeficientes de determinação múltipla (R^2), valores de "F" da regressão múltipla, S_{xy} , $S_{xy}\%$, assim como a significância dos coeficientes estimados, através dos testes t parciais. A tendenciosidade dos ajustes dos modelos foram verificados através da observação e análise gráfica dos resíduos padronizados (D).

Assim:

$$R^2 = \text{SQ. Reg.} / \text{SQ. Total}$$

$$F = \text{QM Reg.} / \text{QM erro}$$

$$S_{xy} = \text{QM. Erro}$$

$$S_{xy}\% = S_{xy} / \bar{y} \times 100$$

$$D = (y - \hat{y}) / S_{xy}$$

onde:

SQ.Reg = soma de quadrados devida à regressão;

SQ Total = soma de quadrados totais;

QM Erro = quadro médio do erro;

S_{xy} = erro padrão da estimativa absoluta;

$S_{xy}\%$ = erro padrão da estimativa relativa ou coeficiente de variação;

\bar{y} = valor médio observado da variável dependente;

y = variável de resposta observada;

\hat{y} = variável de resposta estimada;

D = resíduo padronizado.

- Valores dos t parciais

A estatística dos t parciais foram obtidos para todos os coeficientes individuais, pela relação:

$$t_j = b_j / \sqrt{\text{variância de } b_j} ; \text{ onde:}$$

t_j = valor de t para o j -ésimo coeficiente;

b_j = valor do coeficiente para a j -ésima variável.

- Análise dos resíduos

Fez-se o gráfico dos resíduos individuais padronizados (D), com os valores das alturas estimadas correspondentes através dos três modelos ajustados.

3.11 ESCORES PADRONIZADOS DA VARIÁVEL DEPENDENTE

Para verificar a normalidade das alturas observadas, foram correlacionados os valores dos escores Z (ou distribuição da variável reduzida) com os valores dos logaritmos das alturas observadas.

3.12 CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIOS

Previamente foram determinados os pares de altura totalidade a partir do 5º até o 15º ano (a exceção dos sítios 9, 10 e 11, nas quais foram feitas as medições até 16º ano), através das quantificações realizadas nas análises de tronco para posteriormente, através destes dados ajustar um modelo de regressão para estimar as alturas.

3.12.1 Modelo para as estimativas das alturas

Ajustou-se aos dados o modelo básico proposto por SCHUMACHER; com a diferença dos itens 3.10.1 e 3.10.2 em que somente a idade foi a variável independente, e sempre a altura como a variável resposta

$$\text{Log } h = b_0 + b_1(1/I)$$

onde:

Log h = logarítmo da altura;

I = idade;

b_0 e b_1 = parâmetros a serem estimados.

3.12.2 Estatística da regressão

O ajuste da equação de regressão da altura sobre a idade foi verificada através das seguintes estatísticas: R^2 , S_{xy} e F .

3.12.3 Escolha da idade índice, classes e limites dos índices de sítios

Considerou-se 15 anos como a idade índice, pois só alguns locais tinham povoamentos com idades superiores a esta.

Devido a amplitude total na idade índice ser igual a 12,50 m (22,5 m - 10,0 m), considerou-se adequado dividi-lo em cinco classes de sítio, resultando desta maneira 2,5 m como o valor do intervalo entre classes, sendo os índices de sítio os valores médios das classes.

Para obter a curva que estima as alturas em relação à idade, a equação ajustada sofreu uma transformação, sendo necessário transportar o eixo dos y , fazendo-o coincidir com o

eixo da idade índice. Assim a equação resulta em:

$$\text{Log } h = \text{Log (altura à idade índice)} + b_1 \left(\frac{1}{I} - \frac{1}{I \cdot \text{índice}} \right)$$

onde:

I = idade.

Fez-se esse deslocamento em virtude das curvas à idade índice passarem por pontos (alturas) previamente definidos. Ao fazer esse deslocamento, significa que o coeficiente b_0 terá os valores definidos para cada curva, conforme pode-se observar na equação acima.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A descrição e discussão dos resultados deste estudo seguiram a ordem cronológica das etapas realizadas, analisando-se os diversos aspectos das principais características do meio influenciando no crescimento dos povoamentos de *Pinus taeda* L., nas condições do local de coleta de dados.

Assim também a discussão da metodologia empregada para obtenção dos parâmetros quantitativos e qualitativos relacionados com as análises de solo, acículas, nas análises de tronco e comportamento dos incrementos das várias características de crescimento, nos processamentos para obtenção dos melhores modelos estimadores de alturas das árvores e finalmente a classificação dos sítios.

4.1 MORFOLOGIA, PROPRIEDADES FÍSICAS E TIPOS DE SOLOS

Os dados resultantes das análises físicas para todos os horizontes dos perfis constam na Tabela 15 (Apêndice 2).

Os resultados da descrição morfológica dos horizontes e classificação de solos dos dez locais constam na "descrição dos perfis" (Apêndice 1).

Nos perfis estudados ocorreram grandes diferenças de profundidades efetivas para o desenvolvimento das raízes, encontrando-se sítios em solos Litólicos (P_3 e P_4), com profundidade máxima de 25 cm; e em contraste, solos Latossólicos

(P₁₀ e P₁₁) com profundidades muito maiores (ver descrição dos perfis). Sem dúvida esta variável interrelacionada com outras, tais como, o relevo, textura do solo e quantidade de matéria orgânica, influenciaram na capacidade de armazenamento de água dos diversos perfis, o qual foi um dos principais fatores que limitou o crescimento do *Pinus taeda*. Assim sendo o relevo, a profundidade efetiva do solo e a disponibilidade de água para as plantas; contribuíram muito para explicar a variação de crescimento nos diferentes sítios. Tais fatores são mencionados por vários pesquisadores, entre eles COILE¹³, PRITCHETT⁶⁷, JACKSON & GIFFORD⁴⁸, LINARTZ⁵⁵, AGISER²⁶ e WILDE⁹⁵.

Nos dez locais estudados ocorreram quatro classes de solos, a saber: solo Litólico, com os quais correlacionam-se os menores crescimentos (Perfis 3 e 4), devido principalmente, à pouca profundidade efetiva do solo; solos com B câmbico e B textural, associados aos crescimentos intermediários. Deve-se considerar que os Cambissolos (perfis 5, 6 e 7) são solos jovens, desta forma apresentam ainda, baixo desenvolvimento morfológico. Todos os sítios onde ocorre este tipo de solo, apresentam-se com carácter Álico, ou seja, com alta saturação de Al no horizonte B e baixa atividade de argila (Tb), que a exceção para os *Pinus* spp tais características atuam negativamente no aspecto da fertilidade do solo.

Os solos com B textural (Perfis 2, 8 e 9), também apresentaram-se com baixa fertilidade natural, predominando o teor de Al⁺⁺⁺ (Álico) ou H⁺ + Al⁺⁺⁺ (Distrófico); e por último os solos Latossólicos (Perfis 10 e 11), correlacionados com os melhores padrões de crescimento, não apresentam impedimento físico para o normal desenvolvimento das raízes das plantas, além

de ter apresentado quantidades mais elevadas de Mg, em comparação com os demais sítios (Tabela 2).

O relevo influenciou negativamente no crescimento, com valor de $R = -0,75$ (Tabela 3), como era esperado, pois ocorre nos locais desde relevo plano a ondulado, chegando até 16,3% de declive no caso do local três (P_3). Estes resultados concordam com as afirmações de BARROS⁵, COILE¹³, PRITCHETT⁶⁷ e ZAHNER⁹⁷.

Nas apresentações em curvas da retenção de água dos sítios (Figuras 1 e 2), verifica-se que a maior capacidade de retenção dos solos, relaciona-se com as maiores porcentagens de Carbono, argila e maiores profundidades efetivas, em concordância com FREIRE²⁵ e MEDINA⁶¹.

Em ambos horizontes (A e B), esta variação cresceu com o aumento da pressão, à qual foram submetidas (Figuras 1 e 2).

Segundo PRITCHETT⁶⁷ e LOWRY⁵⁷ a água ainda parece ser a variável mais importante dos fatores determinantes da produção de muitas espécies de árvores, fato este comprovado com os resultados de crescimento do local oito (P_8), onde há redução de Fe^{+++} em torno de 2 m de profundidade, devido a sua posição na paisagem natural, cujo solo encontra-se em terraços. Desta forma não apresentaram déficit hídrico no ano, pois foram observadas presenças de raízes até essa profundidade, e conseqüentemente foi o local com melhor padrão de crescimento, chegando a uma altura média de 22,19 m aos 15 anos. Em comparação ao local quatro (P_4) onde detectou-se o menor crescimento (10,95 m de altura), à mesma idade (Tabela 2), fica evidenciado a importância da altura do lençol freático, que por sua

TABELA 2. RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS SELECIONADAS PRELIMINARMENTE NESTE ESTUDO

Locais	Prof.	CAD	Dados de análises foliar						Esq.	Ca	Cu	Zn	Relevo	hdom
	HA	(HA+HB)	Zn-1	N-1	P-1	P-2	K-1	Mg-1	HA	HA	HA	HA		
	cm	cm	ppm	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	%	m
*	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	Y
2	33	5,82	18,5	1,65	0,12	0,12	0,38	0,08	0,07	12	1,4	0,9	5,0	17,50
"	34	6,46	13	1,94	0,13	0,15	0,36	0,06	0,07	11	1,6	0,7	5,0	17,92
3	25	0,61	15	1,78	0,13	0,13	0,32	0,03	1,68	07	0,7	0,6	16,2	14,98
"	26	0,28	11	1,70	0,10	0,11	0,31	0,04	1,65	08	0,5	0,2	16,3	15,22
4	20	0,91	10	1,55	0,10	0,10	0,31	0,04	2,72	09	0,7	1,1	16,0	10,88
"	19	0,89	13	1,74	0,11	0,11	0,41	0,05	2,67	08	0,7	0,5	16,1	11,03
5	38	5,28	11	1,49	0,10	0,10	0,32	0,05	0,32	08	1,5	1,4	3,5	14,75
"	37	8,51	16	1,69	0,10	0,12	0,32	0,05	0,30	07	1,4	1,1	3,4	16,00
6	44	4,87	16	1,89	0,13	0,12	0,51	0,07	0,01	14	1,3	0,6	3,0	17,77
"	46	4,93	21	1,72	0,12	0,14	0,46	0,06	0,01	09	1,3	0,3	3,0	16,95
7	15	9,24	15	1,67	0,14	0,14	0,35	0,06	0,15	08	0,9	0,5	9,0	15,96
"	17	9,93	26	1,50	0,11	0,14	0,51	0,07	0,12	06	0,7	0,4	9,2	16,93
8	86	5,29	38	1,92	0,20	0,17	0,69	0,08	0,01	08	0,6	0,2	1,3	21,39
"	84	5,10	29	1,86	0,18	0,16	0,59	0,08	0,02	08	0,6	0,2	1,1	23,00
9	38	4,95	20	1,88	0,16	0,16	0,39	0,05	0,13	07	0,4	0,2	15,0	16,41
"	38	4,04	24	1,72	0,16	0,15	0,39	0,10	0,15	07	0,5	0,2	15,2	18,70
10	50	7,38	38	1,91	0,12	0,11	0,41	0,14	0,20	19	2,9	0,4	1,0	21,80
"	51	7,75	43	1,94	0,14	0,14	0,43	0,15	0,21	19	2,9	0,6	1,0	21,80
11	34	7,13	31	1,88	0,13	0,14	0,53	0,26	0,05	12	2,1	0,5	0,3	21,40
"	35	7,41	30	1,80	0,13	0,14	0,43	0,11	0,05	12	2,4	0,3	0,3	20,78

* Corresponde as áreas com padrões de crescimentos diferentes (P) onde foram realizadas as diversas amostragens.

X₂= profundidade total do horizonte A

X₃= capacidade de água disponível do solo até uma profundidade máxima de 1,40 m

X₄= Teores de Zinco (1º lançamento)

X₅= Teores de Nitrogênio (1º lançamento)

X₆ e X₇= Respectivamente teores de fósforo (1º e 2º lançamentos)

X₈= Teores de Potássio (1º lançamento)

X₉= Teores de Magnésio (1º lançamento)

X₁₀= Esqueleto de solo do horizonte A

X₁₁ e X₁₂= respectivamente, teores de Cálcio e Cobre do horizonte A - Extração HCl 3%

X₁₃= Teores de Zinco do horizonte A - Extração HCl 0.1N

X₁₄= Declividade da superfície do solo

y = Valores de altura dominante e codominantes aos 15 anos de idade.

TABELA 3. MATRIZ DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS

Prof. HA (cm) X ₂	CAD (HA+HB) (cm) X ₃	Dados de Análises Foliar						Esq. HA (%) X ₁₀	HCl 3%		HCl 0.1N Zn-HA (ppm) X ₁₃	Relevo (%) X ₁₄	hdom (m) Y	
		Zn-1 (ppm) X ₄	N-1 (%) X ₅	P-1 (%) X ₆	P-2 (%) X ₇	K-1 (%) X ₈	Mg-1 (%) X ₉		Ca-HA (%) X ₁₁	Cu-HA (ppm) X ₁₂				
1	0,112	0,633	0,689	0,787	0,536	0,767	0,215	-0,459	0,215	0,098	-0,341	-0,584	0,715	X ₂
	1	0,485	0,021	0,144	0,357	0,292	0,531	-0,712	0,304	0,508	0,058	-0,674	0,547	X ₃
		1	0,752	0,632	0,499	0,654	0,779	-0,520	0,633	0,568	-0,514	-0,620	0,815	X ₄
			1	0,639	-0,472	0,551	0,563	-0,389	0,776	0,419	-0,589	-0,451	0,798	X ₅
				1	0,875	0,786	0,255	-0,482	-0,044	-0,188	-0,717	-0,252	0,694	X ₆
					1	0,727	0,281	-0,673	-0,162	-0,208	-0,748	-0,268	0,678	X ₇
						1	0,398	-0,472	0,113	0,016	-0,583	-0,567	0,688	X ₈
							1	-0,430	0,653	0,673	-0,266	-0,619	0,713	X ₉
								1	0,406	-0,352	0,228	0,710	-0,763	X ₁₀
									1	0,897	-0,021	-0,558	0,524	X ₁₁
										1	0,205	-0,691	0,515	X ₁₂
											1	-0,77	-0,500	X ₁₃
												1	-0,748	X ₁₄
													1	Y

FIGURA 1. CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA, PARA VALORES MÉDIOS DOS HORIZONTES A.

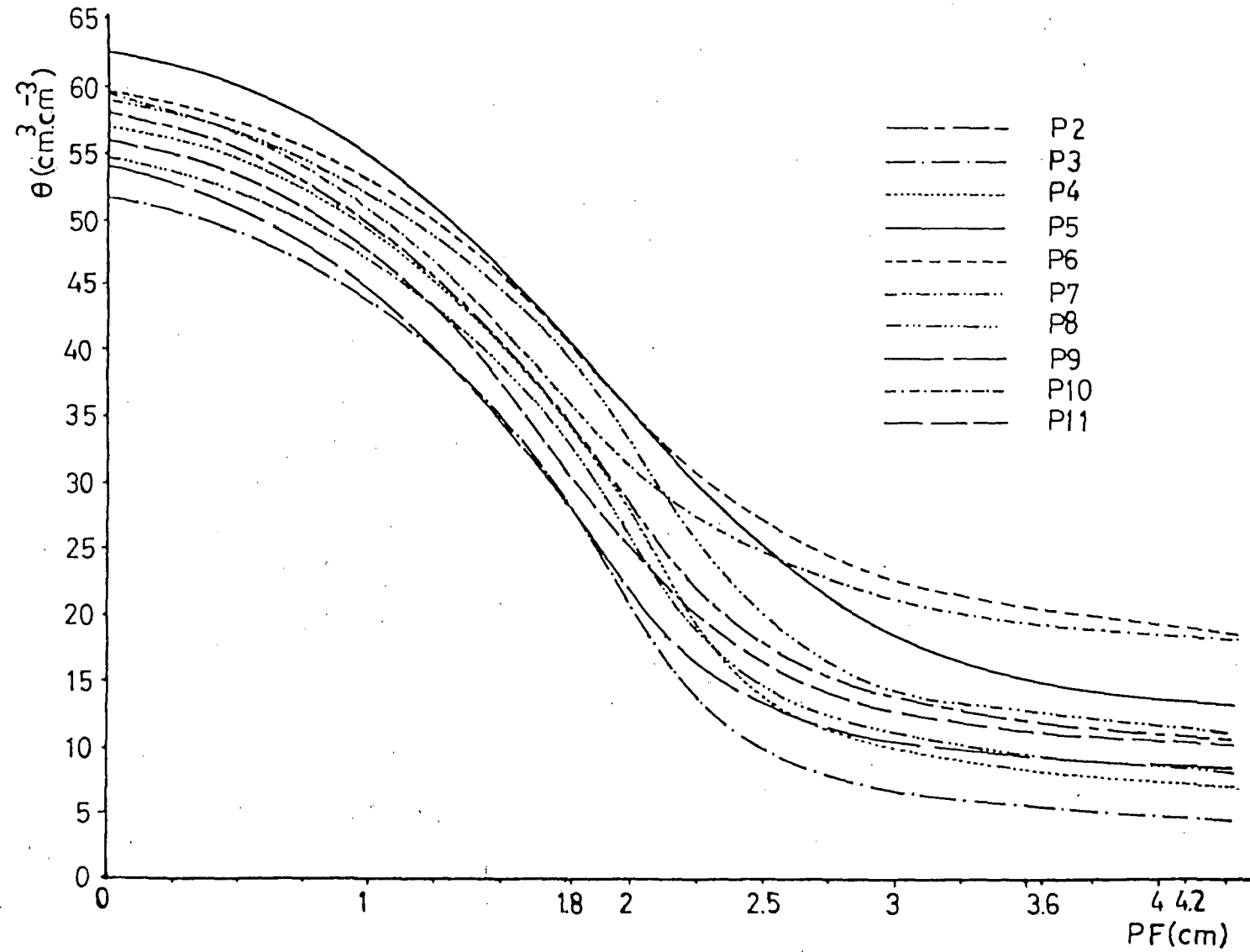
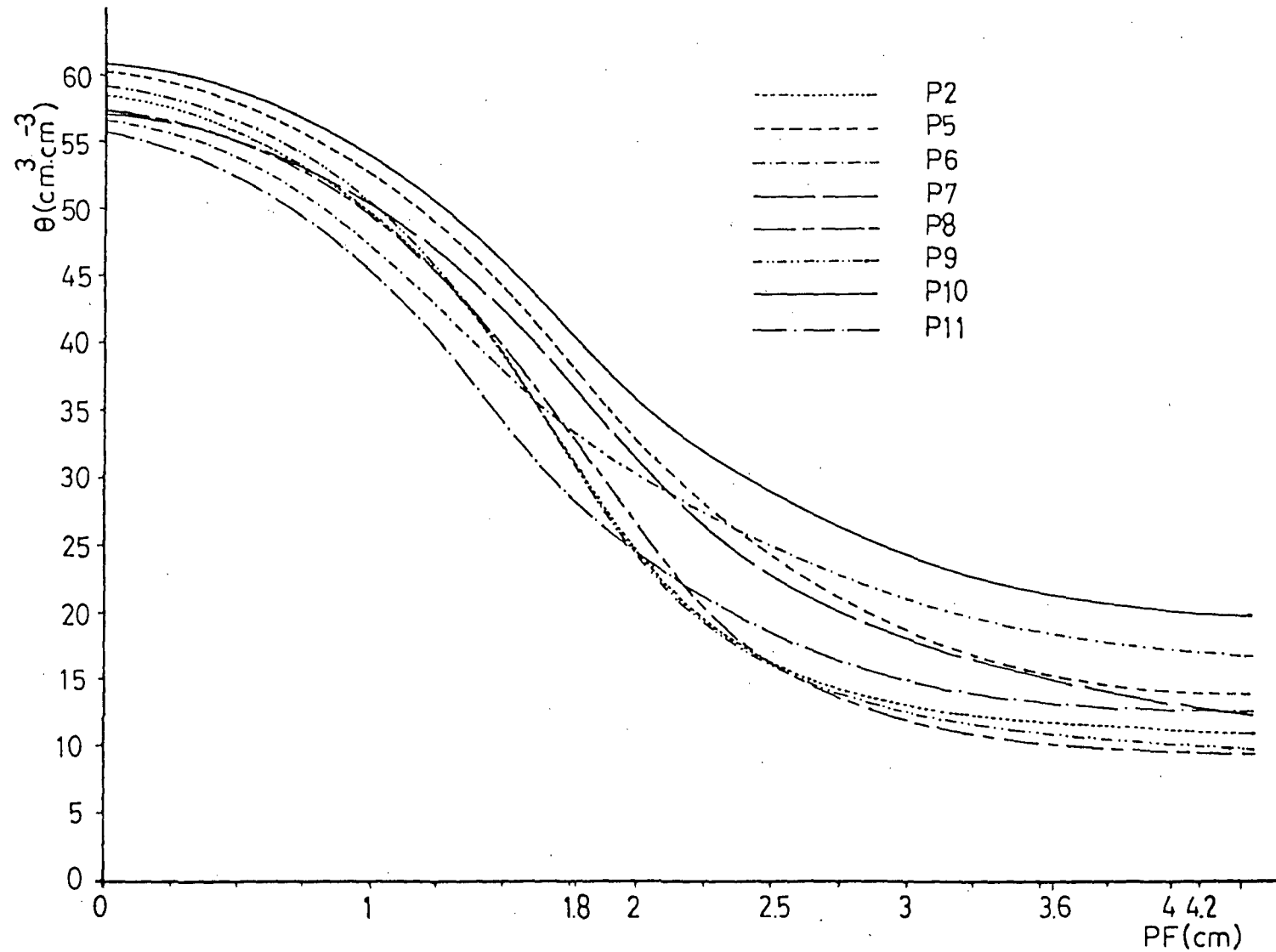


FIGURA 2. CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA PARA OS VALORES MÉDIOS DOS HORIZONTES B DE TODOS OS SÍTIOS, EXCETO OS LITÓLICOS



vez, está relacionado com a topografia do local. Isto vem de encontro com as afirmações de PRITCHETT⁶⁷, que o baixo poder de armazenamento dos solos arenosos podem ser compensados pelo lençol freático próximo à superfície, tornando-o bastante produtivo.

4.2 NÍVEIS DE NUTRIENTES NAS ACÍCULAS E NO SOLO

Os dados da análise química do solo e foliar, estes últimos do primeiro e segundo lançamentos, estão contidos nas Tabelas 15, 16 e 17 (Apêndices 2 e 3).

Para o caso dos dados da análise foliar, encontrou-se para todos os nutrientes, à exceção do Fósforo, melhores correlações com os dados do primeiro lançamento, devido à maior estabilidade dos teores de nutrientes observados em tal lançamento, em relação ao segundo lançamento, concordando com HOYLE & MADER⁴³, KRAMER & KOZLOWSKI⁵³ e FOWELLS & KRAUSS²³. Segundo esses autores, os níveis de nutrientes variam com a localização das folhas, dentre outras várias condicionantes, tratadas no item 2.7.

Comparando os teores determinados (Tabelas 16 e 17), em relação aos teores médios definidos por ZÖTTL *et alii*¹⁰¹ e REISSMANN⁷² (Tabela 1), há em geral teores baixos de Magnésio, exceto nos solos Latossólicos (P₁₀ e P₁₁), onde os teores são maiores. Em relação a mesma tabela observam-se em todos os locais teores médios de Fósforo, Potássio, Boro, Cobre e Zinco, e adequados para Nitrogênio, Ferro e Manganês

No entanto, de acordo com os métodos de avaliação química em relação ao crescimento, o Zinco foi o principal fator limitante ao crescimento neste estudo, variando os teores no

solo (Extrator HCl 0,1N) de 0,2 a 1,4 ppm, sendo que somente em um local dos dez estudados, o teor médio foi superior a 1 ppm, sendo este valor considerado como nível crítico para culturas agrícolas em solos de cerrados (LOPES⁵⁶). Obviamente, o nível crítico em *Pinus taeda* L. para os solos estudados necessita ser ainda confirmado. Mesmo assim, pode-se afirmar que o valor médio de 0,54 ppm determinado no solo com HCl 0,1N, está bem abaixo do valor crítico proposto por LOPES⁵⁶.

Supõe-se que a deficiência de Zinco pode estar associada aos prováveis baixos teores de Zinco "total" em função de materiais de origens pobres neste micronutriente, pois no local de estudo, ocorrem arenitos, argilitos e sedimentos arenosos. Estes substratos apresentam baixos teores de Zinco total em relação às rochas básicas (SCHEFER & SCHACHTSCHABEL⁸¹), devido à presença de Zinco nos minerais dos grupos anfibólicos e piroxênicos que são essenciais nestes últimos (VINOGRADOV⁹⁰).

No Estado do Paraná, SANTOS FILHO⁷⁸ encontrou maiores teores de Zinco total em basalto (159 ppm), os intermediários nos solos originados de migmatito e folhelhos argilosos (60 - 70 ppm), e os menores nos arenitos de (Botucatu = 38 ppm e Furnas = 30 ppm), o Zinco foi extraído pela digestão total com ácido perclórico-fluorídico a quente (JACKSON⁴⁷) e determinado por absorção atômica. As grandes variações dos valores de Zinco nas rochas, influenciaram na distribuição deste elemento nos diferentes solos (SANTOS FILHO⁷⁸); e conseqüentemente no crescimento de árvores, já que neste estudo este elemento é o principal fator limitante.

Supõe-se que os resultados deste trabalho, para o caso do Zinco, concorda com WEDEPOHL⁹³, o qual afirma que os solos

derivados de arenitos, são os que podem apresentar deficiências de Zinco para determinadas culturas, pois além da pequena reserva desse elemento, estes solos apresentam baixos teores de óxidos de ferro, que fixam intensamente tal elemento.

Os teores de Zinco obtidos usando HCl 3%, na maioria dos casos foram maiores aos teores determinados usando como extrator HCl 0.1N, devido ao primeiro ser um extrator mais forte (Tabela 15). O interesse em empregar soluções extratoras diferentes nas análises químicas, foi no sentido de obter melhores resultados na relação de teores de nutrientes no solo com o crescimento das árvores, como também em relação à correlação com os teores nas acículas, pois de acordo com PRITCHETT⁶⁷, as análises de rotina para a agricultura não podem ser extrapoladas totalmente para estudos com florestas.

Todos os teores dos elementos da Tabela 2, tanto da análise foliar como do solo, correlacionam-se com o crescimento em altura das árvores, e a ordem decrescente da correlação linear simples se descreve como segue: Zinco, Nitrogênio, Magnésio, Fósforo e Potássio foliares; Cálcio, Cobre e Zinco, estes três últimos do horizonte A (Tabela 3).

Um fato interessante ocorre com teores de Alumínio nas folhas, apresentando alta correlação com a altura ($R = 0,80$), fato já comentado por TRUMAN *et alii*⁸⁷ que estranharam esta correlação positiva, uma vez que este elemento químico é considerado tóxico para as plantas.

No caso deste estudo, este elemento foi substituído pelos elementos Zinco e Magnésio foliares, que apresentaram com o Alumínio, valores de correlação linear simples iguais a 0,91 e 0,81, respectivamente. Estes dados foram obtidos na seleção preliminar das variáveis, por isso não constam nas Tabelas 2 e 3.

4.3 DADOS E RESULTADOS OBTIDOS DA ANÁLISE DE TRONCO

Através da análise de tronco foi possível obter os dados de altura e diâmetro, e com base nestas duas características, calculou-se o volume total para cada ano de crescimento, assim também fez-se os cálculos dos incrementos médios anuais (IMA) e incrementos correntes anuais (ICA), para a altura, diâmetro e volume (Tabelas 4 e 5).

4.3.1 Descrição do desenvolvimento das alturas em relação às idades e locais

Na Figura 3 são visualizados os desenvolvimentos das alturas em relação às idades para os dez locais, notando-se uma grande amplitude na variação de crescimento entre os locais ruins e bons.

FIGURA 3. ALTURA TOTAL (h_{dom}) EM RELAÇÃO ÀS IDADES CORRESPONDENTES PARA OS DEZ LOCAIS

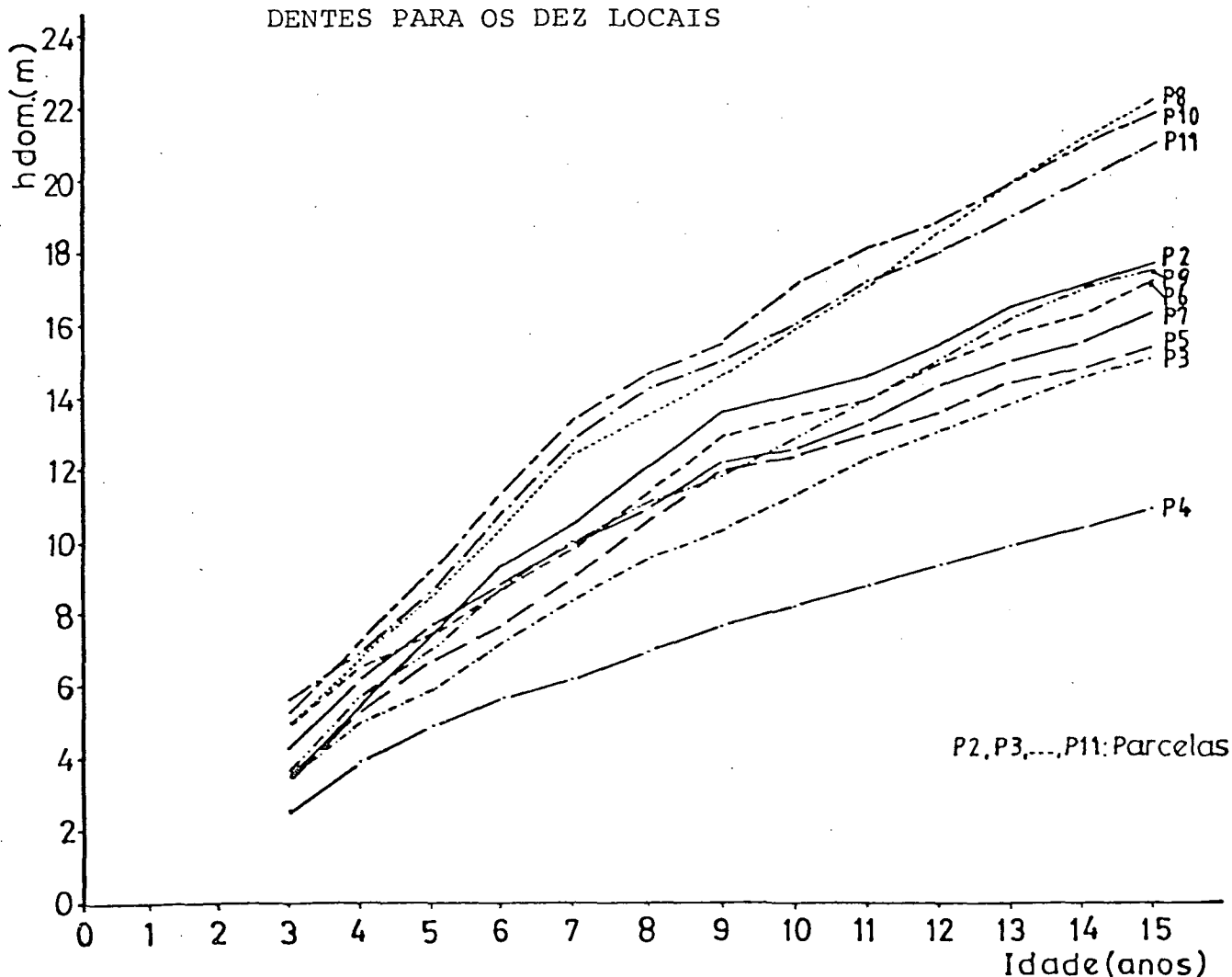


TABELA 4. RELAÇÃO DA ALTURA MÉDIA COM A IDADE, OBTIDOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE TRONCO PARA OS DEZ LOCAIS ESTUDADOS

Locais	Altura (m)													
	Idade (anos)													
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	3,56	5,56	7,55	9,36	10,58	12,12	13,71	14,13	14,57	15,57	16,54	17,33	17,71	18,37
3	3,70	5,00	5,91	7,27	8,35	9,64	10,33	11,30	12,31	13,08	13,86	14,53	15,10	15,67
4	2,53	3,93	4,89	5,68	6,23	6,99	7,68	8,21	8,90	9,38	9,91	10,42	10,95	11,31
5	3,45	5,34	6,76	7,72	9,08	10,64	11,93	12,44	12,94	13,60	13,96	14,80	15,37	15,73
6	5,00	6,59	7,44	8,77	9,83	11,37	12,97	13,53	13,91	14,98	15,80	16,30	17,36	17,83
7	4,37	6,22	7,73	8,82	9,90	10,94	12,17	12,47	13,26	14,28	15,08	15,62	16,44	16,85
8	4,97	6,87	8,51	10,41	12,40	13,53	14,66	15,95	17,01	18,59	20,03	21,17	22,19	23,25
9	3,58	5,68	7,16	8,68	10,04	11,10	11,89	12,81	13,97	14,90	16,22	17,13	17,55	
10	5,28	7,51	9,25	11,38	13,46	14,72	15,72	17,11	18,24	18,91	19,96	21,01	21,85	
11	5,57	6,98	8,60	10,86	12,83	14,54	15,07	15,95	17,17	18,00	19,02	20,05	21,09	

TABELA 5. VALORES DOS INCREMENTOS MÉDIOS E CORRENTES ANUAIS OBTIDOS DA ANÁLISE DE TRONCO

Idade (anos)	Incrementos em diâmetro ($d_{1,3}$) (cm)						Incrementos em altura (h_{dom}) (m)						Incrementos em volume * (m^3)					
	Local 4		Local 6		Local 10		Local 4		Local 6		Local 10		Local 4		Local 6		Local 10	
	IMA	ICA	IMA	ICA	IMA	ICA	IMA	ICA	IMA	ICA	IMA	ICA	IMA	ICA	IMA	ICA	IMA	ICA
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23	0,68	0,68	0,70	0,70	5E-4	5E-4	8E-3	8E-3	6E-3	6E-3
2	0,23	0,47	0,86	1,72	1,62	3,25	0,69	1,15	1,00	1,31	1,45	2,21	0,02	0,04	0,06	0,12	0,12	0,23
3	0,96	2,42	1,71	3,42	2,46	4,15	0,84	1,13	1,67	3,00	1,76	2,37	0,10	0,22	0,24	0,60	0,46	1,14
4	1,45	2,92	2,22	3,75	2,64	3,57	0,98	1,39	1,64	1,59	1,78	2,03	0,22	0,63	0,53	1,41	0,87	2,13
5	1,51	1,75	2,44	3,30	2,73	3,07	0,97	0,96	1,48	0,84	1,85	1,93	0,31	0,63	0,85	2,11	1,35	3,24
6	1,51	1,52	2,44	2,47	2,66	2,32	0,94	0,78	1,46	1,33	1,89	2,13	0,38	0,76	1,13	2,66	1,88	4,53
7	1,49	1,37	2,30	1,45	2,65	2,55	0,89	0,55	1,40	1,05	1,92	2,07	0,45	0,87	1,30	2,22	2,49	6,18
8	1,49	1,50	2,21	1,60	2,50	1,50	0,87	0,76	1,42	1,54	1,84	1,26	0,55	1,27	1,56	3,34	2,83	5,17
9	1,46	1,17	2,19	2,05	2,36	1,27	0,85	0,69	1,44	1,59	1,74	0,99	0,64	1,29	2,00	5,56	3,04	4,75
10	1,40	0,90	2,05	0,82	2,27	1,45	0,82	0,52	1,35	0,56	1,70	1,39	0,69	1,18	2,07	2,73	3,37	6,35
11	1,35	0,82	1,93	0,65	2,15	0,95	0,80	0,59	1,26	0,37	1,65	1,12	0,75	1,30	2,11	2,46	3,59	5,56
12	1,34	1,20	1,88	1,42	2,03	0,72	0,78	0,57	1,24	1,07	1,57	0,66	0,85	2,01	2,35	4,99	3,66	4,37
13	1,30	0,90	1,83	1,15	1,96	1,12	0,76	0,52	1,21	0,81	1,53	1,04	0,91	1,69	2,56	5,06	4,01	8,17
14	1,26	0,67	1,74	0,60	1,88	0,92	0,74	0,51	1,16	0,49	1,49	1,05	0,95	1,43	2,63	3,52	4,21	6,81
15	1,23	0,87	1,69	0,97	1,82	0,80	0,72	0,52	1,15	1,05	1,45	0,83	1,04	2,27	2,82	5,57	4,36	6,63

* Valores de incrementos de volumes x 100

4.3.2 Análise das curvas de incrementos

Com os dados da Tabela 5 fez-se os gráficos das curvas de incrementos (Figuras 4, 5 e 6); e pela análise destas curvas pode-se supor que os sítios bons são muito mais sensíveis às variações climáticas. Este fato necessita ser confirmado através de correlações com as variações climáticas ocorridas no local. Isto demonstra-se com as altas variações de ano para ano nos melhores locais, ocorrendo o contrário em locais ruins ou de menor crescimento.

FIGURA 4. INCREMENTO MÉDIO E CORRENTE ANUAL DO DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP)

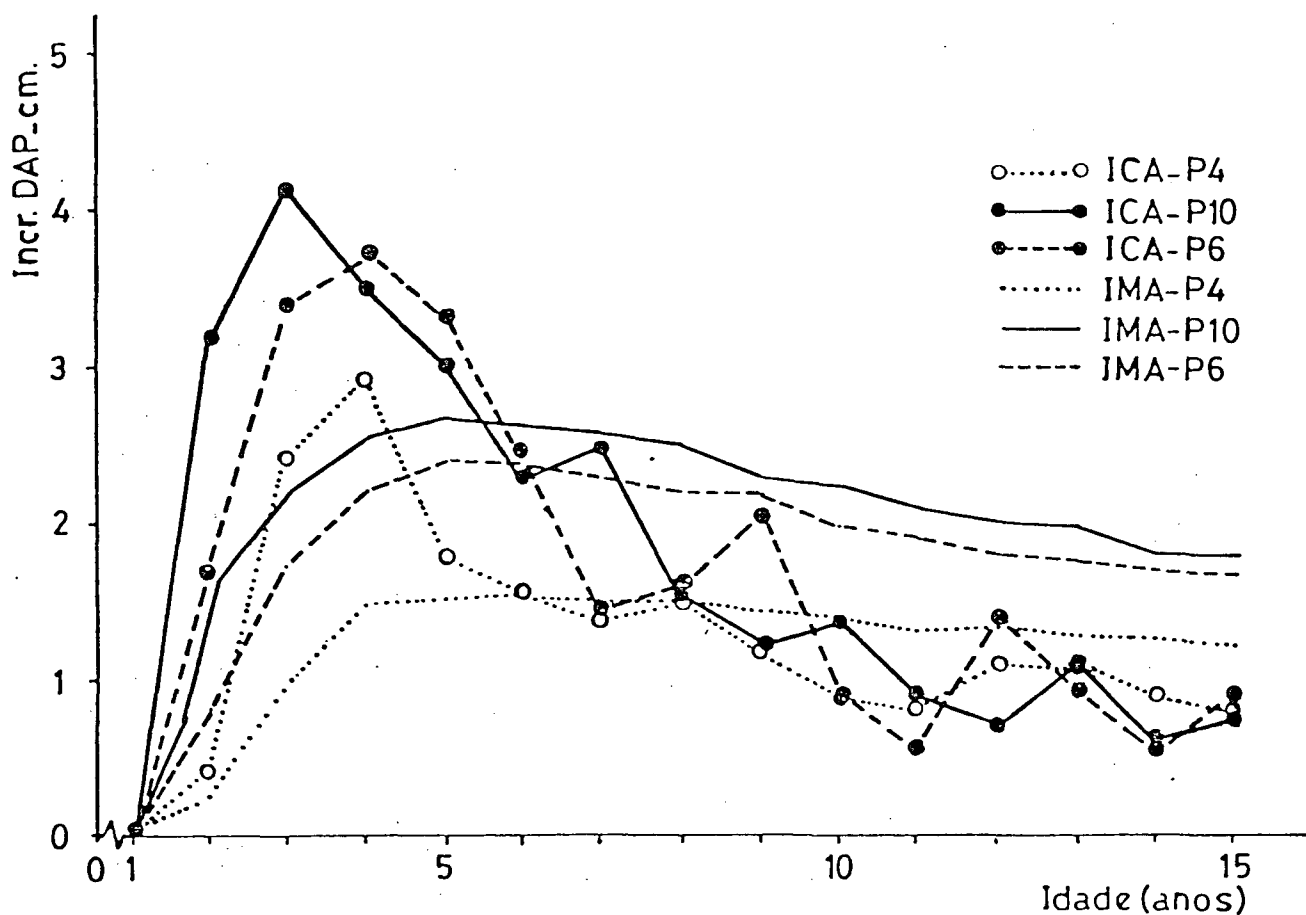


FIGURA 5. INCREMENTO MÉDIO E CORRENTE ANUAL DA ALTURA TOTAL

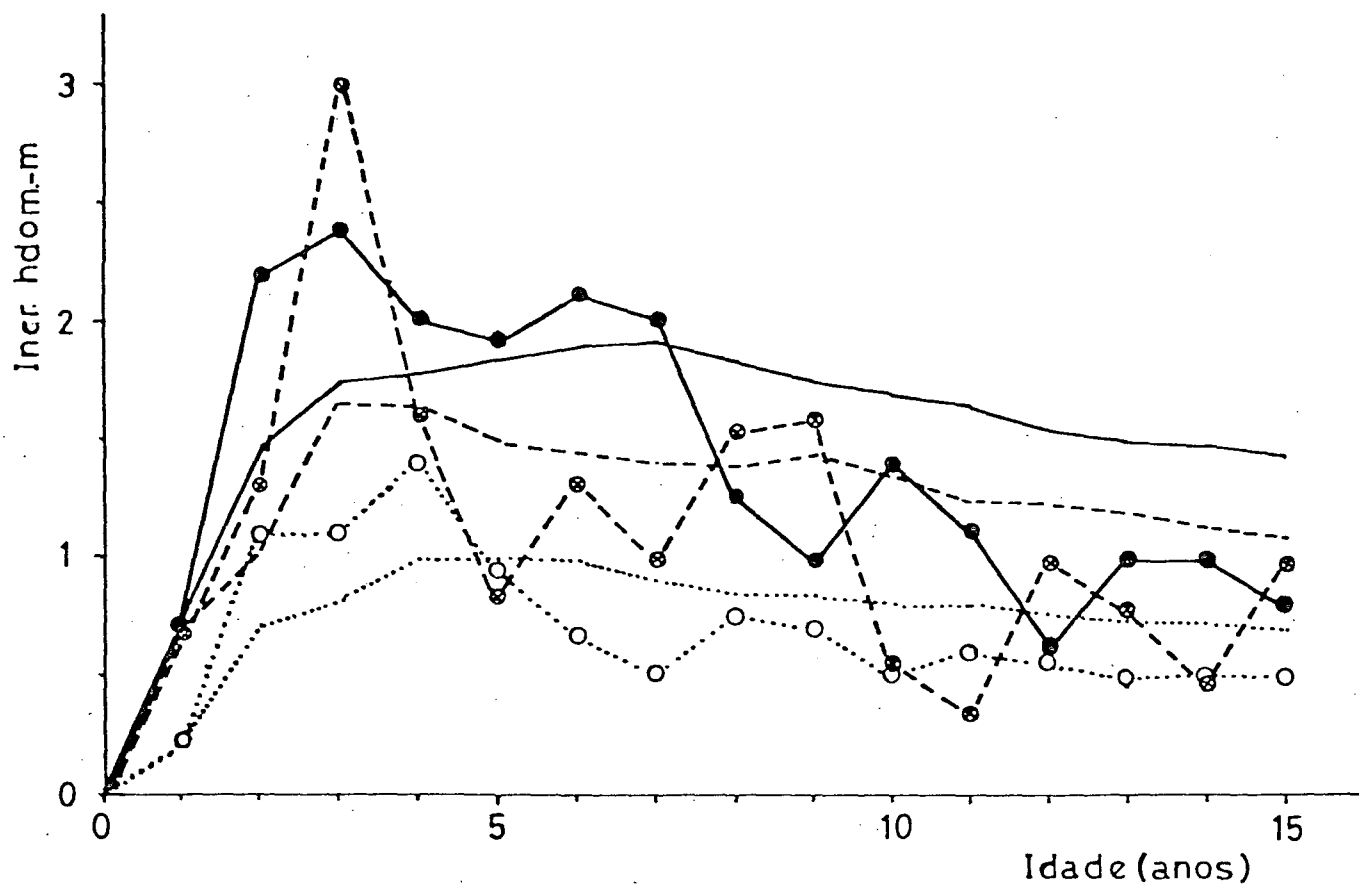
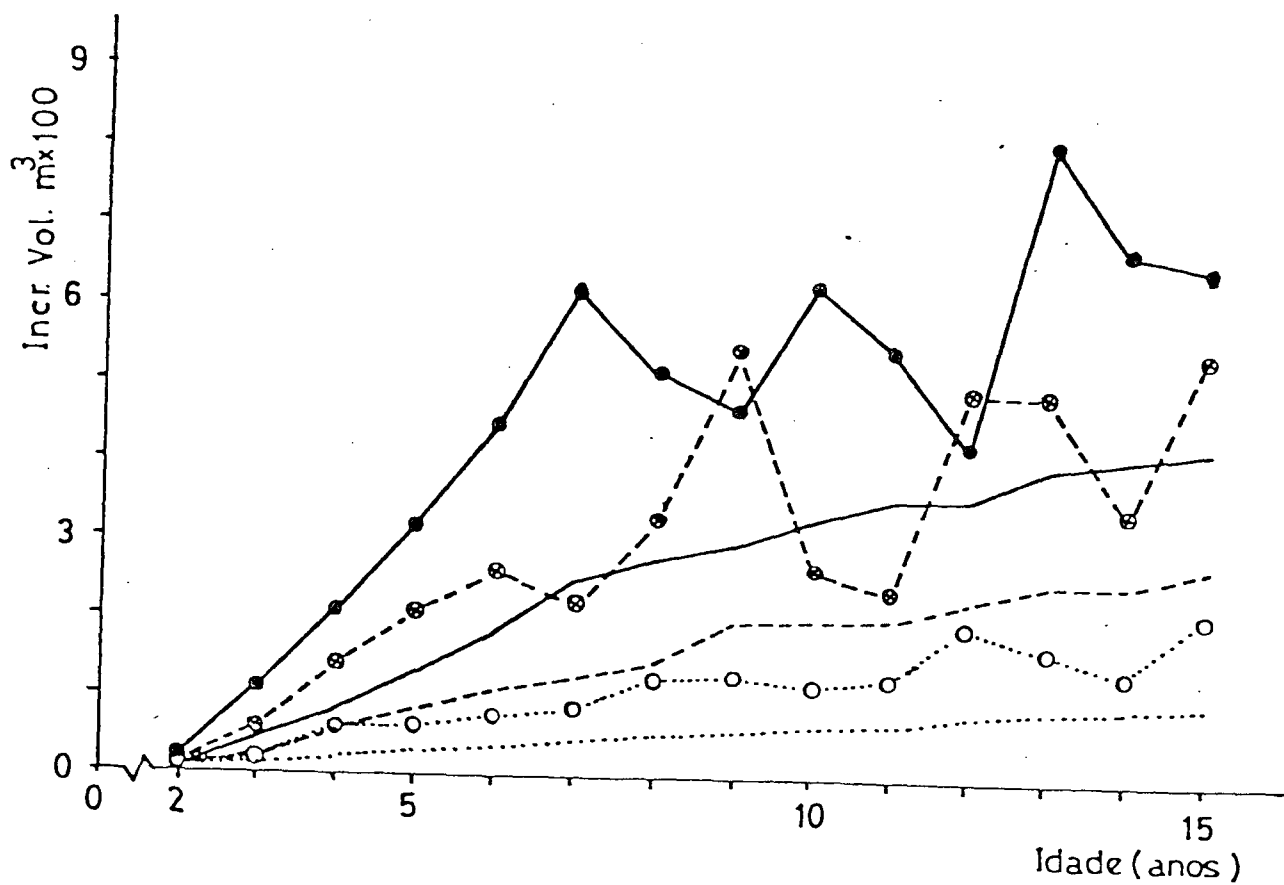


FIGURA 6. INCREMENTO MÉDIO E CORRENTE ANUAL DO VOLUME



Analisando-se os gráficos de incrementos, e de forma mais evidente no incremento diamétrico, verifica-se que a culminação nos sítios bons ocorre mais cedo, como é o normal. No entanto, os locais médios e principalmente os pobres culminam mais tarde, com um decréscimo acelerado, marcando um crescimento bom, em um curto intervalo de tempo. Este intervalo de bom crescimento é mais longo em locais bons. Este fato chamou a atenção já no momento da medição dos anéis. Analisando a Figura 4, observa-se que o local quatro (P_4) teve um incremento acelerado do diâmetro até o 4º ano, declinando-se em seguida para manter-se quase constante a partir do 5º ano em diante. Isto não ocorreu igualmente para os locais médios e bons (P_6 e P_{10}). A explicação desta diferença deve estar ligada às condicionantes do crescimento do meio, principalmente aos fatores limitantes encontrados como resultante desta pesquisa.

4.4 PROCESSAMENTO ESTATÍSTICO DAS VARIÁVEIS

Consistiu nas análises e testes empregadas na seleção das variáveis pelos métodos já detalhados, a fim de obter modelos adequados para as estimativas das alturas.

4.4.1 Variáveis selecionadas preliminarmente

Na Tabela 2 estão relacionados os dados correspondentes as 13 variáveis independentes e a variável resposta, em relação aos dez locais.

Como foi mencionado no item 3.8 todas as variáveis da Tabela 2 apresentaram significância do teste F ao nível de $P = 0,95$ de probabilidade, obtidos através de regressão linear simples com cada uma das variáveis independentes e a variável resposta (altura).

4.4.2 Correlação linear simples entre as variáveis

Com os valores médios da Tabela 2, foram calculadas as correlações lineares simples entre as variáveis envolvidas e os resultados constam na Tabela 3.

Algumas variáveis como por exemplo a altura e o teor de Zinco foliar, teores de Cálcio e Cobre do horizonte A, apresentaram forte correlações entre si, ocorrendo o contrário com outros, como nos casos dos teores de Cálcio e Zinco do horizonte A. Isto explica a interrelação entre certas variáveis.

4.4.3 Variáveis selecionadas por STEPWISE e ajuste das equações para estimativas das alturas

Este método de seleção de variáveis para um "F" de corte de 0,90 de probabilidade selecionou as variáveis teores foliares de Zinco (X_4), Esqueleto do solo (X_{10}) e teores foliares de Nitrogênio, com valores de R^2 acumulados sendo, respectivamente, 0,65; 0,87 e 0,91. Quando o valor de "F" de corte foi reduzido a 0,5, foram incluídas ainda as variáveis CAD - HA + HB (X_3) e Cobre - HA (X_{12}) e os valores de R^2 acumulados, considerando-se as três variáveis previamente selecionadas, foram respectivamente, 0,91 e 0,92.

A inclusão dessas duas variáveis, assim como as oito variáveis não selecionadas, poucos poderiam contribuir para a melhora do ajuste dos modelos, conforme já era esperado.

As equações ajustadas com variáveis selecionadas por STEPWISE, para estimar a altura estão a seguir:

$$\text{Log } h = b_0 + b_1 \text{ Zn-1} + b_2 \text{ N-1} + b_3 \text{ Esqueleto} - \text{HA}$$

$$b_0 = 0,924971$$

$$b_1 = 0,004537 \quad t = 6,64^{**}$$

$$b_2 = 0,136708 \quad t = 14,43^{**}$$

$$b_3 = -0,050288 \quad t = -6,17^{**}$$

** Significativo ao nível de $P = 0,99$ de probabilidade

Valores de t tabulados

$$t(16; 0,05) = 2,12$$

$$t(16; 0,01) = 2,92$$

Indicadores do ajuste da regressão:

$$F = 52,28^{**}$$

$$R^2 = 0,91$$

$$S_{xy} = 0,0298$$

$$S_{xy}\% = 2,4147$$

Modelo B:

$$\text{Log } h = b_0 + b_1 \cdot \text{CAD}(\text{HA} + \text{HB}) + b_2 \text{ Zn-1} + b_3 \text{ N-1} + \\ + b_4 \text{ Esqueleto HA} + b_5 \text{ Cu-HA}$$

$$b_0 = 1,015966$$

$$b_1 = -0,005920 \quad t_1 = -1,63 \text{ n.s.}$$

$$b_2 = 0,004768 \quad t_2 = 5,29^{**}$$

$$b_3 = 0,095491 \quad t_3 = 6,32^{**}$$

$$b_4 = -0,062180 \quad t_4 = -5,93^{**}$$

$$b_5 = 0,011982 \quad t_5 = 1,07 \text{ n.s.}$$

n.s. = não significativo

Valores de t tabulados

$$t(14; 0,05) = 2,15$$

$$t(14; 0,01) = 2,97$$

Indicadores do ajuste da regressão:

$$F = 31,67^{**}$$

$$R^2 = 0,92$$

$$S_{xy} = 0,0298$$

$$S_{xy}\% = 2,4180$$

Os resíduos padronizados do modelo A, estão representados na Figura 7 e os do modelo B na Figura 8.

FIGURA 7. RESÍDUOS PADRONIZADOS (D) DA VARIÁVEL RESPOSTA EM RELAÇÃO ÀS ALTURAS ESTIMADAS PELO MODELO A

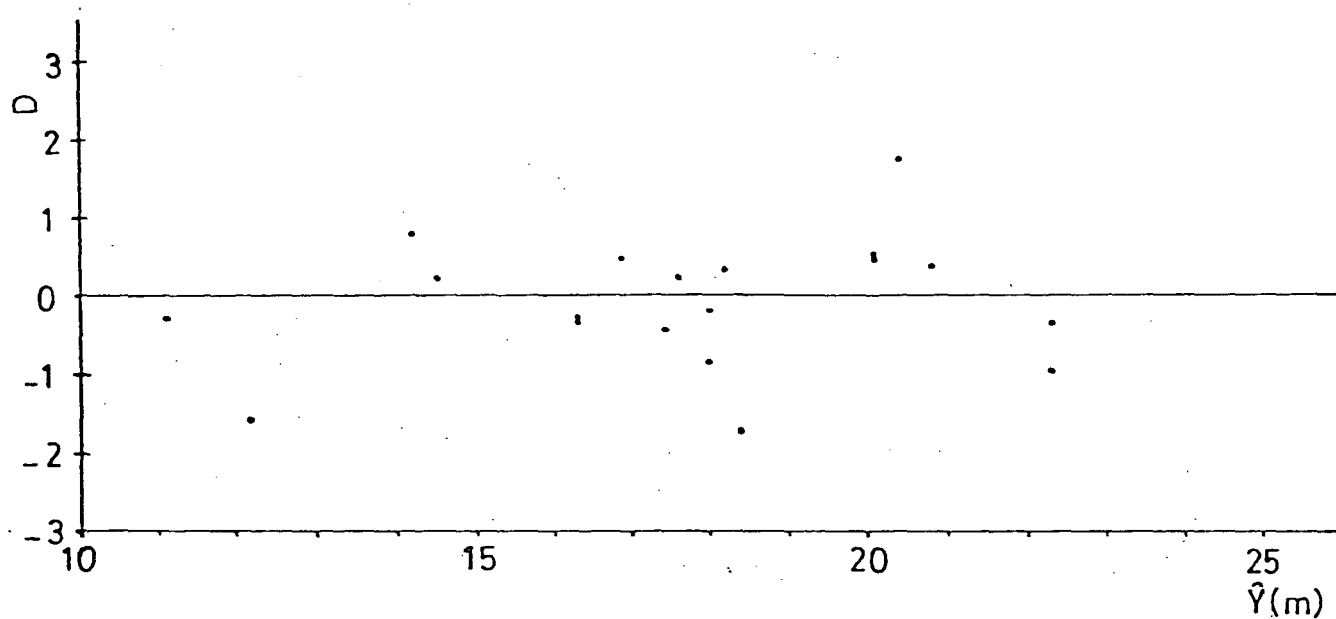
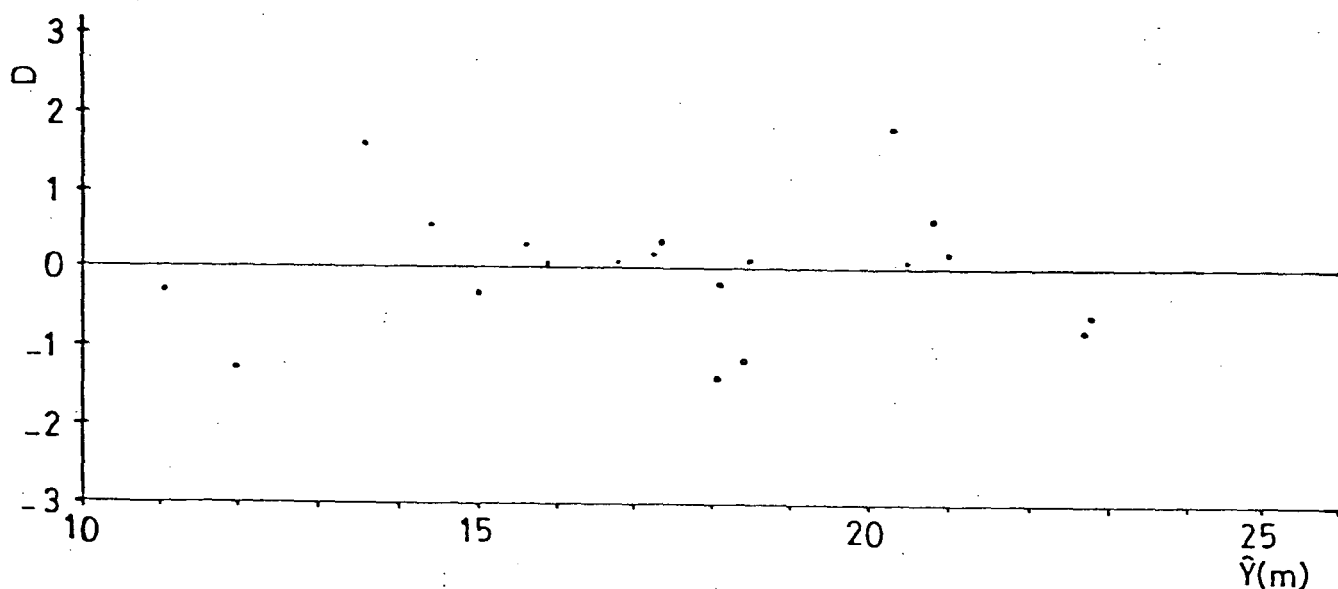


FIGURA 8. RESÍDUOS PADRONIZADOS (D) DA VARIÁVEL RESPOSTA EM RELAÇÃO ÀS ALTURAS ESTIMADAS PELO MODELO B



4.4.4 Variáveis selecionadas por ACP e ajuste da equação para estimativa das alturas

Pela análise dos componentes principais selecionou-se entre as variáveis, aquelas que tinham menor multicolinearidade e que ao mesmo tempo absorviam a maior quantidade de variação total.

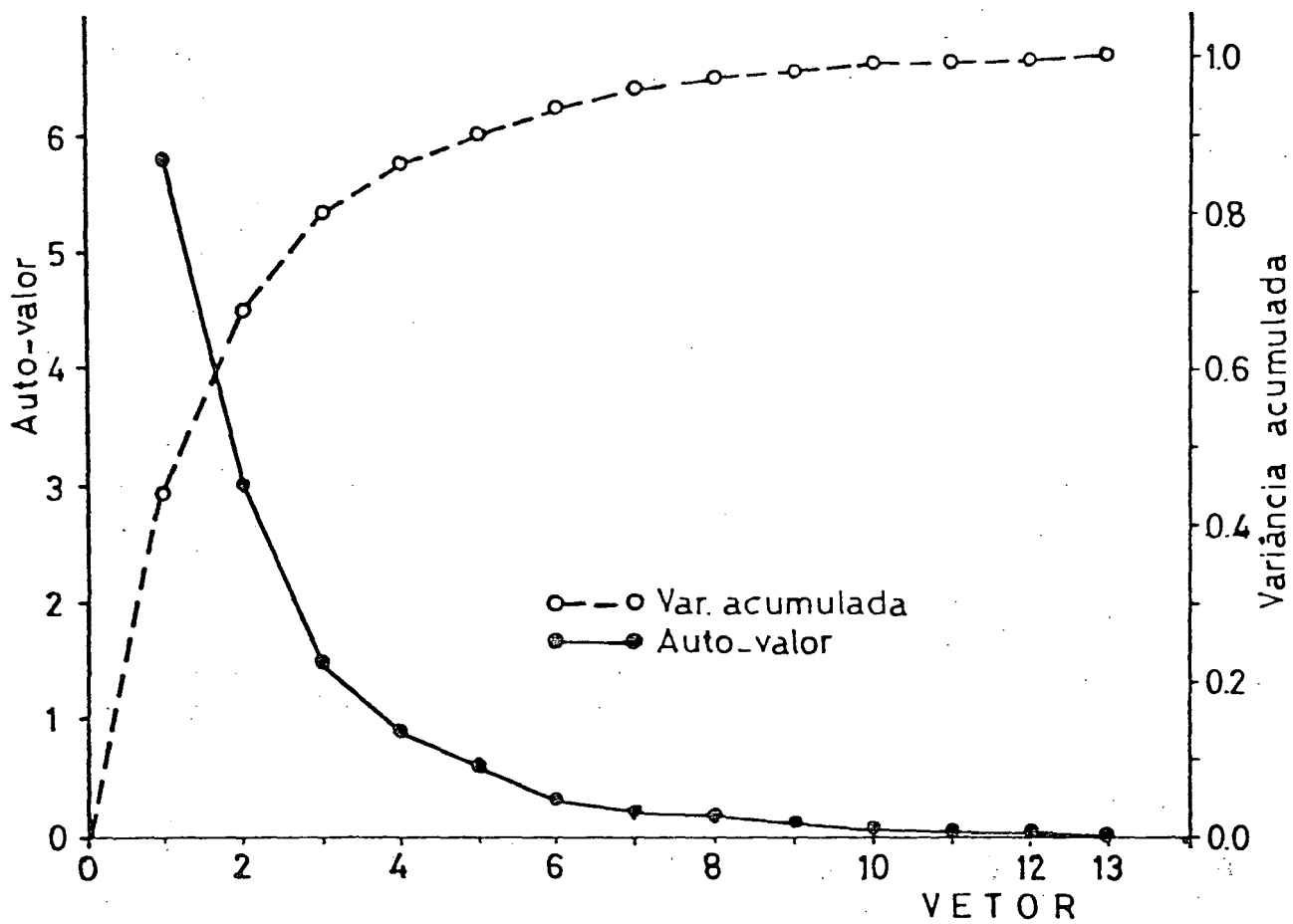
Na Tabela 6 são apresentados os auto-valores ou "eigenvalues" (λ_i) de cada componente principal, a variância relativa do vetor em relação à variância total e acumulada.

TABELA 6. AUTO-VALORES E VARIÂNCIAS RELATIVAS E ACUMULADAS DOS COMPONENTES PRINCIPAIS

Vetor	Auto-valores (λ_i)	Variância relativa	Variância acumulada
1	5,7654	0,4435	0,4435
2	3,0113	0,2316	0,6751
3	1,5065	0,1158	0,7909
4	0,8929	0,0686	0,8595
5	0,6236	0,0479	0,9074
6	0,3516	0,0270	0,9344
7	0,3349	0,0257	0,9601
8	0,2141	0,0165	0,9766
9	0,1464	0,0112	0,9878
10	0,0719	0,0055	0,9933
11	0,0437	0,0033	0,9966
12	0,0328	0,0025	0,9991
13	0,0044	0,0003	0,9994

Na Tabela 6 e Figura 9 verifica-se que os cinco primeiros vetores absorvem em torno de 91% da variação total.

FIGURA 9. AUTO-VALORES E VARIÂNCIAS ACUMULADAS DOS TREZE COMPONENTES PRINCIPAIS



Na Tabela 7 são apresentados os cinco vetores e seus coeficientes a_{ij} .

TABELA 7. AUTO-VETORES DOS CINCO PRIMEIROS COMPONENTES PRINCIPAIS

Variável	Vetor 1 \hat{e}_1	Vetor 2 \hat{e}_2	Vetor 3 \hat{e}_3	Vetor 4 \hat{e}_4	Vetor 5 \hat{e}_5
X ₂	0,3079	-0,1575	0,0580	0,6049*	-0,0182
X ₃	0,2311	0,2145	-0,5159	-0,2767	0,0578
X ₄	0,3644*	0,0650	0,1471	-0,1070	-0,3120
X ₅	0,2961	-0,0448	0,4002	0,0001	0,5285*
X ₆	0,2893	-0,3624	0,0494	0,0864	0,1236
X ₇	0,2829	-0,3439	-0,1393	-0,2265	0,2041
X ₈	0,3198	-0,1987	-0,0267	0,1799	-0,5129
X ₉	0,2706	0,2422	0,1383	-0,3383	-0,4034
X ₁₀	-0,2733	0,0020	0,5157*	0,0648	-0,2897
X ₁₁	0,2009	0,4011	0,3467	0,0354	0,1854
X ₁₂	0,1922	0,4890*	0,1136	-0,0460	0,1311
X ₁₃	-0,2029	0,3285	-0,2336	0,4707	0,0241
X ₁₄	-0,3142	-0,2588	0,2306	-0,3334	0,0243

* variáveis selecionadas

As variáveis selecionadas foram aquelas de maior valor absoluto de seus auto-vetores (coeficientes com asteriscos na Tabela 7), e que não fossem correlacionadas entre si (ausência de colinearidade). Isto foi feito através da matriz de correlação simples entre a variância (Tabela 3).

Segundo ISEBRANDS & CROW⁴⁵, quando os auto-valores das variáveis Xi estão próximos a zero, existe colinearidade entre variáveis (alta correlação), conseqüentemente nessa situação uma variável pode ser expressa em termos de outra. Por isto, o limite de $\lambda_i=1$ proposto por JEFFERS⁴⁹ em 1964 para estudos biológicos.

As interações entre as variáveis foram analisadas na matriz de correlação (Tabela 3). CARMEAN¹², destacou a importância dos estudos das interrelações e mencionou que se pode melhorar a precisão das equações de regressão, identificando e expressando apropriadamente, essas possíveis interações. Sugeriu identificar as interações através de matriz de correlação linear simples.

O modelo ajustado para estimar as alturas com as cinco variáveis selecionadas pelo ACP, segundo a Tabela 7 consta a seguir, enquanto os resíduos padronizados estão na Figura 10.

Modelo C:

$$\text{Log } h = b_0 + b_1 \text{Prof. HA} + b_2 \text{Zn-1} + b_3 \text{N-1} + b_4 \text{Esqueleto - HA} + b_5 \text{Cu - HA}$$

$$b_0 = 0,951015$$

$$b_1 = 0,000502 \quad t_1 = 0,92 \text{ n.s.}$$

$$b_2 = 0,003858 \quad t_2 = 3,46 **$$

$$b_3 = 0,112255 \quad t_3 = 7,41 **$$

$$b_4 = -0,047834 \quad t_4 = -5,36 **$$

$$b_5 = 0,008884 \quad t_5 = 0,77 \text{ n.s.}$$

Indicadores do ajuste da regressão:

$$F = 29,56 **$$

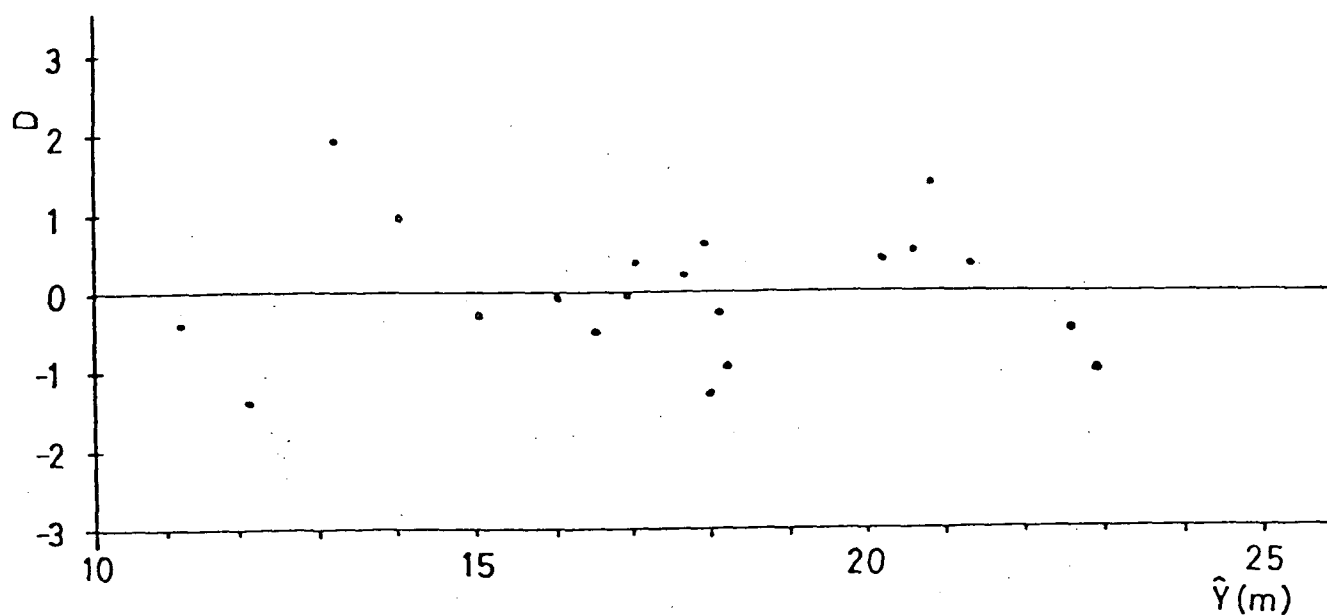
$$R^2 = 0,91$$

$$S_{xy} = 0,0308$$

$$S_{xy}\% = 2,4955$$

Em nenhuma das três regressões ajustadas anteriormente observaram-se tendências definidas, conforme análise gráfica dos resíduos.

FIGURA 10. RESÍDUOS PADRONIZADOS (D) DA VARIÁVEL RESPOSTA EM RELAÇÃO AS ALTURAS ESTIMADAS PELO MODELO C



4.4.5 Análises de variâncias dos modelos ajustados por regressão

Os resultados para o teste F dos ajustes dos três modelos selecionados pelos dois métodos de seleção de variáveis tratados anteriormente são apresentados nas Tabelas de ANOVAS 8, 9 e 10.

TABELA 8. ANOVA DO AJUSTE DO MODELO COM AS VARIÁVEIS X_4 , X_5 e X_{10}

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Regressão	3	0,13969	0,04656	52,28 **
Erro	16	0,01425	8,90625E-4	
Total	19	0,15394		

Valores de F tabulados:

$$F(3,16; 0,05) = 3,24$$

$$F(3,16; 0,01) = 5,29$$

TABELA 9. ANOVA DO AJUSTE DO MODELO COM AS VARIÁVEIS X_3 , X_4 ,
 X_5 , X_{10} e X_{12}

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Regressão	5	0,14144	0,02828	31,67 **
Erro	14	0,01250	8,9285E-4	
Total	19	0,15394		

Valores de F tabulados:

$$F(5,14; 0,05) = 2,96$$

$$F(5,14; 0,01) = 4,69$$

TABELA 10. ANOVA DO AJUSTE DO MODELO COM AS VARIÁVEIS X_2 , X_4 ,
 X_5 , X_{10} e X_{12}

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Regressão	5	0,14062	0,02812	29,56 **
Erro	14	0,01332	9,51428E-4	
Total	19	0,15394		

4.4.6 Acuracidade dos modelos de regressão

A acuracidade do ajuste dos modelos estimativos da altura a partir das variáveis observadas, foram analisadas através dos índices de ajuste para cada modelo, como também da análise da distribuição gráfica dos resíduos.

Através dos modelos ajustados e dos dados observados (Tabela 2) foram obtidas estimativas das alturas (Tabela 11) com os três modelos (Modelo A, B e C).

TABELA 11. VALORES MÉDIOS DE hdom OBSERVADOS E ESTIMADOS
PELAS TRÊS EQUAÇÕES PARA OS DEZ LOCAIS NA IDADE
DE 15 ANOS

Locais	Altura observada (m)	Alturas estimadas		
		Modelo A (m)	Modelo B (m)	Modelo C (m)
2	17,71	17,23	17,30	17,34
3	15,10	13,75	13,98	13,65
4	10,95	11,64	11,56	11,68
5	15,37	15,41	15,47	15,81
6	17,36	17,96	18,28	18,14
7	16,44	16,88	16,19	16,47
8	22,19	21,59	21,45	21,89
9	17,55	18,36	18,32	17,96
10	21,85	22,96	23,44	21,92
11	21,09	20,53	20,79	20,42

A relação entre as alturas observadas e alturas estimadas por esses modelos para os dez locais estão apresentadas nas Figuras 11, 12 e 13.

FIGURA 11. RELAÇÃO DAS ALTURAS OBSERVADAS E ESTIMADAS PARA OS DEZ LOCAIS ATRAVÉS DO MODELO A

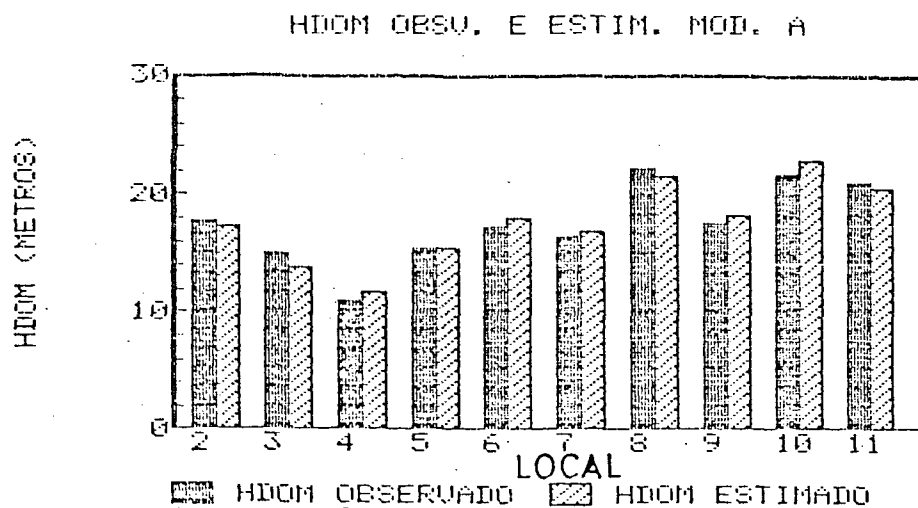


FIGURA 12. RELAÇÃO DAS ALTURAS OBSERVADAS E ESTIMADAS PARA OS DEZ LOCAIS ATRAVÉS DO MODELO B

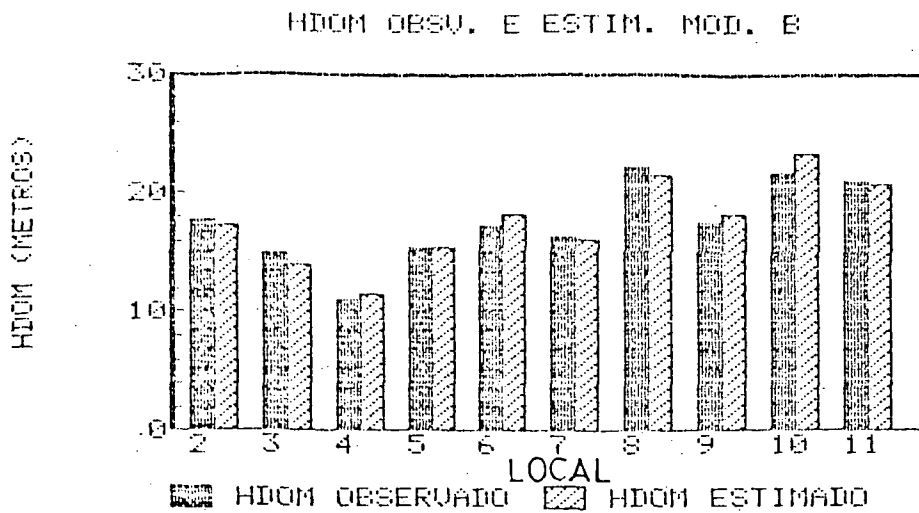
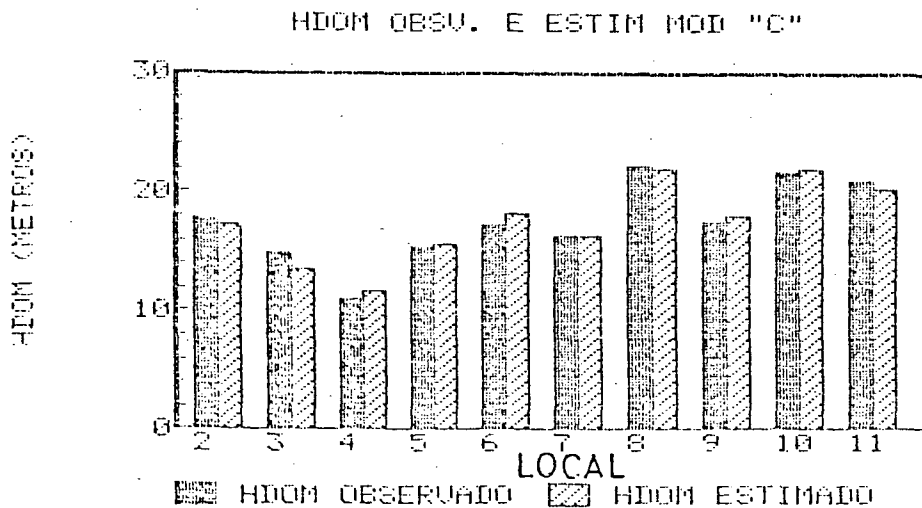


FIGURA 13. RELAÇÃO DAS ALTURAS OBSERVADAS E ESTIMADAS PARA OS DEZ LOCAIS ATRAVÉS DO MODELO C

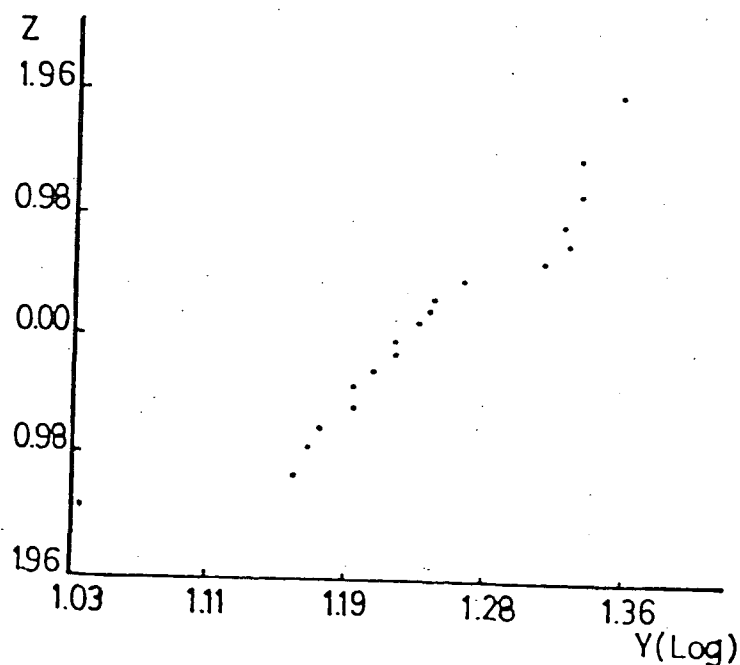


Observa-se bons ajustes dos três modelos, sendo que as três variáveis (Zinco e Nitrogênio foliares e Esqueleto do solo), são as que mais contribuíram para a explicação da variação dos índices do sítio, verificadas através da significância dos coeficientes nos testes t parciais respectivos.

4.4.7 Análise de normalidade da variável resposta

Através do estudo de significância da correlação dos escores padronizados da variável resposta logaritmizada, em relação a valores observados da própria variável, obteve-se o valor de $R(Z, Y) = 0,96$, que conferindo na tabela para teste de normalidade do coeficiente de correlação, confirma a normalidade dos dados. Graficamente tal relação pode ser visualizada na Figura 14.

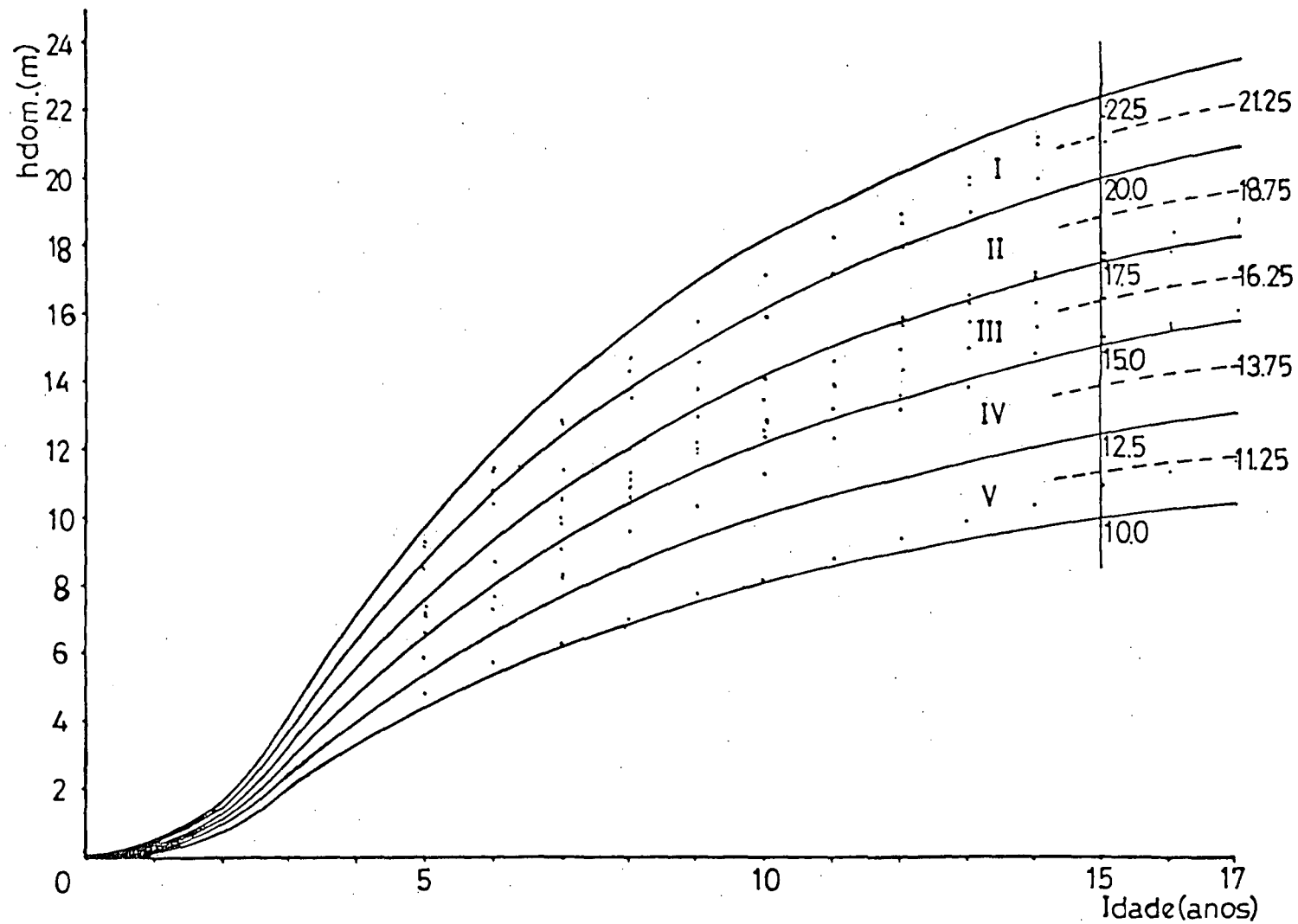
FIGURA 14. ESCORES PADRONIZADOS DA VARIÁVEL RESPOSTA



4.5 CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO

Foram plotadas as alturas em relação às idades correspondentes para os dez locais (Figura 15). As curvas anamórficas foram traçadas segundo especificações dos itens 3.12.1 e 3.12.3.

FIGURA 15. CURVAS ANAMÓRFICAS DE ÍNDICE DE SÍTIOS



Os coeficientes e indicadores do ajuste da curva média foram:

$$\begin{array}{lll}
 b_0 = 1,399988 & F = 201,915^{**} & \text{Valores de F tabulados:} \\
 b_1 = -2,739738 & R = 0,63 & F(1,115; 0,05) = 3,93 \\
 & S_{xy} = 0,0849 & F(1,115; 0,01) = 6,86 \\
 & S_{xy}\% = 7,9582 &
 \end{array}$$

As demais curvas foram obtidas movendo-se o eixo y sobre o eixo da idade Índice (translação matemática). Com este deslocamento, a equação para o traçamento das demais curvas fica sendo:

$$\text{Log } h = \text{Log } IS - 2,739738 (1/I - 1/15)$$

A grande amplitude na idade Índice, deve-se principalmente à diferença do pior local (P_4) com o melhor local (P_{10}), conforme pode ser observado na Figura 3 e Tabela 4. Por esta razão considerou-se necessário delimitar cinco classes de sítios (Figura 15).

4.5.1 Limites das classes de sítios na idade Índice

Como previamente indicado, os intervalos das classes foram de 2,5 m, assim os limites para as cinco classes estão apresentados na Tabela 12 e Figura 15.

TABELA 12. LIMITES DAS CLASSES DE SÍTIO NA IDADE ÍNDICE

Classe	Limites (m)	Índice do sítio (m)
I	22,5 - 20,0	21,25
II	20,0 - 17,5	18,75
III	17,5 - 15,0	16,25
IV	15,0 - 12,5	13,75
V	12,5 - 10,0	11,25

4.5.2 Limites do Índice de sítio por idades e classes de qualidades

Estes limites correspondem às próprias curvas traçadas pelo modelo ajustado, com as diversas alturas às idades índices (Tabela 12). Os limites respectivos para as cinco classes de sítios estão na Tabela 13, tendo sido considerados de interesse prático apresentar os limites a partir de dois até vinte anos de idade.

4.5.3 Classificação dos dez locais em classe e Índice de sítio

Através da Tabela 13 foram feitas as classificações das alturas totais observadas à idade índice, como apresentadas na Tabela 14 para os dez locais.

Embora não realizadas normalmente as classificações de alturas estimadas, para efeito de comparação fêz-se a classificação das alturas estimadas pelos três modelos e para todos os locais (Tabela 14).

As diferenças observadas foram pequenas, demonstrando assim que os modelos ajustados são bons estimadores da altura.

TABELA 13. LIMITES DE ÍNDICE DE SÍTIO POR IDADE E CLASSES DE QUALIDADES

Idade (anos)	Classes de Sítios														
	I		II		III		IV		V						
2	1,46	-	1,29	1,29	-	1,13	1,13	-	0,97	0,97	-	0,81	0,81	-	0,64
3	4,18	-	3,72	3,72	-	3,25	3,25	-	2,78	2,78	-	2,32	2,32	-	1,85
4	7,07	-	6,29	6,29	-	5,50	5,50	-	4,72	4,72	-	3,93	3,93	-	3,14
5	9,70	-	8,62	8,62	-	7,54	7,54	-	6,47	6,47	-	5,39	5,39	-	4,31
6	11,97	-	10,64	10,64	-	9,31	9,31	-	7,98	7,98	-	6,65	6,65	-	5,32
7	13,91	-	12,36	12,36	-	10,82	10,82	-	9,27	9,27	-	7,73	7,73	-	6,18
8	15,57	-	13,84	13,84	-	12,11	12,11	-	10,38	10,38	-	8,65	8,65	-	6,92
9	16,99	-	15,11	15,11	-	13,22	13,22	-	11,33	11,33	-	9,44	9,44	-	7,55
10	18,23	-	16,21	16,21	-	14,18	14,18	-	12,15	12,15	-	10,13	10,13	-	8,10
11	19,31	-	17,16	17,16	-	15,02	15,02	-	12,87	12,87	-	10,72	10,72	-	8,58
12	20,25	-	18,00	18,00	-	15,75	15,75	-	13,50	13,50	-	11,25	11,25	-	9,00
13	21,09	-	18,74	18,74	-	16,40	16,40	-	14,06	14,06	-	11,72	11,72	-	9,37
14	21,83	-	19,41	19,41	-	16,98	16,98	-	14,55	14,55	-	12,13	12,13	-	9,70
15	22,50	-	20,00	20,00	-	17,50	17,50	-	15,00	15,00	-	12,50	12,50	-	10,00
16	23,09	-	20,53	20,53	-	17,96	17,96	-	15,39	15,39	-	12,80	12,80	-	10,26
17	23,64	-	21,01	21,01	-	18,38	18,38	-	15,76	15,76	-	13,13	13,13	-	10,51
18	24,13	-	21,45	21,45	-	18,77	18,77	-	16,09	16,09	-	13,40	13,40	-	10,72
19	24,58	-	21,85	21,85	-	19,12	19,12	-	16,38	16,38	-	13,65	13,65	-	10,92
20	24,99	-	22,22	22,22	-	19,44	19,44	-	16,66	16,66	-	13,88	13,88	-	11,11

TABELA 14. CLASSIFICAÇÃO DOS DEZ LOCAIS EM CLASSE E ÍNDICE DE SÍTIO

Locais	IS	Classe de Sítio (Dados observados)	Dados estimados aos 15 anos		
	Aos 15 anos		Modelo A	Modelo B	Modelo C
2	18,75	II	III	III	III
3	16,25	III	IV	IV	IV
4	11,25	V	V	V	V
5	16,25	III	III	III	III
6	16,25	III	II	II	II
7	16,25	III	III	III	III
8	21,25	I	I	I	I
9	18,75	II	II	II	II
10	21,25	I	I	I	I
11	21,25	I	I	I	I

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Este estudo requereu a análise de um grande grupo de variáveis para interpretar os fatores que influenciam nos diversos padrões de crescimento dos locais estudados.

- As metodologias aqui empregadas, em termos de análises e interpretações foram adequadas.

- As quatro classes de solos dominantes, a saber: solos Litólicos, solos com B câmbico, B textural e B latossólico, estão correlacionadas diretamente com os padrões de crescimento. Assim sendo, os menores crescimentos relacionam-se com os solos Litólicos, os crescimentos intermediários com os solos B câmbico e B textural, e os maiores crescimento com os solos B Latossólicos. Além disso, quando os solos localizavam-se em terraços próximos aos rios, independente do tipo do B, também apresentaram o maior crescimento da espécie, devido a maior disponibilidade de água, que parece ser um fator limitante na região.

- Nas diferentes classes de solos, as características morfológicas (espessura, estrutura, consistência e porosidade), físicas (disponibilidade de água, % de esqueleto do solo), quí-

micas (Cálcio, Cobre e Zinco) e as características do meio (relevo e a posição do sítio na paisagem), são alguns dos fatores que influenciam nos índices de sítios.

- No aspecto nutricional, as análises químicas das acículas melhor contribuíram para explicar os fatores limitantes ao crescimento do que as análises químicas do solo. Este fato está demonstrado na relação de variáveis que foram incluídas nas regressões ajustadas. Ressalta-se a importância dos elementos Nitrogênio, Zinco e Cobre principalmente, muito embora em menor escala os elementos Fósforo, Potássio e Manganês foliares ajudaram a explicar a variação de crescimento, tendo apresentado boas correlações individuais com o Índice de sítio.

- No que diz respeito aos níveis críticos, que implica em estudos mais específicos, não sendo o objetivo deste estudo, foram no entanto realizadas comparações dos teores observados para os macro e micronutrientes com os níveis estabelecidos por vários pesquisadores para as espécies de *Pinus* spp. Neste sentido e, considerando todos os sítios estudados, foram obtidos teores baixos especialmente para Magnésio (a exceção nos solos Latossólicos), teores médios de Fósforo, Potássio, Boro, Cobre e Zinco e adequados para Nitrogênio, Ferro e Manganês.

- Na análise foliar observou-se melhores correlações de teores dos elementos em acículas do primeiro lançamento, por serem mais estáveis nestes do que nas acículas de verão (2º lançamento).

- Através da análise de tronco foi possível a reconstrução do crescimento no período de quinze anos, além de esclarecer as influências das condições específicas dos locais amostrados, influenciando tanto na variação em altura como em diâmetro, como pode ser observado nas curvas de incremento corrente anual, onde se supõe que os melhores sítios foram mais sensíveis aos efeitos climáticos.

- Medindo-se alturas dominantes, pode-se determinar a qualidade de sítio ou do local, mediante as curvas de sítio construídas. Com isto pode-se identificar os fatores limitantes ao crescimento em tais sítios.

- Nos tratamentos das variáveis, a metodologia aqui empregada para a seleção das variáveis, tanto o método de "STEPWISE" como a ACP demonstraram ser adequadas para este tipo de pesquisa, através da seleção de poucas variáveis limitantes dos locais.

- Finalmente a relação dos fatores limitantes principais do local da pesquisa foram:

- a) de ordem edáficos: a capacidade de retenção de água no solo, a profundidade efetiva de seus horizontes superficiais (horizonte A) e grau de desenvolvimento do perfil do solo, aqui considerados através da percentagem de esqueletos;
- b) de ordem nutricional: os elementos Zinco, Nitrogênio e Cobre foram entre a relação de nutrientes os mais limitantes ao crescimento das árvores.

A confirmação da contribuição destas variáveis, pode ser verificada através das estimativas das alturas para os dez locais estudados, mostrados na Tabela 11 e Figuras 11, 12 e 13.

SUMMARY

This study attempts to characterize sites under Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) pure stands, at ages of around fifteen years, situated near the town of Ponta Grossa, on the second plateau of the state of Paraná in the south of Brazil. Within the plantation itself, ten different spots were chosen providing a range of various types of sites which were felt to be representative of the patterns of local growth. The slopes of each site were measured and samples from the horizons of the studied profiles were taken. In addition, needles and disks along the stems were collected from dominant and codominant trees. From analyses of these samples, qualitative and quantitative data, of those variables considered of highest importance, were obtained, in an attempt to explain the restricting factors in evidence at the chosen places for the research. By means of the simple linear regression analysis among the dependent variable (height dominant) and variables obtained from analyses and measurements, thirteen variables were selected at an early stage. These thirteen variables demonstrated statistical significance in the F test = (0.95 of probability). They were also submitted to two methods for the selection of variables: "STEPWISE", and principal component analysis (PCA). The "Stepwise" selected the following variables: the Zinc and Nitrogen of needles and the coarse fragments for an F test, with an entry and exit of $P = 0.90$ of probability. The following variables were also included: the water retention capacity of the soil and the copper of needles, from which the level of significance of an F test (significance being a value of $F \geq 0,5$) were measured. An analysis of the main parts (PCA) led to a selection of the following variables: Nitrogen, Zinc and Copper of needles, coarse fragments and the depth of top-soil horizons. The three group of variables were adjusted by means of a multiple linear regression using ordinary least squares. The F test of the regression were significant for the three models; the values of the coefficients of determination (R^2) were equal, namely 0.91, 0.92 and 0.91 respectively. These variables are considered the most limiting for the growth of Loblolly pine in the region. Four classes of soils (Litholic, cambic horizon, argillic horizon and oxic horizon) were found in the studied site. Which associated to the morphological, physical and chemical factors, and to the environment (relief and position of the site within the landscape) determined the various patterns of the observed growth. From the analyses of current annual increment and mean annual increment it is presumed that the better sites are more sensitive to climatic effects. The studied areas were classified in five different

site classes with the purpose of correlating each one with the limiting factors, only by the measurement of height at a certain age, specifically for the stands within the conditions of those studied areas.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

DESCRIÇÃO DOS PERFIS DE SOLOS

DESCRIÇÃO DOS PERFIS DE SOLOS: (PERFIS 2 A 11)

. PERFIL Nº 2:

CLASSIFICAÇÃO: Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico Álico/
Distrófico - A proeminente, textura média fase campo sub-
tropical, relevo suave ondulado.

MUNICÍPIO: Ponta Grossa-PR

LOCALIZAÇÃO: Trincheira aberta no reflorestamento da Slaviero
S.A., Fazenda Cambijú, no Km 59 da Rodovia do Café.

ALTITUDE MÉDIA: 870 metros s.n.m. (Fonte: MAACK*)

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Arenito de Furnas do Devoniano

RELEVO: Suave ondulado

DRENAGEM: Acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Campo subtropical

USO ATUAL: Povoamento de *Pinus taeda* L.

A₁-0-22 cm, bruno avermelhado escuro (5YR 3/2 úmido); franco
franco argilo arenoso; fraca média/grande granular; solto,
ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

A₃-22-33 cm, bruno avermelhado escuro (5YR 3/3 úmido); franco
argilo arenoso; fraca grande/média blocos subangulares; sol-
to, solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

* MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba,
CODEPAR, 1968. 350 p.

- B₁-33-50 cm, bruno avermelhado escuro (5YR 3/3 úmido); franco argilo arenoso; fraca grande/média blocos subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.
- B₂₁-50-75 cm, bruno avermelhado (5YR 4/4, úmido); franco argilo arenoso; fraca média blocos subangulares; solto, solto; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.
- B₂₂-75-114 cm, bruno avermelhado (5YR 4/4, úmido); franco argilo arenoso; fraca média/grande blocos subangulares; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- B₂₃-114-133 cm, bruno avermelhado (2.5YR 4/4 úmido); argila arenosa, fraca média/grande blocos subangulares; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- B₂₄-133 (+) cm, vermelho (2.5YR 4/6, úmido); franco arenoso; fraca média/grande blocos subangulares; solto, muito friável, plástico, pegajoso.

. PERFIL Nº 3

CLASSIFICAÇÃO: Solo Litólico. Tb Álico-A moderado textura arenosa fase campo subtropical relevo ondulado substrato arenito.

MUNICÍPIO: Ponta Grossa

LOCALIZAÇÃO: Idem perfil nº 2

ALTITUDE MÉDIA: Idem perfil nº 2

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Idem perfil nº 2

RELEVO: Ondulado

DRENAGEM: Idem perfil nº 2

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Idem perfil nº 2

USO ATUAL: Povoamento de *Pinus taeda*

A-0-25 cm, bruno avermelhado escuro (10 YR 4/4, úmido); argilo-arenoso; fraca média blocos subangulares; solto, solto, não plástico e não pegajoso.

. PERFIL Nº 4

CLASSIFICAÇÃO: Solo Litólico. Tb Álico-A proeminente textura média fase campo subtropical relevo ondulado substrato arenito.

MUNICÍPIO: Idem perfil nº 2

LOCALIZAÇÃO: Idem perfil nº 2

ALTITUDE MÉDIA: Idem perfil nº 2

LITOLÓGICA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Idem perfil nº 2

RELEVO: Ondulado

DRENAGEM: Idem perfil nº 2

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Idem perfil nº 2

USO ATUAL: Povoamento de *Pinus taeda*

A-0-20 cm, cinza muito escuro (10YR 3/1, úmido); franco argiloso; fraca pequena/média granular; solto, solto, não plástico, não pegajoso.

. PERFIL Nº 5

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo. Tb Álico-A proeminente textura média/argilosa fase campo subtropical relevo suave ondulado substrato folhelho argiloso.

MUNICÍPIO: Idem perfil nº 2

LOCALIZAÇÃO: Idem perfil nº 2

ALTITUDE MÉDIA: Idem perfil nº 2

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Argilito do devoniano - Formação Furnas

RELEVO: Suave ondulado

DRENAGEM: Moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Idem perfil nº 2

USO ATUAL: Povoamento de *Pinus taeda*

A₁₁-0-12 cm, cinza muito escuro (10YR 3/1, úmido); areia fraca; fraca, pequena/média, bloco subangular, solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

A₁₂-12-38 cm, cinza muito escuro (5YR 3/1, úmido); franco argilo arenoso; fraca média/pequena bloco subangular; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₁-38-52 cm, bruno escuro (10YR 3/3, úmido): franco argiloso; fraca média/pequena bloco subangular; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₂-52-72 cm, bruno escuro (10YR 3/3 úmido); franco argiloso; fraca grande/média bloco subangular; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

. PERFIL Nº 6

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo. Tb Álico-A proeminente textura argilosa fase campo subtropical relevo suave ondulado substrato folhelho argiloso.

MUNICÍPIO: Idem perfil nº 2

LOCALIZAÇÃO: Idem perfil nº 2

ALTITUDE MÉDIA: Idem perfil nº 2

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Argilito do devoniano, Formação Furnas

RELEVO: Suave ondulado

DRENAGEM: Moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Idem perfil nº 2

USO ATUAL: Povoamento de *Pinus taeda*

A₁₁-0-14 cm, preto (5YR 2.5/1, úmido); franco argiloso; fraca média/pequena granular; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

A₁₂-14-30 cm, cinza muito escuro (10YR 3/1 úmido); franco argiloso; moderado médio/grande; blocos subangulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

A₁₃-30-44 cm, bruno escuro (10YR, 3/3, úmido); franco argiloso; moderado grande/médio blocos subangulares/angulares; macio, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₁-44-57 cm, bruno amarelo escuro (10YR 4/4, úmido); argila; forte grande blocos subangulares/angulares, ligeiramente duro, firme, plástico, ligeiramente pegajoso.

B₂₁-57-75 cm, bruno amarelo escuro (10YR 4/4 úmido); argila; forte grande blocos subangulares/angulares; ligeiramente duro, firme, plástico, ligeiramente pegajoso.

C-75-98 cm, bruno forte (7.5YR 5/6, úmido); franco argiloso; forte grande blocos subangulares/angulares; duro, firme, plástico, ligeiramente pegajoso.

. PERFIL Nº 7

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo. Tb Álico-A moderado textura média fase campo subtropical relevo ondulado substrato arenito.

MUNICÍPIO: Idem perfil nº 2

LOCALIZAÇÃO: Idem perfil nº 2

ALTITUDE MÉDIA: Idem perfil nº 2

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Arenito de Furnas do devoniano

RELEVO: Ondulado

DRENAGEM: Moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Idem perfil nº 2

USO ATUAL: Povoamento de *Pinus taeda*

A₁-0-15 cm, bruno escuro (10YR 3/3, úmido); franco arenoso, moderada média/grande granular; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₁-15-32 cm, bruno amarelo escuro (10YR 4/4, úmido), franco argiloso arenoso; moderado médio bloco subangular; macio, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₂₁-32-53 cm, bruno amarelo escuro (10YR 4/6, úmido); franco argilo arenoso; moderado médio bloco subangular, solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₂₂-53-63 cm, bruno amarelo (10YR 5/8, úmido); franco; moderado; médio bloco subangular, solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₂₃-63-98 cm, bruno forte (7.5YR 5/8, úmido); franco; forte grande bloco angular/subangular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, pegajoso.

B₂₄-98-105 cm, bruno forte (7.5YR 5/8, úmido); franco; forte grande/médio; bloco angular/subangular; duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

. PERFIL Nº 8

CLASSIFICAÇÃO: Terra Bruna Estruturada Similar Latossólica.

Tb. Álico-A proeminente/moderado textura média fase floresta subtropical, relevo plano.

MUNICÍPIO: Idem perfil nº 2

LOCALIZAÇÃO: Idem perfil nº 2

ALTITUDE MÉDIA: Idem perfil nº 2

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos arenosos do Quaternário

RELEVO: Plano

DRENAGEM: Moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta subtropical

USO ATUAL: Povoamento de *Pinus taeda*

A₁₁-0-20 cm, bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); franco arenoso; fraca/moderada pequena/média blocos subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

A₁₂-20-39 cm, bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); franco arenoso; moderado médio/grandes blocos angulares/subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

A₁₃-39-55 cm, bruno escuro (7.5YR 3/2, úmido); franco argilo arenoso; moderado pequena/média blocos angulares/subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

A₃-55-86 cm, bruno escuro (7.5YR 4/4, úmido); franco argilo arenoso; moderado pequena/média blocos angulares/subangulares; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

A₂₁-86-117 cm, bruno amarelo escuro (10YR 3/4, úmido); franco argilo arenoso; moderado média/grande blocos angulares/subangulares; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₂₂-117-134 cm, bruno escuro (7.5YR 4/4, úmido); franco argilo arenoso; moderado médio/grande blocos angulares/subangulares, solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₂₃-134-152 (+) cm, bruno (7.5YR 5/4, úmido); franco arenoso; moderado/médio/grande blocos subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

. PERFIL Nº 9

CLASSIFICAÇÃO: Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico-Álico/
Distrófico A moderado textura média/argilosa fase campo
relevo ondulado

MUNICÍPIO: Idem perfil nº 2

LOCALIZAÇÃO: Idem perfil nº 2

ALTITUDE MÉDIA: Idem perfil nº 2

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Arenito de Furnas do devoniano

RELEVO: Ondulado

DRENAGEM: Acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Idem perfil nº 2

USO ATUAL: Povoamento de *Pinus taeda*

A₁₁-0-18 cm, bruno avermelhado escuro (2.5YR 3/4, úmido); franco argilo-arenoso; fraca média blocos subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

A₁₂-18-38 cm, bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido); franco argiloso-arenoso; fraca pequena/média blocos subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₁-38-61 cm, bruno avermelhado escuro (2.5 YR 3/4, úmido); franco argilo-arenoso; moderado médio/grande blocos subangulares/angulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₂₁-61-126 cm, vermelho (2.5YR 4/6, úmido): franco argilo arenoso; moderado médio/grande blocos subangulares/angulares; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₂₂-126-192 (+) cm, vermelho (2.5 YR 4/6, úmido); argila arenosa; moderada pequena/média blocos subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

. PERFIL Nº 10

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Vermelho Amarelo Álico/Distrófico-A
moderado textura argilosa fase campo subtropical relevo
plano

MUNICÍPIO: Ponta Grossa

LOCALIZAÇÃO: Trincheiras abertas no reflorestamento da Fazenda Rio do Salto da Slaviero S.A., no Km 70 da Rodovia do Café.

ALTITUDE MÉDIA: Idem perfil nº 2

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Argilito do devoniano - Formação Furnas

RELEVO: Plano

DRENAGEM: Acentuadamente drenada

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Campo subtropical

USO ATUAL: Povoamento de *Pinus taeda*

A₁₁-0-24 cm, bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); argila, fraca pequena/média blocos subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

A₁₂-24-36 cm, bruno avermelhado (5YR 4/4, úmido); argila; moderada média blocos subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

A₃-36-50 cm, vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido); argila; fraca/moderada média blocos subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₁-50-82 cm, vermelho (2.5 YR 4/6 úmido); argila; moderada/fraca; média blocos subangulares; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

B₂₁-82-140 (+) cm, vermelho escuro (2.5 YR 3/6, úmido); argila; moderada média blocos subangulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

. PERFIL Nº 11

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Vermelho Amarelo-Álico/Distrófico-A moderado textura argilosa fase campo subtropical relevo plano.

MUNICÍPIO: Idem perfil nº 10

LOCALIZAÇÃO: Idem perfil nº 10

ALTITUDE MÉDIA: Idem perfil nº 2

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Arenito de Furnas do devoniano

RELEVO: Plano

DRENAGEM: Acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Campo subtropical

USO ATUAL: Povoamento de *Pinus taeda*

- A₁₁-0-12 cm, bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); franco argilo arenoso; moderado pequeno blocos subangulares; solto, solto; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- A₁₂-12-25 cm, bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); franco argilo arenoso; moderada pequena blocos subangulares; solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- A₁₃-25-34 cm, bruno avermelhado (5YR 4/4, úmido); franco argilo arenoso, moderado pequeno blocos subangulares; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- B₁-34-58 cm, bruno avermelhado (2.5YR, 4/4, úmido); franco argilo arenoso; moderado pequeno/médio blocos subangulares, solto, solto, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- B₂₁-58-98 cm, bruno avermelhado (2.5YR 4/4, úmido); argilo arenoso, moderado médio blocos subangulares; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- B₂₂-98-133(+) cm, vermelho escuro (2.5YR 3/6, úmido); argilo arenoso; moderado médio blocos angulares/subangulares; solto, solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

APÊNDICE 2

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

TABELA 15. RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO**
PERFIL Nº 2

CLASSIFICAÇÃO: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO. ÁLIDO/DISTRÓFICO-A
proeminente textura média fase campo subtropical
cal relevo suave ondulado

Horizonte		Composição granulométrica			% Silte	densidade - g/cm ³		Porosidade total	Esqueleto
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,05 mm	Silte % 0,05-0,002 mm	Argila % < 0,002 mm	% Argila	solo *	partículas *	% (peso) *	%
A ₁	0 - 22	64,4	9,6	26,0	0,34				0,07
A ₃	22 - 33	61,4	10,6	28,0	0,38	1,11	2,66	58,27	0,07
B ₁	32 - 50	57,8	14,2	28,0	0,50				0,08
B ₂₁	50 - 75	59,0	11,0	30,0	0,36				0,05
B ₂₂	75 - 114	53,6	14,4	32,0	0,45				0,00
B ₂₃	114 - 133	58,5	9,5	32,0	0,29				0,08
B ₂₄	133 (+)	54,6	13,4	32,0	0,42	1,07	2,58	58,53	0,07
Carbono		Matéria orgânica		θ - cm ³ . cm ⁻³					
%		%		Tensões - atm.					
				0.06	0.33	1.00	4.00	15.00	
1,7		2,96		34,18	14,89	12,79	10,99	9,83	
1,4		2,44		36,45	16,93	11,56	12,17	13,51	
1,1		1,92		39,22	14,45	13,14	11,82	11,68	
1,0		1,74		26,25	16,87	12,82	12,66	11,18	
0,8		1,39		27,11	15,28	13,55	13,31	10,93	
0,6		1,04		29,55	14,81	13,49	11,44	11,08	
0,3		0,52		31,87	14,41	13,65	13,23	11,76	
pH (1:2,5)	Complexo sortivo						Valor V	Valor m	Fósforo
CaCl ₂ 1N	Ca + Mg	K	Valor S	Al	H + Al	Valor T	Sat. de bases - %	Sat. Al. %	assimilável ppm
	m.e.%	ppm	(soma)	m.e.%	SMP	(soma)			
3,8	0,8	16,0	0,8	1,8	5,37	6,17	12,96	69,23	2,0
3,9	0,7	9,0	0,7	1,5	4,88	5,58	12,54	87,45	1,0
3,9	0,6	7,0	0,6	1,2	4,44	5,04	11,90	66,66	1,0
4,0	0,5	6,0	0,5	1,1	3,67	4,17	12,00	68,75	1,0
4,0	0,7	5,0	0,7	0,9	3,33	4,03	17,37	56,25	1,0
4,1	0,6	5,0	0,6	0,5	3,03	3,63	16,52	45,45	1,0
4,2	0,7	4,0	0,7	0,3	2,28	2,98	23,48	30,00	1,0
Teores dos elementos-ppm (Extrator HCl 3.0%)								Ext.HCl 0.1N	
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm		
18,0	13,2	11,7	1,5	11,7	1590,0	1,1	1,0		
15,2	9,4	11,0	1,5	10,5	1995,0	1,0	0,6		
14,3	11,2	10,5	1,6	12,1	1350,0	1,2	0,5		
14,3	11,6	11,7	1,6	15,1	1935,0	1,0	0,6		
14,3	11,7	12,6	1,6	17,6	2165,0	1,0	0,7		
12,4	11,9	11,5	1,4	15,1	2485,0	1,2	0,4		
9,8	11,3	7,0	1,2	11,8	2335,0	0,9	0,4		

* Valor médio por horizonte (A e B)

** Quadro válido para os dez perfis

PERFIL Nº 3

CLASSIFICAÇÃO: SOLO LITÓLICO. Tb ALÍCO-A moderado textura arenosa fase campo subtropical relevo ondulado substrato arenito.

Horizonte		Composição granulométrica			Z Silte	densidade - g/cm ³		Porosidade total	Esqueleto
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,05 mm	Silte % 0,05-0,002 mm	Argila % < 0,002 mm	Z Argila	solo *	partículas *	% (peso) *	%
A	0 - 25	84,0	2,0	14,0	0,14	1,22	2,53	51,78	1,68
Carbono %	Matéria orgânica %	$\theta - \text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$							
		Tensões - atm.							
		0.06	0.33	1.00	4.00	15.00			
0,5	0,87	29,32	7,31	6,19	6,53	5,53			
pH (1:2,5) CaCl ₂ 1N	Complexo sortivo						Valor V Sat. de bases - %	Valor m Sat. Al. %	Fósforo assimilável ppm
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (soma)			
3,9	0,6	9,0	0,6	0,8	2,5	3,1	19,35	57,14	2,0
Teores dos elementos-ppm (Extrator HCl 3.0%)								Ext.HCl 0.1N	
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm		
16,6	8,0	7,3	0,6	8,4	685,0	0,9	0,4		

* Valor médio por horizonte (A e B)

PERFIL Nº 4

CLASSIFICAÇÃO: SOLO LITÓLICO. Tb ÁLICO-A proeminente textura média fase campo subtropical relevo ondulado substrato arenito

Horizonte		Composição granulométrica			ZSilte	densidade - g/cm ³		Porosidade total	Esqueleto
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,05 mm	Silte % 0,05-0,002 mm	Argila % Z < 0,002 mm	Z Argila	solo *	partículas *	% (peso) *	%
A	0 - 20	68,4	15,6	16,0	0,97	1,10	2,56	57,03	2,72
Carbono %	Matéria orgânica %	$\theta - \text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$							
		Tensões - atm.							
		0.06	0.33	1.00	4.00	15.00			
1,8	3,13	36,50	11,48	8,23	9,89	6,98			
pH (1:2,5) CaCl ₂ 1N	Complexo sortivo						Valor V Sat. de bases - %	Valor m Sat. Al. %	Fósforo assimilável ppm
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (soma)			
3,8	0,9	14,0	0,9	1,8	5,91	6,81	13,21	66,66	4,0
Teores dos elementos-ppm (Extrator HCl 3.0%)								Ext.HCl 0.1N	
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm		
18,0	9,0	11,7	0,7	6.5	1015,0	0,8	0,8		

* Valor médio por horizonte (A e B)

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO. Tb ÁLICO-A proeminente textura média/argilosa fase campo subtropical relevo suave ondulado substrato argilito

Horizonte		Composição granulométrica			% Silte	densidade - g/cm ³		Porosidade total	Esqueleto	
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,05 mm	Silte % 0,05-0,002 mm	Argila % Z < 0,002 mm	% Argila	solo *	partículas *	Z (peso) *	Z	
A ₁₁	0 - 12	37,0	27,0	36,0	0,75				0,40	
A ₁₂	12 - 38	38,4	23,6	38,0	0,62	0,93	2,53	63,24	0,24	
B ₁	38 - 52	42,6	23,4	34,0	0,68				0,75	
B ₂	52 - 72	43,2	20,8	36,0	0,57	1,02	2,56	60,15	2,83	
Carbono %	Matéria orgânica %	θ - cm ³ . cm ⁻³								
		T e n s õ e s - atm.								
		0.06	0.33	1.00	4.00	15.00				
2,8	4,87	28,01	22,93	21,28	16,01	12,91				
2,8	4,87	54,86	22,69	19,21	11,99	15,02				
1,6	2,78	38,20	20,48	17,15	14,15	13,45				
1,6	2,78	37,12	28,16	18,17	16,38	14,62				
pH (1:2,5) CaCl ₂ 1N	Complexo sortivo						Valor V Sat. de bases - %	Valor m Sat. Al. %	Fósforo assimilável ppm	
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (soma)				
3,7	0,5	18,0	0,5	4,4	11,51	12,01	4,16	89,79	5,0	
3,8	0,8	17,0	0,8	3,7	10,46	11,26	7,10	82,22	2,0	
3,9	0,3	9,0	0,3	2,7	7,14	7,44	4,03	90,00	1,0	
3,9	0,6	10,0	0,6	2,8	6,50	7,10	8,45	82,35	1,0	
Teores dos elementos-ppm (Extrator HCl 3.0%)								Ext.HCl 0.1N		
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm			
35,0	8,1	21,2	1,6	3,3	1970,0	1,3	0,7			
27,9	7,6	19,2	1,2	4,4	1950,0	2,0	0,8			
27,9	7,4	20,4	1,0	5,2	2160,0	1,2	0,4			
28,6	7,4	20,3	0,8	7,2	2440,0	1,3	0,6			

* Valor médio por horizonte (A e B)

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO. Tb ÁLICO-A proeminente textura argilosa fase campo subtropical relevo suave ondulado substrato argilito

Horizonte		Composição granulométrica			% Silte	densidade - g/cm ³		Porosidade total	Esqueleto	
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,05 mm	Silte % 0,05-0,002mm	Argila % < 0,002mm	% Argila	solo *	partículas *	% (peso) *	%	
A ₁₁	0 - 14	31,6	30,4	38,0	0,80				0,00	
A ₁₂	14 - 30	29,7	36,3	34,0	1,06				0,00	
A ₁₃	30 - 44	32,8	29,2	38,0	0,77	0,98	2,43	59,67	0,00	
B ₁	44 - 57	34,2	25,8	40,0	0,64				0,00	
B ₂₁	57 - 75	32,8	27,2	40,0	0,68	1,14	2,62	56,48	0,12	
C ₂₁	75 - 98	36,0	34,0	30,0	1,13				1,34	
Carbono %	Matéria orgânica %	θ - cm ³ . cm ⁻³								
		Tensões - atm.								
		0.06	0.33	1.00	4.00	15.00				
5,0	8,71	47,36	24,30	21,64	20,11	17,48				
3,6	6,27	44,94	28,29	26,49	19,15	21,56				
1,8	3,13	30,26	22,16	21,04	18,75	17,95				
0,9	1,56	34,83	24,74	18,30	17,49	15,95				
0,8	1,39	31,05	27,87	21,75	17,70	18,70				
0,3	0,52	40,43	29,52	25,79	20,02	14,85				
pH (1:2,5) CaCl ₂ 1N	Complexo sortivo						Valor V	Valor m	Fósforo	
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (soma)	Sat. de bases - %	Sat. Al. %	assimilável ppm	
3,5	0,7	22,0	0,7	6,0	13,92	14,62	4,78	89,55	4,0	
3,8	0,8	16,0	0,8	3,8	8,65	9,45	8,46	82,61	2,0	
3,9	0,6	11,0	0,6	3,1	6,50	7,10	8,45	83,78	1,0	
3,9	0,7	12,0	0,7	2,7	5,12	5,82	12,02	79,41	1,0	
4,0	0,9	10,0	0,9	2,2	4,03	4,93	18,25	70,96	1,0	
3,9	0,8	11,0	0,8	2,4	3,03	3,83	28,88	75,00	1,0	
Teores dos elementos-ppm (Extrator HCl 3.0%)								Ext.HCl 0.1N		
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm			
54,9	8,8	26,1	1,4	2,6	2220,0	1,1	0,3			
50,8	8,7	20,2	1,4	2,4	2195,0	1,0	0,4			
42,4	7,5	19,5	1,2	2,7	2360,0	1,1	0,5			
41,8	9,3	22,4	1,0	3,5	3025,0	1,3	0,2			
33,7	7,2	22,7	0,9	3,6	3370,0	1,0	0,6			
31,4	7,0	11,7	0,4	2,1	2950,0	0,8	0,2			

* Valor médio por horizonte (A e B)

PERFIL Nº 7

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO. Tb ÁLICO-A moderado textura média
fase campo subtropical relevo ondulado substrato arenito

Horizonte		Composição granulométrica			% Silte	densidade - g/cm ³		Porosidade total	Esqueleto	
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,05 mm	Silte % 0,05-0,002 mm	Argila % % < 0,002 mm	% Argila	solo *	partículas *	% (peso) *	%	
A ₁	0 - 15	55,6	18,0	26,4	0,69	1,06	2,62	59,54	0,15	
B ₁	15 - 32	53,6	18,4	28,0	0,65				0,12	
B ₂₁	32 - 53	49,8	18,2	32,0	0,57				7,93	
B ₂₂	53 - 63	49,2	22,8	28,0	0,81				26,86	
B ₂₃	63 - 98	35,4	34,6	30,0	1,15				0,34	
B ₂₄	98 - 105	27,2	40,8	32,0	1,27	1,16	2,68	56,71	0,00	
Carbono %	Matéria orgânica %	θ - cm ³ . cm ⁻³								
		Tensões - atm.								
		0.06	0.33	1.00	4.00	15.00				
2,0	3,48	39,81	20,45	13,60	13,15	11,86				
0,8	1,49	36,67	16,98	14,69	9,87	11,91				
0,4	0,69	36,19	16,88	16,60	13,33	12,34				
0,2	0,35	31,90	16,76	15,91	10,55	10,93				
0,2	0,35	38,93	28,73	22,76	18,10	15,39				
0,1	0,17	39,10	31,64	25,12	22,96	14,01				
pH (1:2,5) CaCl ₂ 1N	Complexo sortivo						Valor V Sat. de bases - %	Valor m Sat. Al. %	Fósforo assimilável ppm	
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (soma)				
3,8	0,7	13,0	0,7	2,8	6,50	7,20	9,72	80,00	2,0	
3,9	0,5	15,0	0,5	1,8	4,03	4,53	11,03	78,26	1,0	
4,0	0,7	9,0	0,7	1,6	3,33	4,03	17,37	69,56	1,0	
4,0	0,5	9,0	0,5	1,4	2,50	3,00	16,66	73,68	1,0	
3,9	0,6	12,0	0,6	2,1	2,62	3,22	18,63	77,77	1,0	
3,9	0,4	14,0	0,4	2,1	3,03	3,43	11,66	84,00	1,0	
Teores dos elementos-ppm (Extrator HCl 3.0%)								Ext.HCl 0.1N		
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm			
47,9	7,5	19,0	0,8	16,4	2020,0	1,1	0,4			
44,6	7,0	16,3	0,9	11,0	2260,0	1,4	0,3			
46,8	6,9	17,4	1,2	22,0	2240,0	1,3	0,4			
56,7	7,4	18,4	0,7	18,9	2380,0	1,6	0,5			
74,6	6,6	18,9	0,5	18,5	2370,0	1,6	0,5			
67,1	7,2	15,0	0,9	19,5	3180,0	1,6	0,4			

* Valor médio por horizonte (A e B)

PERFIL Nº 8

CLASSIFICAÇÃO: TERRA BRUNA ESTRUTURADA SIMILAR Latossólica.
Tb ÁLICO-A proeminente/moderado textura média
fase campo subtropical relevo plano

Horizonte		Composição granulométrica			% Silte	densidade - g/cm ³		Porosidade total	Esqueleto
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,05 mm	Silte % 0,05-0,002 mm	Argila % Z < 0,002 mm	% Argila	solo *	partículas *	% (peso) *	%
A ₁₁	0 - 20	68,2	11,8	20,0	0,59				0,00
A ₁₂	20 - 39	69,8	10,2	20,0	0,51				0,00
A ₁₃	39 - 55	71,0	13,0	16,0	0,81				0,00
A ₃	55 - 86	66,8	13,2	20,0	0,66	1,15	2,55	54,90	0,06
B ₂₁	86 - 117	65,6	10,4	24,0	0,43				0,00
B ₂₂	117 - 134	58,8	15,2	26,0	0,58				0,00
B ₂₃	134 - 152(+)	59,0	17,0	24,0	0,71	1,13	2,64	57,19	0,00
Carbono %	Matéria orgânica %	$\theta - \text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$							
		Tensões - atm.							
		0.06	0.33	1.00	4.00	15.00			
1,2	2,09	25,73	14,60	11,81	9,22	9,08			
1,4	2,44	36,87	12,33	11,12	10,77	8,90			
0,9	1,56	33,19	11,02	9,81	6,42	8,31			
0,6	1,04	37,10	12,62	10,98	10,90	9,14			
0,5	0,87	27,71	11,45	10,29	9,45	9,09			
0,5	0,87	30,13	17,86	12,87	12,25	10,80			
0,3	0,52	33,44	13,52	13,01	11,00	9,59			
pH (1:2,5) CaCl ₂ 1N	Complexo sortivo						Valor V Sat. de bases - %	Valor m Sat. Al. %	Fósforo assimilável ppm
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (soma)			
3,7	0,8	16,0	0,8	2,3	5,37	6,17	12,96	74,19	9,0
3,8	0,6	11,0	0,6	2,0	5,91	6,51	9,21	76,92	3,0
3,8	0,5	9,0	0,5	1,8	4,88	5,38	9,29	78,26	1,0
3,8	0,6	11,0	0,6	1,8	4,44	5,04	11,90	75,00	1,0
3,8	0,6	9,0	0,6	1,9	4,44	5,04	11,90	76,00	1,0
3,8	0,5	12,0	0,5	2,0	4,88	5,38	9,29	80,00	1,0
3,9	0,6	9,0	0,6	1,4	3,33	3,93	15,26	70,00	1,0
Teores dos elementos-ppm (Extrator HCl 3.0%)								Ext.HCl 0.1N	
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm		
29,7	11,1	14,2	0,7	5,3	930,0	0,8	0,3		
28,6	7,7	14,6	0,7	4,1	895,0	0,8	0,2		
31,4	7,6	14,5	0,6	3,7	970,0	0,7	0,2		
33,4	7,4	12,1	0,7	5,0	1110,0	0,8	0,1		
37,5	6,6	17,7	0,6	8,7	1115,0	0,9	0,2		
40,2	8,4	21,7	0,7	11,7	1455,0	1,0	1,4		
40,2	9,0	23,6	0,5	11,1	1845,0	0,9	1,0		

* Valor médio por horizonte (A e B)

PERFIL Nº 9

CLASSIFICAÇÃO: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO Latossólico. ALICO/
DISTRÓFICO A moderado textura média/argilosa
fase campo subtropical relevo ondulado

Horizonte		Composição granulométrica			Z Silte	densidade - g/cm ³		Porosidade total	Esqueleto	
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,05 mm	Silte % 0,05-0,002 mm	Argila % Z < 0,002 mm	% Argila	solo *	partículas *	% (peso) *	%	
A ₁₁	0 - 18	73,3	4,7	22,0	0,21				0,51	
A ₁₂	18 - 38	71,6	4,4	24,0	0,18	1,21	2,67	54,68	0,12	
B ₁	38 - 61	67,2	4,8	28,0	0,17				0,22	
B ₂₁	61 -126	58,2	7,8	34,0	0,23				0,31	
B ₂₂	126-192(+)	55,0	9,0	36,0	0,25	1,12	2,67	58,05	1,11	
Carbono %	Matéria orgânica %	θ - cm ³ . cm ⁻³								
		Tensões - atm.								
		0.06	0.33	1.00	4.00	15.00				
0,9	1,56	19,07	14,11	11,60	10,52	9,42				
0,9	1,56	36,56	11,43	10,67	7,56	9,90				
0,6	1,04	36,88	13,35	11,84	10,54	9,02				
0,6	1,04	29,55	13,93	12,92	11,04	10,32				
0,4	0,69	27,05	17,77	14,86	13,48	11,81				
pH (1:2,5) CaCl ₂ 1N	Complexo sortivo						Valor V Sat. de bases - %	Valor m Sat. Al. %	Fósforo assimilável ppm	
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (soma)				
	3,8	0,4	5,0	0,4	1,1	3,33	3,73	10,72	73,33	2,0
	3,8	0,4	5,0	0,4	1,1	3,67	4,07	9,83	73,33	1,0
	3,9	0,4	4,0	0,4	1,0	3,03	3,43	11,66	71,42	1,0
	4,0	0,5	3,0	0,5	0,7	2,28	2,78	17,98	58,33	1,0
4,2	0,7	3,0	0,7	0,2	1,88	2,58	27,13	22,12	1,0	
Teores dos elementos-ppm (Extrator HCl 3.0%)								Ext.HCl 0.1N		
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm			
13,3	10,0	2,8	0,4	5,0	1640,0	0,7	0,2			
13,3	7,6	2,4	0,4	5,1	1725,0	0,7	0,1			
10,6	7,9	2,3	0,4	6,4	1805,0	0,7	0,2			
11,4	8,7	2,9	0,5	9,0	1915,0	0,8	0,2			
9,8	8,9	1,9	0,4	8,2	1815,0	0,7	0,2			

* Valor médio por horizonte (A e B)

PERFIL Nº 10

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO AMARELO. ÁLICO/DISTRÓFICO-A
moderado textura argilosa fase campo subtropical relevo plano

Horizonte		Composição granulométrica			% Silte	densidade - g/cm ³		Porosidade total	Esqueleto	
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,05 mm	Silte % 0,05-0,002mm	Argila % Z < 0,002mm	% Argila	solo *	partículas *	% (peso) *	%	
A ₁₁	0 - 24	34,4	15,6	50,0	0,31				0,13	
A ₁₂	24 - 36	32,8	17,2	50,0	0,34				0,30	
A ₃	36 - 50	30,5	19,5	50,0	0,39	1,02	2,49	59,03	0,19	
B ₁	50 - 82	26,9	15,1	58,0	0,26				1,84	
B ₂₁	82 - 140(+)	28,2	17,8	54,0	0,33	1,01	2,60	61,15	8,47	
Carbono %	Matéria orgânica %	$\theta - \text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$								
		T e n s õ e s - atm.								
		0.06	0.33	1.00	4.00	15.00				
2,1	3,66	38,74	24,64	22,46	22,20	16,08				
1,9	3,31	37,62	23,81	20,16	20,26	19,79				
1,6	2,78	30,18	25,62	19,91	19,84	20,36				
1,3	2,26	46,91	24,04	23,02	21,13	20,96				
0,6	1,04	33,31	26,87	24,69	21,41	21,15				
pH (1:2,5) CaCl ₂ 1N	Complexo sortivo						Valor V	Valor m	Fósforo assimilável ppm	
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (soma)	Sat. de bases - %	Sat. Al. %		
3,8	0,9	13,0	0,9	1,8	5,37	6,27	14,35	66,66	1,0	
3,9	0,7	9,0	0,7	1,3	4,44	5,14	13,62	65,00	1,0	
3,9	0,7	6,0	0,7	1,2	4,44	5,14	13,62	63,16	1,0	
4,0	0,7	5,0	0,7	0,8	3,67	4,37	16,02	53,33	1,0	
4,3	0,7	4,0	0,7	0,0	2,28	2,98	23,49	00,00	1,0	
Teores dos elementos-ppm (Extrator HCl 3.0%)								Ext.HCl 0.1N		
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm			
18,3	24,2	8,2	2,8	8,9	2505,0	0,6	0,3			
15,2	19,7	8,0	3,0	5,9	2300,0	0,8	1,1			
12,4	14,6	8,1	2,9	9,2	2500,0	1,0	0,3			
11,4	13,8	6,3	2,9	12,8	2450,0	0,7	0,3			
8,5	11,7	4,6	2,5	8,6	2500,0	1,1	0,4			

* Valor médio por horizonte (A e B)

PERFIL Nº 11

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO AMARELO ÁLICO/DISTRÓFICO-A
moderado textura argilosa fase campo subtropical relevo plano

Horizonte		Composição granulométrica			% Silte	densidade - g/cm ³		Porosidade total	Esqueleto		
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,05 mm	Silte % 0,05-0,002 mm	Argila % < 0,002 mm	% Argila	solo *	partículas *	% (peso) *	%		
A ₁₁	0 - 12	59,6	6,4	34,0	0,18				0,00		
A ₁₂	12 - 25	58,6	11,4	30,0	0,38				0,00		
A ₁₃	25 - 34	54,4	11,6	34,0	0,34	1,11	2,55	56,47	0,16		
B ₁	34 - 58	52,2	11,8	36,0	0,33				0,17		
B ₂₁	58 - 98	50,6	9,4	10,0	0,23				0,64		
B ₂₂	98 - 133(+)	53,2	8,8	38,0	0,23	1,09	2,58	57,70	0,26		
Carbono		Matéria orgânica		θ - cm ³ . cm ⁻³							
				Tensões - atm.							
				0.06	0.33	1.00	4.00	15.00			
				1,6	2,78	26,52	16,38	13,21	11,84	10,38	
				1,4	2,44	34,65	14,63	13,48	12,13	10,92	
				1,0	1,74	30,50	17,41	13,37	10,19	12,74	
				1,0	1,74	31,14	18,34	14,10	13,48	13,08	
				0,8	1,39	26,86	18,93	15,33	13,78	12,67	
				0,4	0,69	26,99	18,83	14,80	14,46	13,47	
pH (1:2,5) CaCl ₂ 1N		Complexo sortivo					Valor V Sat. de bases - %	Valor m Sat. Al. %	Fósforo assimilável ppm		
		Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (soma)				
		3,6	0,7	12,0	0,7	2,1	5,91	6,61	10,59	75,00	2,0
		3,8	0,6	12,0	0,6	1,4	4,03	4,63	12,96	70,00	1,0
		3,9	0,5	6,0	0,5	1,2	3,67	4,17	12,00	70,58	1,0
		3,9	0,6	4,0	0,6	1,1	3,67	4,27	14,05	64,70	1,0
		4,1	0,4	4,0	0,4	0,8	3,67	4,07	9,83	66,66	1,0
		4,2	0,6	4,0	0,6	0,4	2,50	3,10	19,35	40,00	1,0
Teores dos elementos-ppm (Extrator HCl 3.0%)								Ext.HCl 0.1N			
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm				
16,6	13,3	7,1	2,0	5,3	1950,0	0,9	0,4				
18,3	12,4	6,3	2,3	5,2	2000,0	0,8	0,2				
12,4	11,1	5,8	2,3	5,2	2000,0	0,8	0,5				
12,4	10,4	5,9	2,4	7,2	2250,0	0,7	0,4				
11,4	11,4	6,0	2,1	7,6	2400,0	0,8	0,3				
11,4	10,2	5,1	2,0	7,5	2500,0	1,3	3,0				

* Valor médio por horizonte (A e B)

APÊNDICE 3

ANÁLISES QUÍMICAS FOLIAR.

TABELA 16. DADOS DE ANÁLISES QUÍMICA FOLIAR - REPETIÇÃO 1

Local nº	Teores dos elementos - 1º lançamento										
	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	B ppm	Al ppm
2	1,65	0,12	0,38	0,17	0,08	356	600	11	18	15	863
3	1,78	0,13	0,32	0,15	0,03	159	109	6	15	17	588
4	1,55	0,10	0,31	0,08	0,04	79	133	5	10	17	525
5	1,49	0,10	0,32	0,07	0,05	81	120	6	11	15	625
6	1,89	0,13	0,51	0,13	0,07	108	144	10	16	36	800
7	1,67	0,14	0,35	0,06	0,06	89	216	5	15	14	812
8	1,92	0,20	0,69	0,10	0,08	154	255	5	38	14	700
9	1,88	0,16	0,39	0,16	0,05	95	372	4	20	32	725
10	1,91	0,12	0,41	0,18	0,14	120	267	8	38	17	1.349
11	1,88	0,13	0,53	0,19	0,26	119	165	3	31	20	1.348

Local nº	Teores dos elementos - 2º lançamento										
	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	B ppm	Al ppm
2	1,81	0,12	0,38	0,19	0,09	206	888	11	24	24	950
3	1,82	0,13	0,34	0,16	0,04	157	1.412	3	15	20	687
4	1,55	0,10	0,37	0,10	0,05	78	213	8	16	20	650
5	1,58	0,10	0,38	0,04	0,06	81	128	6	19	16	575
6	2,08	0,12	0,53	0,09	0,08	136	225	6	24	43	925
7	1,77	0,14	0,37	0,02	0,06	91	218	5	15	20	850
8	1,86	0,17	0,57	0,13	0,09	106	362	5	41	23	787
9	1,83	0,16	0,44	0,15	0,07	83	481	5	24	45	725
10	1,63	0,11	0,41	0,18	0,16	94	246	4	30	18	1.049
11	1,87	0,14	0,48	0,19	0,29	73	293	1	39	36	1.100

TABELA 17. DADOS DE ANÁLISES QUÍMICA FOLIAR - REPETIÇÃO 2

Local nº	Teores dos elementos - 1º lançamento										
	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	B ppm	Al ppm
2	1,94	0,13	0,36	0,20	0,06	356	600	9	13	13	725
3	1,70	0,10	0,31	0,41	0,04	173	556	15	11	17	600
4	1,74	0,11	0,38	0,15	0,05	75	124	5	13	36	662
5	1,69	0,10	0,32	0,04	0,05	112	160	8	16	45	800
6	1,72	0,12	0,46	0,09	0,06	154	236	6	21	14	812
7	1,50	0,11	0,51	0,07	0,07	124	250	8	26	13	950
8	1,86	0,18	0,59	0,11	0,08	91	219	4	29	15	938
9	1,72	0,16	0,39	0,22	0,10	73	713	3	24	23	900
10	1,94	0,14	0,43	0,21	0,15	151	205	4	43	18	1.487
11	1,80	0,13	0,43	0,22	0,11	81	401	3	30	21	1.475
Local nº	Teores dos elementos - 2º lançamento										
	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	B ppm	Al ppm
2	1,91	0,15	0,43	0,18	0,07	194	756	13	20	18	700
3	1,81	0,11	0,41	0,42	0,06	282	669	14	15	12	712
4	1,79	0,11	0,41	0,17	0,07	75	166	6	18	38	638
5	1,66	0,12	0,35	0,05	0,06	103	213	8	23	25	887
6	1,79	0,14	0,55	0,11	0,12	149	338	8	36	29	988
7	1,61	0,14	0,69	0,05	0,08	111	360	8	33	15	812
8	1,75	0,16	0,53	0,08	0,09	43	169	4	28	23	925
9	1,75	0,15	0,37	0,12	0,09	58	625	5	25	17	838
10	1,94	0,14	0,46	0,18	0,25	149	187	4	35	22	1.437
11	1,90	0,14	0,44	0,20	0,13	95	425	1	34	27	1.612

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALDER, D. Forest volume estimation and yield prediction. Rome, FAO, 1980. v.2, 194 p. (FAO Forestry Paper, 2212)
2. ASSMANN, E. The principles of forest yield study. Oxford, Pergamon Press, 1970. 506 p.
3. BARKER, J.E. Some silvicultural effects of fertilisation. N.Z.J. of For. Sci., 8(1): 160-77, 1978.
4. BARNES, R.L. & RALSON, C.W. Soil factors related to growth and yield of slash pine plantations. Florida Agric. Exp. Sta., 559, 1955. 23 p.
5. BARROS, N.F. Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de *Eucalyptus alba*, na região de Santa Bárbara-MG. Viçosa, 1974. 183 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Curso de Pós-graduação em Fitotecnia.
6. BARUSSO, A.P. A determinação de funções de crescimento mediante análise de tronco. Curitiba, 1977. 133 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
7. BASSON, W.D.; BÖHMER, R.G. & STANTON, D.A. An automated procedure for the determination of boron in plant tissue. Analyst., 94: 1135-41, 1969.
8. BEATON, J.D. *et alii*. Concentration of micronutrients in foliage of three coniferous tree species in British Columbia. Soil Science Society of America Proceedings, 26:299-302, 1965.
9. BETHUNE, J.E. Distribution of slash pine as related to certain climatic factor. For. Sci., 6(1): 11-17, 1960.

10. BOLANGER, R.R. & BOYLE, R.D. Stepwise multiple regression. California Apple Computer Inc., 1980. 15 p.
11. BRUM, E.T. Relações entre a altura dominante e fatores do sítio, em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Ponte Alta do Norte, SC. Curitiba, 1979. 179 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
12. CARMEAN, W.H. Forest site quality evaluation in the United States. Advances in Agronomy, 27: 208-69, 1975.
13. COILE, T.S. Soil and the growth of forest. Advances in Agronomy, 4: 329-88, 1952.
14. CURTIS, R.O, *et alii*. Which dependent variable in site index-height-age regressions? Forest Sci., 20: 74-87, 1974.
15. DANIEL, T.W. *et alii*. Princípios de silvicultura. México, McGraw-Hill, 1979. 491 p.
16. DARBY, G.D. The characteristics of South African Wattle soils. 1954. Thesis Pietermoritzburg.
17. DIETRICH, A.B. Relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Curitiba, 1977. 85 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal.
18. DRAPER, N.K. & SMITH, H. Applied regression analysis. New York, John Wiley, 1981. 708 p.
19. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
20. _____ & INSTITUTO AGRONÔMICO DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina, 1984. v. 1
21. FIALA, K. Direkte Bestimmung von Bor im Pflanzenmaterial nach der Kumunmethode. Plant and Soil, 38: 473-76, 1973.

22. FINK, A. Pflanzenernährung in stichworten. Kiel, F.Hirt, 1969. 200 p.
23. FOWELLS, H.A. & KRAUSS, R.W. The inorganic nutrition of Loblolly pine and Virginia pine with special reference to Nitrogen and Phosphorus. Forest Sci., 5(1): 95-111, 1959.
24. FREESE, F. Linear regression methods for forest research. Madison, Wisc., Forest Products Laboratory, 1964. 136 p. (Research Paper, FPL, 17).
25. FREIRE, J.C. Retenção de umidade em perfil oxissol do município de Lavras, Minas Gerais. Piracicaba, SP, 1975. 76 p. Dissertação. Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
26. GAISER, R.N. Relation between soil characteristics and site index of Loblolly pine in the Coastal Plain Region of Virginia and the Carolinas. Journal of Forestry, 271-5, 1950.
27. GALLO, J.R. Análise foliar como meio de caracterização de propriedades químicas do solo. In: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. p. 251-6.
28. GAVANDE, S.A. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, Limusa, 1976. 351 p.
29. GESSEL, S.P. Concepts of forest productivity. In: IUFRO KONGRESS, 14., München, Referate II, Section 21, 1967. p. 36-50.
30. GODOY, H.; CORREA, A.C. & SANTOS, D. Clima do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Manual agropecuário para o Paraná. Londrina, 1976. p. 1-37.
31. GOLFARI, L. Coníferas aptas para o reflorestamento nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. B. Técnico IBDF, (1): 3-71, 1971/4.
32. GOOR, C.P. van. Reflorestamento com coníferas no Brasil. Rio de Janeiro, Ministério de Agricultura. Departamento de Recursos Renováveis, 1965. 58 p. (Boletim n. 9).

33. GOOR, C.P. van. A nutrição de alguns pinheiros tropicais. Silvicultura em São Paulo, 4: 313-39, 1965/6.
34. GORDILLO, R.A. & MUSALEM, M.A. Determinación de calidad de estación de *Pinus hartwegii* Link. en Zoquiapan, Méx. Ciencia Forestal, 7(35): 1-20, 1982.
35. HÄGGLUND, B. Evaluation of forest site productivity. Forestry Abstr., 42(11): 515-27, 1981.
36. _____. & LUNDMARK, J.E. Site index estimation by means of site properties. Scots pine and Norway spruce in Sweden. Studia Forestalia Suecica, 138: 5-37, 1977.
37. HELLMERS, H.C. & ROOK, D.A. Air temperature and growth of *Pinus radiata* seedlings. N.Z. For. For. Sci., 3: 271-85, 1973.
38. HICKS, R.R. & FRANK Jr., P.S. Relationship of aspect to soil nutrients, species importance and biomass in a forested watershed in West Virginia. Forest Ecology and Management, 8: 281-91, 1984.
39. HILDEBRAND, C. Manual de análise química de solos e plantas. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, 1976/7. 225 p.
40. HOCKER Jr., H.W. Certain aspects of climate as related to the distribution of Loblolly pine. Ecology, 37(4): 824-34, 1956.
41. HOLLAND, D.A. Component analysis: an aid to the interpretation of data. Exp. Agric., 5: 151-64, 1969.
42. HOUGH, R.J. *et alii*. Regeneração do pinheiro-do-paraná - sub-programa solo, sítio e nutrição. Relatório Final. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1979. 129 p.
43. HOYLE, M.C. & MADER, D.L. Relationships of foliar nutrients to growth of red pine in Western Massachusetts. Forest Science, 10(3): 337-47, 1964.
44. HUSCH, B. Forest mensuration. 2.ed. New York, Ronald Press, 1972. p. 348-57.

45. ISEBRANDS, J.G. & CROW, T.R. Introduction to uses and interpretation of principal component analysis in forest biology. North Central Forest Experiment Station. USDA Forest Service, 1975. 18 p. (General Technical Report 17).
46. ISOLAN, F.B. Estudo da qualidade de sítio para *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari no Cantão de Turrialba, Costa Rica. Costa Rica, 1972. 83 p. Dissertação. Mestrado. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas da OEA.
47. JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. Advanced Course. Dept. of Soil, Univ. of Wis., 1958. 991 p.
48. JACKSON, O.S. & GIFFORD, H.H. Environmental variables influencing the increment of radiata pine (1) periodic volume increment. N.Z.J. Forestry Science, 4(1): 3-24, 1974.
49. JEFFERS, J.N.R. Principal component analysis in taxonomic research. Great Britam For. Comm. Stat. Sec. Pap., 83, 1-21, 1964.
50. JORGE, J.A. Materia organica. In: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. p. 169-77.
51. KENDALL, M.G. A course in multivariate analysis. New York, Hafner, 1957. 185 p.
52. KNICKMANN, E. Handbuch der landwirtschaftlichen versuchs und Untersuchungsmethodik. Berlin, v.1, 1955.
53. KRAMER, P.J. & KOZLOWSKI, T. Fisiologia das árvores. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.
54. LEYTON, L. & ARMSON, K.A. Mineral composition of the foliage in relation to the growth of Scots pine. For. Sci., 1(3): 210-18, 1955.
55. LINNARTZ, N.E. Relation of soil and topographic characteristics to site quality for Southern pines in the Florida Parishes Louisiana. J. For., 61(6): 432-38, 1963.

56. LOPES, A.S. Solos sob "cerrado". Características, propriedades e manejo. Piracicaba, SP, Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162 p.
57. LOWRY, G.L. Black spruce site quality as related to soil and other site conditions. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 39: 125-31, 1975.
58. MACHADO, S.A. Curvas de sítio para plantações de *Pinus taeda* L., na região Central do estado do Paraná. Floresta, 11(2): 4-18, 1980.
59. MARDIA, K.V.; KENT, J.T. & BIBBY, J.M. Multivariate analysis. New York, Academic Press, 1979. 521 p.
60. McQUILKON, R.A. & ROGERS, R. A method for determining the precision of site index estimates made from site index prediction functions. Forest Sci., 24(2): 289-96, 1978.
61. MEDINA, G.P. Água no solo. In: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. p. 45-57.
62. _____. & GROHMANN, F. Disponibilidade de água sobre alguns solos de cerrado. Bragantia, 25: 65-76, 1966.
63. MOEHRING, D.M. & RALSTON, C.W. Diameter growth of Loblolly pine related to available soil moisture and rate of soil moisture loss. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 31: 560-2, 1967.
64. MUNSELL COLOR COMPANY. Munsell soil color charts. Baltimore, 1946.
65. ORLOCI, L. Multivariate analysis in vegetation research. 2.ed. Boston, Hague, Dr. W. Junk, 1978. 451 p.
66. PIENAAR, L.V. & SHIVER, B.D. The effect of planting density on dominant height in unthinned slash pine plantations. Forest Sci., 30(4): 1054-66, 1984.
67. PRITCHETT, W.L. Properties and management of forest soils. New York, J. Wiley, 1979. 500 p.
68. _____. & LLEWELLYN, W.P. Response of slash pine to phosphorus in Sandy soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 4(30): 509-12, 1966.

69. PRODAN, M. Forest biometrics. New York, Pergamon Press, 1961. 447 p.
70. RANZANI, G. Capacidade de água disponível do solo. Boletim Técnico-Científico da ESALQ, n. 18, 1963.
71. REICHARDT, K. Água na produção agrícola. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1978.
72. REISSMANN, C.B. Nahrelementversorgung und Wuchsleistung von Kiefernbeständen in Südbrasilien. Freiburg, 1981. 159 p. Dissertation. Universität Freiburg.
73. _____. Projeto. Classificação de sítio para *Araucaria angustifolia*, *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* no 2º Planalto do Estado do Paraná. Curitiba, UFPR-Sector de Ciências Agrárias, 1983.
74. _____.; SANTOS FILHO, A. & QUINTEROS, M.E. O Zinco como fator limitante das florestas de *Pinus taeda* no 2º Planalto paranaense. In: SEMANA DA PESQUISA NA UFPR, 3., Curitiba, 1986. Programas e resumos. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1986. p. 28.
75. RICHARDS, L.A. Pressure membrana apparatus construction and use. Agric. Engineering., 28: 451-54, 1947.
76. SALTER, P.J. *et alii*. The influence of texture on the moisture characteristics of soils. III. Quantitative relationships between particle-size, composition and available water capacity. Journal of Soil Sci., 17(1): 93-8, 1966.
77. SANTOS FILHO, A. Genese und Eigenshaften repräsentativer Bodentypen in der Schichtsfufenlandschaft des Staates Paraná, Brasilien. Freiburg, 1977. 192 p. Dissertation. Universität Freiburg.
78. _____. Zinco total em alguns solos do Estado do Paraná. Rev. Setor de Ciências Agrárias, 5(1/2): 1-3, 1983.
79. SANTOS FILHO, A. *et alii*. Interações entre solos e o crescimento de *Pinus taeda* no município de Ponta Grossa-PR. In: SEMANA DA PESQUISA NA UFPR, 3., Curitiba, 1986. Programas e resumos. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1986. p. 27.

80. SAUNDERS, J.C. *et alii*. Some effects of site, particularly upper horizon soil, on the growth of *Pinus radiata*. Aust. For. Res., 14: 27-36, 1984.
81. SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. Lehrbuch der Bodenkunde. 9.Aufl. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 1976. 394 p.
82. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas, SBCS/SNLCS, 1982. 45 p.
83. SOUZA, M.L.de P.; SOUZA, D.M. de P. & LUCCHESI, L.A.C. Retenção de água em duas unidades de solos sob floresta de *Pinus elliottii* e campo nativo. Rev. Setor de Ciências Agrárias, 4: 17-22, 1982.
84. SPIECKER, H. Análise do crescimento florestal. Curitiba, FUPEF, 1981. 62 p. (Série técnica, 8).
85. SPURR, S.H. Forest ecology. New York, Ronald Press, 1944. 352 p.
86. _____. & BARNES, B.V. Forest ecology. 2.ed. New York, The Ronald Press, 1973. 572 p.
87. TRUMAN, R. *et alii*. Prediction of site index for *Pinus radiata* at Millions Range State Forest, New South Wales. Aust. For. Res., 13: 207-15, 1983.
88. ULRICH, A. Plant analysis as a diagnostic procedure. Soil Science, 55:101-11, 1943.
89. VETTORI, L. & PIERANTONI, H. Análise granulométrica. Novo método para determinar a fração argila. Rio de Janeiro, EPFS/EPE, Ministério de Agricultura, 1968. 8 p. (Boletim Técnico, n. 3).
90. VINOGRADOV, A.P. The geochemistry of rare and dispersal chemical element in soils. New York, Consultants Bureaux, 1959. 209 p.
91. WAKELY, P.C. & MARRERO, J. Five year intercept of site index in southern pine plantations. J. For., 56(5): 332-6, 1958.
92. WEBBER, B. Potential increase in nutrient requirements of *Pinus radiata* under intensified management. N.Z.J. of For. Sci., 8(1): 146-59, 1978.

93. WEDEPOHL, K.H. Handbook of geochemistry. Berlin, Springer, 1974.
94. WHITE, D.P. Variations in the Nitrogen, Phosphorus and Potassium contents of pine needles with season, crown position, and sample treatment. Soil Soc. of Amer. Proc., 18: 326-30, 1954.
95. WILDE, S.A. Relationship between the height growth, the 5-year intercept, and site conditions of red pine plantations. J. of Forestry, 62(4): 245-8, 1964.
96. WILL, G.M. Nutrient deficiencies in *Pinus radiata* in New Zealand. N.Z.J. of For. Sci., 8(1): 4-14, 1978.
97. ZAHNER, R. Site-quality relationships of pine forests in Southern Arkansas and Northern Louisiana. Forest Sci., 4(2): 162-76, 1958.
98. _____. Loblolly pine site curves by soil groups. Forest Sci., 8(2): 104-10, 1965.
99. _____. & WEDRICH, D.R. Moisture release characteristics of forested sand entisols northern lower Michigan. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 30: 646-9, 1966.
100. ZÖTTL, H.W. Diagnosis of nutritional disturbances in forest stands. In: FAO-IUFRO. SYMPOSIUM OF FOREST FERTILIZATION. Proceedings. Paris, 1973. p. 75-95.
101. _____.; TSCHINKEL, H. & SPEIDEL, G. Nutrición y fertilización forestal: una guía práctica. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1971. 116 p.