

JUAREZ MARTINS HOPPE

**RELAÇÕES ENTRE DADOS ANALÍTICOS DO SOLO, ANÁLISE FOLIAR E
DADOS DE INCREMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, NA
FLORESTA NACIONAL DE PASSO FUNDO, RS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – área de concentração em Silvicultura, da Universidade Federal do Paraná (PR), como requisito parcial para obtenção do grau de MESTRE em CIÊNCIAS.

Orientador: Prof. Dr. Mário Takao Inoue

CURITIBA

1980



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

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 JUAREZ MARTINS HOPPE, sob o título "RELAÇÕES ENTRE DADOS ANALÍTICOS DO SOLO, ANÁLISE FOLIAR E DADOS DE INCREMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, NA FLONA DE PASSO FUNDO, RS", para obtenção do grau de Mestre em Ciências - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato e realizada a atribuição de conceitos são de parecer pela "APROVAÇÃO POR MÉRITO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências.

Curitiba, 08 de abril de 1980

Professora Celina Wisniewski Koehler, M.Sc
Primeira Examinadora

Professor Reinout Jan De Hoogh, M.Sc
Segundo Examinador



Professor Mario Takao Inoue, Ph.D
Presidente

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wilfried E. H. Blum e Prof. Reinout Jean de Hoogh, orientadores iniciais desta dissertação;

Ao Prof. Dr. Mário Takao Inoue presidente da Comissão Examinadora - orientador;

A Prof^a. Celina Wisniewski, primeira examinadora;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná por oportunizar-me a realização do Mestrado;

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo auxílio financeiro concedido através do Proc. nº 152/77;

A Delegacia Estadual do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), pela concessão da Floresta Nacional de Passo Fundo, no Rio Grande do Sul, para coleta de material;

A CAPES pela concessão da bolsa e;

A Universidade Federal de Santa Maria e aos colegas do Departamento de Ciências Florestais, pela colaboração e incentivo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
GLOSSÁRIO	viii
RESUMO	ix
ZUSAMMENFASSUNG	x
1 INTRUDUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Classificação de sítio	3
2.2 Métodos dendrométricos	4
2.3 Métodos ecológicos	5
2.4 Análise química	6
2.5 Estudos nutricionais sobre <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze.	10
3 MATERIAIS E MÉTODOS	12
3.1 Local de estudo	12
3.2 Coleta do material	14
3.3 Métodos de laboratório	16
3.3.1 Análise química foliar	16
3.3.1.1 Preparo do material	16
3.3.1.2 Determinação dos elementos químicos	17
3.3.2 Análise do solo	17
3.3.2.1 Preparo do material	17
3.3.2.2 Determinação física	18
3.3.2.3 Determinação química	18
3.3.3 Análise de tronco	19
3.3.4 Análise estatística	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Crescimento	23
4.2 Altura total (H)	26

4.3 Incremento periódico anual (IPA)	27
4.4 Incremento corrente anual (ICA)	27
4.5 Conteúdo e distribuição dos elementos na copa	28
4.6 Descrição, classificação dos perfis do solo e suas características químicas e físicas	40
4.6.1 Descrição dos perfis	44
4.7 Correlação simples entre o crescimento em altura e o conteúdo de elementos nas acículas	49
4.8 Correlação simples entre o crescimento em altura e as características físicas e químicas do solo	53
4.8.1 Características químicas	53
4.8.2 Características físicas	57
4.9 Discussão geral dos resultados	58
5 CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
LISTA DE ANEXOS	67
Anexo 1	67
TABELA 1 - Crescimento em altura no Sítio I	68
TABELA 2 - Crescimento em altura no Sítio II	68
TABELA 3 - Crescimento em altura no Sítio III	69
TABELA 4 - Crescimento em altura no Sítio IV	69
TABELA 5 - Incrementos periódicos anuais dos últimos dez anos nos quatro sítios	70
TABELA 6 - Resultados da análise química foliar (acículas com menos de um ano de idade) de quatro árvores dominantes com idade de 29 anos no Sítio I, localizado no talhão 53 da Floresta Nacional de Passo Fundo	71
TABELA 7 - Resultados da análise química foliar (acículas com menos de um ano de idade) de quatro árvores dominantes com idade de 29 anos no Sítio II, localizado no talhão 53 da Floresta Nacional de Passo Fundo	72

TABELA 8 - Resultados da análise química foliar (acículas com menos de um ano de idade) de quatro árvores dominantes com idade de 29 anos no Sítio III, localizado no talhão 53 da Floresta Nacional de Passo Fundo	73
TABELA 9 - Resultados da análise química foliar (acículas com menos de um ano de idade) de quatro árvores dominantes com idade de 29 anos no Sítio IV, localizado no talhão 53 da Floresta Nacional de Passo Fundo	74
Anexo 2	75
FIGURA 1 – Visualização do incremento periódico anual, das idades de 19 a 29 anos na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS	76
FIGURA 2 – Visualização do incremento corrente anual, das idades de 19 a 29 anos na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS	77
FIGURA 3 – Distribuição do N na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	78
FIGURA 4 – Distribuição do P na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	79
FIGURA 5 – Distribuição do K na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	80
FIGURA 6 – Distribuição do Ca na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	81
FIGURA 7 – Distribuição do Mg na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	82
FIGURA 8 – Distribuição do Fe na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	83
FIGURA 9 – Distribuição do Mn na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	84
FIGURA 10 – Distribuição do Al na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	85
FIGURA 11 – Distribuição do Zn na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	86

FIGURA 12 – Distribuição do Cu na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	87
FIGURA 13 – Distribuição do B na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais)	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Histórico dos talhões analisados neste estudo	14
Tabela 2 - Valores usados na expressão do crescimento em relação aos conteúdos de nutrientes nas acículas, solo e características físicas do solo	26
Tabela 3 – Comparação dos teores dos elementos existentes nas acículas de <i>Araucaria angustifolia</i> entre o presente trabalho e os demais realizados com esta espécie (média dos verticilos)	31
Tabela 4 – Valores médios de conteúdos dos elementos químicos no solo nos quatro sítios estudados nos talhões 53 e 54 da Floresta Nacional de Passo Fundo – RS	41
Tabela 5 – Quantidade (t/ha) dos elementos químicos no solo nos quatro sítios estudados nos talhões 53 e 54 da Floresta Nacional de Passo Fundo - RS	42
Tabela 6 - Resultados da análise física do solo nos quatro sítios estudados nos talhões 53 e 54 da Floresta Nacional de Passo Fundo - RS	43
Tabela 7 – Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos nas acículas e altura total	51
Tabela 8 - Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos nas acículas e o IPA (24 – 29 anos)	52
Tabela 9 - Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos nas acículas e o ICA	52
Tabela 10 - Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos no solo e a altura total	53
Tabela 11 - Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos no solo e o IPA (24 – 29 anos)	54
Tabela 12 - Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos no solo e o ICA	54
Tabela 13 - Coeficientes de correlação simples entre as características físicas do solo e a altura total, incremento periódico dos últimos cinco anos e incremento corrente anual	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização dos talhões estudados dentro da Área da Floresta Nacional de Passo Fundo, RS	13
Figura 2 - Representação esquemática do relevo e da altura dominante da espécie em estudo para os diferentes sítios	15
Figura 3 - Relação gráfica entre altura total e a idade para as árvores de 29 anos, na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS	24
Figura 4 - Relação gráfica entre os valores médios de IPA em altura, e o período respectivo em árvores de 29 anos na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS ..	25
Figura 5 - Relação gráfica entre os valores médios de ICA em altura, e o período respectivo em árvores de 29 anos na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS ..	27
Figura 6 - Distribuição de N na copa das árvores (valores médios)	29
Figura 7 - Distribuição de P na copa das árvores (valores médios)	30
Figura 8 - Distribuição de K na copa das árvores (valores médios)	32
Figura 9 - Distribuição de Ca na copa das árvores (valores médios)	33
Figura 10 - Distribuição de Mg na copa das árvores (valores médios)	34
Figura 11 - Distribuição de Fe na copa das árvores (valores médios)	35
Figura 12 - Distribuição de Mn na copa das árvores (valores médios)	36
Figura 13 - Distribuição de Al na copa das árvores (valores médios)	37
Figura 14 - Distribuição de Zn na copa das árvores (valores médios)	38
Figura 15 - Distribuição de Cu na copa das árvores (valores médios)	39
Figura 16 - Distribuição de B na copa das árvores (valores médios)	40

GLOSSÁRIO

Fe = elemento químico da Tabela Periódica denominado de ferro

N = elemento químico da Tabela Periódica denominado de nitrogênio

P = elemento químico da Tabela Periódica denominado de fósforo

K = elemento químico da Tabela Periódica denominado de potássio

Ca = elemento químico da Tabela Periódica denominado de cálcio

Mg = elemento químico da Tabela Periódica denominado de magnésio

Mn = elemento químico da Tabela Periódica denominado de manganês

Al = elemento químico da Tabela Periódica denominado de alumínio

Zn = elemento químico da Tabela Periódica denominado de zinco

Cu = elemento químico da Tabela Periódica denominado de cobre

B = elemento químico da Tabela Periódica denominado de boro

C = elemento químico da Tabela Periódica denominado de carbono

H = altura total

t/ha = toneladas por hectare

ha = unidade de área denominada de hectare

SC = Unidade da Federação denominada de Estado de Santa Catarina

RS = Unidade da Federação denominada de Estado de Rio Grande do Sul

PR = Unidade da Federação denominada de Estado de Paraná

g = unidade de peso denominada de grama

m = unidade de comprimento denominada de metro

cm = unidade de comprimento denominada de centímetro

mm = unidade denominada de milímetro

talhão = unidade de área de floresta

sítio = unidade de área de floresta com características iguais

floresta natural = floresta já existente no local

RESUMO

RELAÇÕES ENTRE DADOS ANALÍTICOS DO SOLO, ANÁLISE FOLIAR E DADOS DE INCREMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. NA FLORESTA NACIONAL DE PASSO FUNDO, RS.

Autor: Juarez Martins Hoppe

Orientador: Prof. Dr. Mário Takao Inoue

O presente trabalho foi desenvolvido na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS, e teve como finalidade estudar o estado nutricional da *Araucaria angustifolia*, bem como o(s) fator(es) limitante(s) de seu crescimento, naquelas condições. Utilizou-se material coletado de árvores com 29 anos de idade, localizadas em quatro sítios de crescimento diferentes, situados nos talhões 53 e 54 daquela Floresta Nacional. Os materiais utilizados foram acículas do último período de crescimento, amostra de solo para análises químicas, físicas e densidades, coletadas nas diversas profundidades dos quatro perfis, além de material para análise de tronco, representando os últimos dez anos de crescimento. Para análises das relações, utilizou-se correlações simples entre os parâmetros de crescimento e as características químicas das acículas, solo e valores físico do solo. Foram utilizados a altura total, o incremento periódico anual dos últimos cinco anos e o incremento corrente do último ano, e os percentuais de N, P, K, Ca e Mg, e conteúdos em ppm de Fe, Mn, Al, Zn, Cu e B nas acículas, bem como seus conteúdos em % e t/ha no solo, além das características físicas do mesmo. Os resultados mostraram que o estudo nutricional da *Araucaria angustifolia*, apresenta-se satisfatório no sítio III e deficiente nos demais e que os fatores limitantes do crescimento são o N, P, Cu e B, além das condições físicas do solo nos sítios de crescimento reduzido, isto observado pela profundidade do horizonte A, profundidade de enraizamento, presença de pedras e compactação.

ZUSAMMENFASSUNG

RELAÇÕES ENTRE DADOS ANALÍTICOS DO SOLO, ANÁLISE FOLIAR E DADOS DE INCREMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. NA FLORESTA NACIONAL DE PASSO FUNDO, RS.

Autor: Juarez Martins Hoppe

Orientador: Prof. Dr. Mário Takao Inoue

Die vorliegende Arbeit wurde an den Bundesforste von Passo Fundo entwickelt und hat das Studium des Ernährungszustandes der *Araucaria angustifolia*, als auch die Bestimmung der Wachstumsbegrenzenden Faktoren für die genannte Baumart, unter den dort herrschenden Bedingungen, als Ziel gehabt. Es wurden vier verschiedenen Standorte, die der Abteilung 53 bzw 54 des erwähnten Bundesforste gehörten, als auch die Nadeln letzter Wachstumsperiode der 29 jährigen Bäumen, nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften untersucht. Man hat versucht einfache Korrelationen zwischen Wachstumsparametern und chemischen Eigenschaften der Nadeln bzw chemischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens, herzustellen. Als abhängige Variable wurde die Gesamthöhe, den durchschnittlich periodischen Zuwachs der letzten fünf Jahre, sowie den laufend Zuwachs letztes Jahr benutzt. Als unabhängige Variable hat man den Gehalt der Nadeln und des Bodens an N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Zn, Cu und B gesehen. Die Ergebnisse zeigten dass, der Ernährungszustand der *Araucaria angustifolia* nur in dem Standort III befriedigend war. In die andere Standort mangelten an N, P, Cu und B, und zeigten dazu schlechte physikalische Eigenschaften, was an der Tiefe des A-horizonts, Bewurzelungstiefe, Anwesenheit von Steinen und Bodenverdichtung ersichtlich war.

1 INTRODUÇÃO

A crescente tendência de incrementar o plantio com espécies nativas tem levado pesquisadores a buscar maiores informações sobre seus comportamentos nas diferentes regiões de sua ocorrência. Em especial, a *Araucária angustifolia* tem despertado maior interesse por ser, na atualidade, a espécie que produz uma das melhores madeiras existentes no mercado.

O reflorestamento e florestamento com *Araucaria angustifolia* ganharam grande expressão no sul do Brasil, região de sua ocorrência natural. No entanto, o pouco conhecimento de suas exigências edáficas-nutricionais, leva o silvicultor a optar por qualquer tipo de solo, resultando um investimento inseguro, uma vez que esta espécie não apresenta desenvolvimento satisfatório em todas as classes de solo.

De acordo com HEINSDIJK (1962), apenas 0,1% das plantações de *Araucaria angustifolia* no Sul do Brasil foram efetuadas em solos de classe I, enquanto 74,4% encontram-se nas classes IV e V, provando que a grande maioria dos plantios foi efetuada em terrenos imprópria para seu crescimento.

Segundo GOLFARI (1973), apenas 25% da região de ocorrência natural de *Araucaria angustifolia* apresenta condições ecológicas e econômicas para o plantio desta espécie. Além distoos plantios efetuados, não estão correspondendo, em termos de crescimento, pois embora existam grandes áreas cobertas com povoamentos plantados de *Araucaria angustifolia*, a produção pode não ser convincente. Consequentemente torna-se necessário efetuar pesquisas no sentido de analisar diferentes sítios com plantios artificiais, dentro de sua área de ocorrência natural, descrevendo perfis de solo, analisando química e fisicamente os solos, efetuando análises química foliar e relacionando estes resultados com seu crescimento, a fim de encontrar os critérios que determinarão as condições para um ótimo desenvolvimento.

Neste trabalho, estabeleceu-se os seguintes objetivos:

- a) Auxiliar na definição de uma metodologia para coleta de material para análise.
- b) Estudar o estado nutricional e as exigências nutricionais da *Araucaria angustifolia*, bem como determinar o (s) fator (es) limitante (s) do seu crescimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Classificação de sítio

De acordo com GARCIA (1970), a avaliação da capacidade produtiva de um sítio é fundamental para o planejamento da maioria das inversões na formação, manejo e aproveitamento dos recursos florestais. RUSSEL (1917), entretanto, afirma que o conhecimento da capacidade de produção de uma determinada área é fator de decisão pela espécie que apresenta maiores vantagens.

Para VAN LEAR & HOSNER (1967), a determinação da capacidade de produção de um sítio é requisito básico para o manejo florestal intensivo, embora seja um dos mais difíceis problemas para esta ciência.

VAN GOOR (1966) salienta que a qualidade de sítio é importante, não só para as práticas silviculturais, como também para pesquisas de classificação de terras florestais, estando esta classificação relacionada com a produção de madeira.

SALAS (1974) informa que na classificação de sítio geralmente procura-se informações sobre aspectos climáticos, os quais, juntamente com os fatores edáficos e fisiográficos, poderão determinar a qualidade do sítio. No entanto, uma das tarefas mais difíceis é a escolha e avaliação dos parâmetros que estão influenciando no crescimento da vegetação, sua relação e quantificação dentro de um esquema harmônico.

Os métodos utilizados para a classificação de sítio são variados, condicionados rigorosamente pelo local, principalmente clima e solo.

2.2 Métodos dendrométricos

Para CARMEAN (1970), a maior aproximação seria obtida, medindo-se a madeira produzida num determinado período. No entanto, é uma prática pouco aplicável, uma vez que o volume não pode ser determinado facilmente. Usa-se então recorrer a informações indiretas, como por exemplo, altura dominante, diâmetro, plantas indicadoras, topografia e fatores climáticos. Para este autor, a determinação da qualidade de sítio através da altura dominante é obtida em função de curvas simples produzidas mediante medições de alturas dominantes em relação á idade em parcelas permanentes e temporárias, ou análise de tronco.

Para JONES (1969), a diversidade na forma das curvas de crescimento em altura em diferentes sítios, presumivelmente é causada pelas diferentes combinações dos fatores de sítio e as variações destes durante seu desenvolvimento.

EDMINISTER & JUMP (1976) num estudo com *Pseudotsuga menziesii* classificaram os sítios em base na altura dominante e idade, encontrando uma boa correlação entre altura, idade e qualidade de sítio para as árvores das amostras estudadas.

CAMPOS (1970) e FISHWICK (1977), usaram na preparação de curvas para classificação de sítios em povoamentos de *Pinus elliottii* a altura dominante das árvores, salientando que esta altura, sob práticas de manejo florestal, não é afetada pelos métodos de desbastes, podendo ser aceita como independente da densidade do povoamento.

SAMI (1965) afirmou que o volume e a altura são características da vegetação que podem ser medidas para expressar a qualidade de sítio. De acordo com RUSSEL (1917), a altura dominante é uma sensível medida da qualidade do sítio, além de ser facilmente obtida, embora BURGER (1976) e FISHWICK (1976) afirmarem que o incremento volumétrico médio anual produzido no povoamento é o elemento que exprime, da forma mais direta, a capacidade produtiva de um sítio.

Considera-se estas afirmações corretas por existir uma estrita correlação entre altura e IMA.

2.3 Métodos ecológicos

Segundo SALAS (1974), os fatores do solo constituem uma valiosa ajuda na classificação do sítio, pois muitos deles são fáceis de serem medidos e quantificados. Salienta ainda, que a disponibilidade de água no solo e o ritmo de umidade durante épocas secas e úmidas (Balanço hídrico) provaram ser, em estudos recentes, os fatores determinantes no desenvolvimento da vegetação. Os elementos nutricionais do solo têm sido incluídos dentro dos principais fatores que determinam o crescimento das plantações florestais.

De acordo com JONES (1973), uma classificação puramente pedológica pode facilmente ser ineficaz na prática da avaliação do sítio, quando fatores de significância ecológica não são considerados. Esta afirmação é verdadeira, pois para VAN GOOR (1966), os fatores do sítio de primordial importância para o crescimento de povoamentos, estão relacionados com o clima e o solo. Em geral, afirma este autor, o crescimento de uma determinada espécie é ótimo em solos bons quando o clima está em concordância com a região de origem desta espécie. Os fatores físicos são bem definidos pelo tipo de solo e, em casos similares, podem ser agrupados em nível de grande grupo, enquanto as propriedades químicas são mais difíceis de serem determinadas, uma vez que, as influências do homem através da agricultura, pastagem e outras atuações, muda a fertilidade do solo.

De acordo com BARROS (1974), DE HOOGH & DIETRICH (1976), o relevo e a declividade são fatores fisiográficos tomados para se classificar o sítio, uma vez que atuam na susceptibilidade do solo à erosão, no movimento da água superficial e sub-superficial, entrada de energia e, portanto, na disponibilidade dos elementos nutritivos contidos na água. Enquanto que para ISOLAN (1972), o maior crescimento de Pinus caribae variedade hondurensis, na região de Turrialba, parece ser a drenagem do solo e seus efeitos correlacionados com o lençol freático e a profundidade de penetração das raízes.

VAN LEAR & HOSNER (1967) afirmaram que as propriedades físicas do solo têm apresentado características mais vantajosas na definição dos sítios do que propriedades químicas.

2.4 Análise química

SIMÕES (1972) afirma existir uma baixa correlação entre o crescimento das árvores e o resultado da análise química de solo, porque esta indica apenas as concentrações dos nutrientes que, teoricamente, estariam disponíveis para a planta.

Também para KRAMER & KOZLOWSKI (1972) a análise do solo tem valor limitado porque o extrato do solo não se constitui num indicador seguro da disponibilidade dos elementos nutritivos para as árvores. Além disso, o âmbito radicular é extremamente grande (profundidade e projeção horizontal), principalmente em solos heterogêneos. Salientam ainda, que as exigências nutricionais variam com a espécie. Desta maneira, concentrações adequadas para uma podem ser imprópria á outra, mesmo que a análise das informações gerais sobre a fertilidade do sítio seja de maneira de máxima importância, quando combinada com a análise dos tecidos.

De acordo com COREY (1973), a disponibilidade de nutrientes para as plantas é determinada pelos fatores que afetam a capacidade do solo em fornecer nutrientes e pelos fatores que afetam a habilidade da planta para absorvê-los da solução do solo.

O propósito da análise química do solo é medir estes fatores e interpretar os resultados em termos de tratamentos corretivos. Considerando o exposto, MCLEAN (1973) afirma que um dos maiores informativos do solo é o pH, tanto em solos ácidos, como básicos ou neutros. Este informa sobre a solubilidade dos vários componentes, capacidade dos íons em se translocarem e a atividade dos microrganismos. Em síntese, indica a disponibilidade aparente dos nutrientes para a planta.

GESSEL (1962) diz que em poucas situações existem correlações entre o conteúdo de elementos no solo e o crescimento das florestas, por esta razão, um grande número de relações entre as propriedades químicas do solo e o crescimento das árvores continua na dúvida e, freqüentemente, não existem parâmetros de comparação.

Estas afirmações adicionadas à falta de informações das exigências das espécies florestais, as relações solo-planta são ainda objetos de estudo na metodologia de análise do solo.

ZOTTL & TSCHIMKEL (1971) salientam que somente através da análise química do solo não é possível dar recomendações detalhadas sobre as quantidades necessárias de fertilizantes, sendo mais ilustrativo combinar-se esta à análise química foliar. Porque segundo MALAVOLTA (1974), existe uma relação direta entre a quantidade de elementos no solo e sua concentração na planta. Se bem que, em termos florestais, onde a interação raiz solo é um processo em longo prazo, devido a maior permanência das árvores em uma determinada área, a digestão total deve ser preferível porque possibilita o conhecimento da totalidade dos elementos existentes no solo, disponíveis ou não para a planta.

Para ALDRICH (1973), o conceito do uso da análise de plantas é relativamente antigo, porém, nos últimos anos o interesse nesse campo tem sido maior. Isto se deve às facilidades de extração dos elementos dos tecidos, ocasionadas pelo avanço tecnológico e pelas necessidades de uso mais intenso da terra, como consequência do aumento da população.

Para ZOTTL & TSCHINKEL (1971), no setor florestal, o método de análise química foliar baseia-se nas correlações existentes entre o conteúdo de nutrientes nas acículas e seu nível de crescimento. As acículas são escolhidas como objeto de análise por apresentarem conteúdos superiores de nutrientes em comparação com outras partes das plantas.

De acordo com EPSTEIN (1971), quando a concentração de um elemento nos tecidos baixa do nível necessário para que a planta possa ter um crescimento ótimo, diz-se que esta planta está deficiente. No entanto, esta redução ocorre sem o desenvolvimento de sintomas visíveis ou, pelo menos, muito antes deles aparecerem, por esta razão, a análise dos tecidos foi desenvolvida como meio de se obter informações diretamente da planta sobre o seu estado nutricional.

Segundo DELVIN (1970), uma forma digna de confiança para detectar o conteúdo de elementos numa planta, consiste em se submeter parte desta a ação de altas temperaturas e,

posteriormente, analisar o conteúdo de suas cinzas, porque todos os elementos minerais absorvidos do solo permanecerão nas cinzas, uma vez que as substâncias orgânicas e os elementos primários se desprendem em forma de gases, dióxido de carbono e vapor d'água.

MUNSON & NELSON (1973) dizem que a análise foliar num sentido restrito é a determinação da concentração dos elementos estáveis de uma amostra, representando certo estado fisiológico da planta, baseado no princípio de que a concentração de um elemento é o valor integral de todos os fatores que o afetam.

BOULD (1970) relata que a análise foliar pode ser efetuada para verificar a absorção do nutriente aplicado. Esta análise efetuada antes e após a adubação, indicará se o nutriente foi absorvido e se o tratamento foi satisfatório. A não alteração na concentração pode ser aplicada pelos seguintes fatores: o nutriente não foi absorvido; o nutriente foi absorvido, mas não translocado para as folhas; ou a absorção e a matéria seca foram incrementadas na mesma razão, não afetando a concentração.

MALAVOLTA (1974) explica que a análise química de um vegetal não indica necessariamente que os elementos encontrados sejam para o seu desenvolvimento da planta, uma vez que as plantas não são capazes de selecioná-los, pois devido à complexidade do solo, muitos elementos absorvidos não desempenham função alguma. (No entanto, afirma este autor, existir uma relação direta entre a quantidade de elementos no solo e o seu teor nas folhas). Já LEAF (1973) diz que a análise foliar informa sobre a determinação dos elementos limitantes; o elemento específico e o nível apropriado ou eficiente de nutrientes necessários para a correção.

ANDRAE & KRAPPENBAUER (1976), KRAMER & KOZLOWSKI (1972) e LEYTON (1957) afirmaram que as concentrações de nutrientes nas folhas são específicas, não somente para a espécie e idade, como também dependem do ambiente, época e posição da amostragem. E, segundo BOYTON e COMPTON*, citados por KRAMER & KOZLOWSKI (1972), a concentração de minerais nas folhas das árvores é influenciada por certos fatores,

* BOYTON, O. C. & COMPTON. Effect of origem pressures in aerated nutrient solutions on production of new roats on growth of roots and top by fruit trees, Na. Soc. Hort. Sc. Proc. 42: 53-58, 1943.

incluindo a condição do sistema radicular, tecidos de transporte, lesões das folhas, espécie e variedade das árvores.

Segundo LEAF (1973), a composição dos elementos na folhagem, varia tanto vertical como horizontalmente na copa. Esta variação, para as coníferas, ocorre devido a idade das folhas, posição do verticilo, posição da folha no ritmo de crescimento e ordem dos ramos em relação à atividade fisiológica.

CURLIN (1973), descobriu que a concentração dos elementos minerais nos diferentes tecidos de uma espécie varia pouco com a idade após o período juvenil. E, dentro de uma estação de crescimento anual, já LEAF (1973) afirma que o conteúdo dos elementos móveis (NPK) nas acículas das coníferas tende a aumentar durante a primeira metade da estação de crescimento e diminuir na parte final. Este mesmo autor explica esta variação baseada nas seguintes considerações; translocação do elemento dentro da árvore para várias regiões meristemáticas, preparando-se para a próxima estação de crescimento e lixiviação dos elementos das folhas pela precipitação. Ainda LEAF(1973), documentou que os elementos móveis como NPK, expressos em percentagem, mostraram um máximo valor de peso seco no verão, declinando-se com o progresso das estações de crescimento. No inverno, as maiores concentrações ocorrem com elementos pouco móveis como Ca e Mg.

ANDRAE & KRAPFENBAUER (1976) constataram que as maiores concentrações de nutrientes situam-se, principalmente, nos órgãos e partes com maiores atividades metabólicas, uma vez que os elementos, ao serem retirados da solução do solo, são translocados para as partes dos vegetais que se encontram em fase de crescimento, sofrendo, de acordo com sua mobilidade, uma redistribuição para outros órgãos.

Segundo JONES & SKYN (1973), deve-se escolher uma parte específica de um estágio definitivo de crescimento, para a retirada das amostras para a análise. De acordo com LEAF (1973), é importante considerar as variações anuais destes níveis. Este mesmo autor, diz que a amostra fica restrita às árvores dominantes e co-dominantes, por serem as mais representativas do sítio, de maior valor econômico e por apresentarem menor variação entre as árvores no nível de nutrientes.

2.5 Estudos nutricionais sobre *Araucaria angustifolia*

Para GOLFARI (1973), o habitat natural da *Araucaria angustifolia* situa-se na região onde a temperatura média anual varia entre 13 a 18°C. No entanto, pode ser plantada com êxito em regiões mais quentes, desde que sejam satisfeitas suas exigências hídricas e pedológicas. A *Araucaria angustifolia* não tolera latossolos arenosos e litossolos, enquanto os latossolos vermelhos com alta fertilidade e profundidades convenientes são os mais indicados.

VAN GOOR (1966) afirma que entre os fatores limitantes do crescimento da *Araucaria angustifolia*, a fertilidade do solo, surge como o mais importante. Salienta ainda, que o crescimento desta espécie é determinado principalmente, pelo teor de bases trocáveis em partículas de Ca e Mg, sendo seu limite crítico de 1,5mE por 100g de solo. No entanto, solos com teores críticos menores, poderão ser melhorados através da adubação. LA BASTIDE & VAN GOOR (1970) informam que a *Araucaria angustifolia* exige duas vezes mais quantidade de nutrientes que *Pinus elliottii*.

DE HOOGH & DIETRICH (1976) concluíram que a saturação de bases foi fator químico do solo mais significativo sobre o crescimento da *Araucaria angustifolia*. Este fator é altamente correlacionado com o conteúdo de Ca + Mg. A profundidade do horizonte A também assume grande importância no crescimento desta espécie, ao passo que P e o K se mostraram significativamente correlacionados com o índice de sítio.

A vegetação existente antes do plantio, para VAN GOOR (1966), é de grande importância para o desenvolvimento da *Araucaria angustifolia*. As terras de agricultura, precedidas por florestas são mais aptas do que as áreas de campo. Conclusões semelhantes foram tiradas por DE HOOGH & DIETRICH (1976).

A profundidade do solo está relacionada à qualidade do sítio. Em solos profundos de formação ácida, segundo VAN GOOR (1972), a quantidade de Ca + Mg é o fator limitante do crescimento, enquanto em solos básicos a melhor profundidade encontra-se até 70cm. A partir desta profundidade, as raízes, não emitem raízes laterais, supondo ser a alta concentração de

Al trocável a causa desse impedimento.

LASSERE e LASSERE & VAIRETTI (1972) observaram que os fatores para o crescimento da *Araucaria angustifolia* pode ser atribuído à profundidade do solo e à possibilidade de expansão do sistema radicular. Possivelmente, esses fatores sejam mais importantes que a própria fertilidade.

REISSMANN (1976) concluiu que para a avaliação do estado nutricional da *Araucaria angustifolia*, a época mais apropriada para tomada de amostras, coincide com a faixa de maior estabilidade dos teores dos nutrientes. Para isso, recomenda o mês de maio por corresponder ao mês intermediário do período (abril/junho) em que a maioria dos elementos, inclusive o peso da matéria seca encontram-se numa faixa de relativa estabilidade. Informa ainda que as pesquisas realizadas com a *Araucaria angustifolia* comprovaram-se que se deve tomar especial cuidado para não misturar as acículas de um e demais anos de idade na determinação dos elementos N, Ca, Fe, Zn e Al.

DIETRICH (1977), estudando a distribuição dos elementos químicos na copa da *Araucaria angustifolia* na região de Três Barras SC, encontrou uma distribuição vertical significativa para os elementos Cu, Zn, Al, Mn, Fe, Ca, K, e P, sugerindo o terceiro verticilo como referência para a amostragem, por apresentar satisfatoriamente, as condições médias destes nutrientes. Afirmou ainda, que nas condições da área estudada, o elemento Boro é o fator limitante para o crescimento da *Araucaria angustifolia*.

VAN GOOR (1965) e LA BASTIDE & VAN GOOR (1970), afirmam existir uma relação positiva entre o N, Ca e Fe nas acículas e o crescimento da *Araucaria angustifolia*.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local de estudo

O presente estudo foi executado em povoamentos plantados de *Araucaria angustifolia* pertencentes ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), na Floresta Nacional de Passo Fundo/RS. Foram utilizados materiais coletados nos talhões 53 e 54, cujas áreas são de 4,4 há e 6,8 há, respectivamente, plantados no ano de 1948.

A área da Floresta Nacional abrange 1260 ha, sendo coberta por floresta nativa explorada e parte com plantios artificiais de *Araucaria angustifolia* e *Pinus spp.*

A região de estudo situa-se no planalto médio do Estado do Rio Grande do Sul, com latitude de 28° 30'S e longitude de 52° 20'W e uma altitude de 700 metros acima do nível do mar.

A Figura 1 mostra a localização dos talhões estudados dentro da Floresta Nacional.

A região, segundo a classificação de KÖPPEN, apresenta um clima subtropical do tipo Cfa, caracterizada por uma elevada umidade do ar, temperatura média anual inferior a 18°C e a precipitação em torno de 1.700mm, ocorrendo chuvas no inverno.

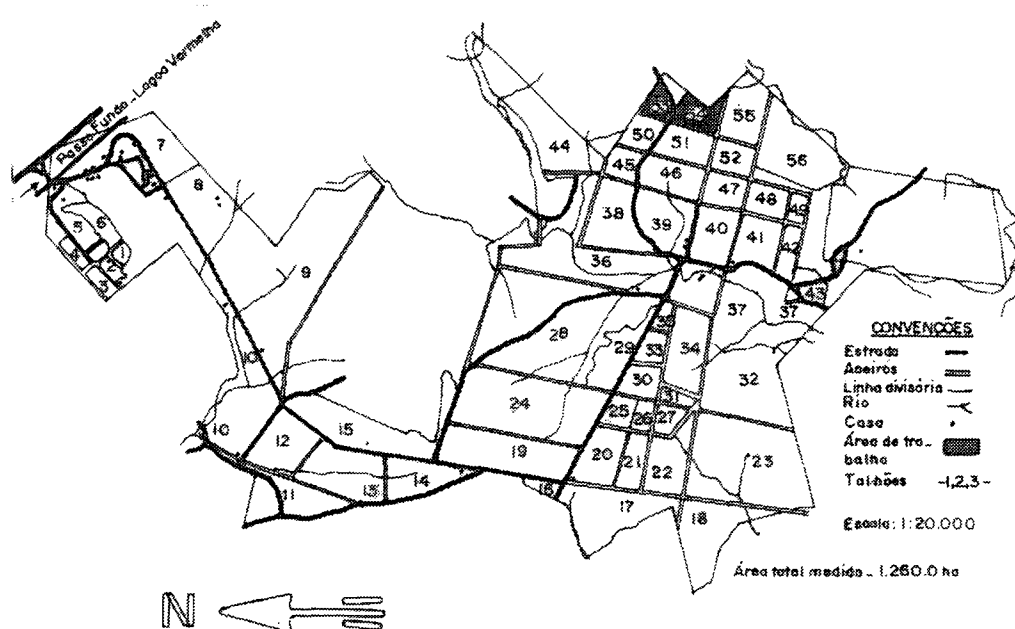


Figura 1 – Localização dos talhões estudados dentro da Área da Floresta Nacional de Passo Fundo, RS.

De acordo com LEMOS & SANTOS (1976), o relevo da região varia de suave a ondulado, formado por um conjunto de elevações com pendentes longas, ocasionando depressões fechadas. Nos talhões estudados, a declividade média encontra-se em torno de 10%. Os mesmos autores consideram o solo da região de Passo Fundo do tipo latossolo, tendo como origem o basalto associado com o arenito botucatu. O solo da área estudada pertence á unidade Passo Fundo.

Para ANDRAE & KRAPPENBAUER (1976), grande parte dos solos da Floresta Nacional de Passo Fundo, são vermelhos, profundamente decompostos, argilosos, geralmente de estrutura estável e bem drenados, muitas vezes caracterizados pela tendência de apresentarem um horizonte de iluviação de argila, o que pode ser, juntamente como fator relevo, o causador da hidromorfia mais ou menos pronunciada.

Através das matas remanescentes, observou-se que as araucárias nativas, ali existentes, crescem acompanhadas de um sub-bosque, formado por *Cedrela fissilis*, *Ocotea spp*, *Ilex spp* *Campomanesia spp*, *Prunus spp* e outras.

Nos talhões com plantios de *Araucaria angustifolia*, onde foi efetuado o presente trabalho, a floresta natural, depois de explorada, foi cultivo agrícola, principalmente milho durante um período de aproximadamente 10 anos, até que se efetuasse o plantio dos pinhões.

Estes talhões sofreram alguns replantios e vários desbastes, conforme mostra a Tabela 1.

TABELA 1 – Histórico dos talhões analisados neste estudo.

Talhões	53	54
Ano de Plantio	1948	1948
Área	4,4 ha	6,8 ha
Espaçamento	1,20m x 0,8m	1,20, x 0,4m
Replantios	2	3
Tratos culturais – capinas	3 capinas	3 capinas
Tratos culturais – roçadas	5 roçadas	6 roçadas
Raleamento	2 (1955-1959)	-
Desbaste seletivo	5 (1961/62/64/70/71)	4 (1962/66/70/71)
Produção total dos desbastes	206,7m ³	490,6m ³
Espaçamento atual aproximado	3m x 3m	3m x 3m
Declividade	10%	10%

3.2 Coleta do material

Numa toposequência, abrangendo parte dos talhões 53 e 54, com 260m de extensão, selecionou-se quatro sítios com crescimento diferente, baseando-se na altura dominante do povoamento.

Marcou-se, em cada sítio, quatro parcelas de 100m, onde foi medido o maior diâmetro (DAP) de cada parcela e calculado o diâmetro médio do sítio. E, seguida, selecionou-se quatro árvores existentes no sítio, com diâmetro em torno do valor médio, obtendo-se assim, quatro

árvores com alturas similares à altura dominante do local, (Hoossmann-Hummel).

Estas árvores foram abatidas e definidas como objeto desse estudo, para coleta de acículas e análise de tronco.

Na Figura 2, apresenta-se o esquema do relevo na toposequência, onde foi realizado o presente estudo.

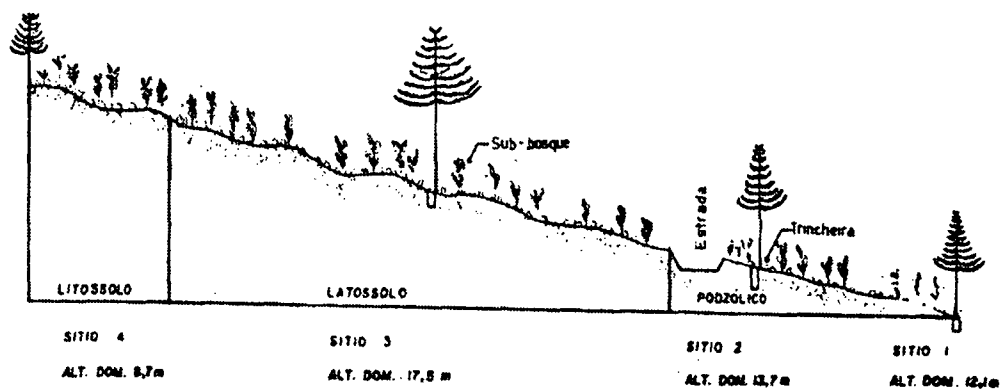


Figura 2 – Representação esquemática do relevo e da altura dominante da espécie em estudo para os diferentes sítios.

Das quatro árvores selecionadas por sítio, coletou-se em cada verticilo (em média 8 verticilos por árvore), situado na orientação norte, a acículas do último período de crescimento para a posterior análise. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos e convenientemente etiquetadas.

Em cada sítio, abriu-se um perfil (trincheira no solo), com dimensões fixas de 1,0m x 2,0, de lado, e profundidade de 1,90m, com exceção do litossolo que só permitiu uma profundidade de 0,5m.

Este perfil situou-se a 1,0m da base de uma das árvores abatidas para possibilitar a observação da concentração das raízes. Do perfil foram retiradas as amostras nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-70, 70-90, 90-110, 110-130, 130-150, 150-170 e 170-190cm, acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas

convenientemente. De cada horizonte retirou-se também um igual número de amostras, nas mesmas posições, para a determinação das densidades real e aparente, servindo-se de cilindros especiais para evitar a quebra da estrutura do solo. Nestes perfis foram determinadas as características morfológicas, como: cor, textura, estrutura, consistência, plasticidade e pegajosidade.

As árvores selecionadas e abatidas foram seccionadas a cada 2,0m a partir do ápice até alcançar os últimos 10 (dez) anos de crescimento e transportada via ferrovia de Passo Fundo a Curitiba.

3.3 Métodos de laboratório

No laboratório os trabalhos dividiram-se em três partes: Análise química foliar, análise química e física do solo e análise de tronco.

3.3.1 Análise química foliar

3.3.1.1 Preparo do material

De acordo com as recomendações feitas por REISMANN (1976) prepararam-se as acículas para análise química, seccionando o ramo através de cortes transversais, eliminando assim, todas as acículas que eventualmente não fossem do período corrente de crescimento.

Separados, os ramos foram colocados em bandejas esmaltadas e secos em estufa a 70°C durante oito horas para facilitar a separação das acículas. Em seguida, contou-se 100 acículas, tomadas ao acaso, de cada amostra para determinar o seu peso absoluto. Posteriormente, as acículas sofreram uma segunda secagem a 105°C durante 24 horas, até seu peso constante, sendo moídas à consistência de pó a posterior determinação dos elementos.

3.3.1.2 Determinação dos elementos químicos

Baseando-se na metodologia descrita por HILDEBRAND (1977), foram determinados os seguintes elementos: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Zn, Cu, B, % de cinzas e peso de 100 acículas.

A porcentagem de cinzas das acículas foi determinada mediante a combustão a 800°C na estufa de mufla.

O peso de 100 acículas foi determinado após a secagem a 105°C até o peso constante.

Através da espectrografia de absorção atômica foram determinados o Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn (Perkin Elmer 403) em chama de ar e acetileno. O Al foi determinado por colorimetria, pelo método “Aluminon”. O K foi determinado através de fotometria de chama (ZEISS PF5). O P foi determinado mediante colorimetria pelo método de vanadato e molibdato de amônia (ZEISS PL4). O N foi determinado através do método KJELDAHL, após digestão das acículas com catalisador de selênio. O elemento Boro foi determinado por colorimetria com Azometina-H, BASSON (1969).

3.3.2 Análise do solo

3.3.2.1 Preparo do material

Quando concluída a determinação das características morfológicas dos perfis, de acordo com MUNSELL (1946) e LEMOS & SANTOS (1976), as amostras do solo foram colocadas em bandejas esmaltadas e deixadas ao ar livre para se processar a perda de umidade. Posteriormente, estas amostras sofreram uma tamizagem (tamiz com 2mm).

3.3.2.2 Determinação física

Parte das amostras foram utilizadas para a análise granulométrica através do método da pipeta e parte colocada em estufa para uma secagem eficiente a posterior moagem até consistência de pó para a determinação dos elementos químicos.

As amostras coletadas em cilindros especiais foram distribuídas, seguindo a mesma orientação do perfil, em bandejas, contendo certa quantidade de água, para absorver umidade abundantemente. Após sua saturação total, foram pesadas e levadas à estufa a 80°C até peso constante, e, em seguida colocadas em dissecadores e pesadas. Posteriormente, retirado o solo e pesado o cilindro, obteve-se a relação peso/volume ou densidade aparente (D_a).

Determinou-se a densidade real (D_r) através do método do balão volumétrico, utilizando-se álcool metílico. De posse dos valores das densidades, foi possível determinar o volume total dos poros (VTP), através da relação:

$$VTP = \frac{D_r - D_a}{D_r} \times 100$$

3.3.2.3 Determinação química

Da porção da amostra em forma de pó, tomou-se 0,1g, colocou-se em cadinhos de platina, que foram levados à estufa de mufla durante três horas a 500°, para destruir a matéria orgânica. A digestão total foi feita com ácido perclórico mais ácido fluorídrico nos cadinhos e os resíduos dissolvidos em ácido clorídrico.

O elemento Nitrogênio, após digestão das amostras com ácido sulfúrico concentrado e catalisador de selênio, foi determinado pelo método KJELDAHL.

O elemento Carbono foi determinado por condutometria através do analisador de gases

marca WÜSTHOFF.

O pH do solo foi determinado em H₂O e 0,1N de KCl, através do aparelho Metrohn E444, usando-se para isso, amostras de 20 gramas de solo e uma relação de solo/solução de 1:2,5.

Para a análise dos elementos K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, e Cu, seguiu-se os mesmos processos utilizados para a determinação dos elementos nas acículas (HILDEBRAND (1977)).

O Alumínio foi determinado por colorimetria pelo método Eriocromocianina.

O Fósforo foi determinado por colorimetria pelo método cor azul.

O Boro foi determinado por colorimetria com curcumina FIALA (1974).

3.3.3 Análise de tronco

As toras transportadas para o laboratório em 2,0m de comprimento, foram cortadas em secções de 1,0m e, posteriormente, através de um corte longitudinal na medula, obteve-se o material para exame dos anéis de crescimento, baseando-se parcialmente no método de DIETRICH (1977). Após a abertura longitudinal, colocou-se as partes destinadas às medições em estufas a uma temperatura de 150°C durante 24 horas para uma rápida secagem superficial, tendo por finalidade uma melhor visualização dos anéis de crescimento. Posteriormente, as secções sofreram um lixamento, o que possibilitou a melhor visualização dos anéis e os pontos de culminação destes.

Para a confirmação do ponto de culminação do anel, retirou-se, no término de cada período de crescimento, um corpo de prova, cujas dimensões preestabelecidas de 4cm, sendo 2cm de cada período de crescimento, independente das variações anuais de incremento. Feita

a contagem dos anéis nas duas faces deste corpo de prova, pode-se perfeitamente constatar e confirmar o ponto de culminação do anel, que é o ponto de estagnação do crescimento em altura do ano referente.

Com a realização desta análise, pode-se calcular a altura total (H), incremento periódico anual dos últimos dez anos até aos dois últimos anos (IPA, 19-29 anos até IPA, 27-29 anos) e incremento corrente do último ano (ICA).

A idade limite inferior de 19 anos deve-se ao fato de que neste estudo propunha-se a observar apenas o crescimento dos últimos dez anos.

3.3.4 Análise estatística

Os dados foram analisados mediante o cálculo de correlação simples entre os valores de crescimento em altura e as características químicas das acículas, solo e valores físicos do solo.

Esta análise de correlação simples visa descobrir relações existentes entre o crescimento das árvores dominantes e cada uma das variáveis de sítio analisadas.

As correlações foram analisadas para o conjunto dos dados dos quatro sítios, assim havendo sempre dezesseis pares de observações no caso da correlação crescimento/análise foliar, e quatro pares de observações no caso de correlação crescimento/análise de solo, utilizando-se a média das 4 árvores por sítio.

Foram utilizadas, as alturas totais (H), uma escolha dos incrementos periódicos anuais dependendo da análise de tronco, (IPA, 24-29), e o incremento do último ano (ICA), e conteúdos percentuais de N, P, K, Ca, e Mg e conteúdos em ppm de Fe, Mn, Al, Zn, Cu e B nas acículas, e os conteúdos em % e t/há desses elementos no solo, além das características físicas do solo (areia grossa, areia fina, silte, argila, volume total dos poros e água retida).

Os valores sofreram uma transformação segundo as recomendações de FREESE (1967). Conforme este autor, a transformação de dados em porcentagem com valores abaixo de 20%, é recomendável para uma melhor validade e confiança dos resultados.

Esta transformação foi feita segundo a fórmula seguinte:

$$X = \text{arc sen} \sqrt{\text{porcentagem}}$$

Onde:

X = valor transformado;

Porcentagem = dados de laboratório em %.

A significância das correlações simples foi calculada para um nível de 95% de probabilidade, o que significa para 16 pares de dados, um valor de $r \geq 0,497$, e para correlações com 4 pares de dados, um valor de $r \leq 0,95$.

As correlações simples entre os parâmetros de crescimento e os elementos nas acículas foram feitas com os valores do segundo, terceiro e quarto verticilos, separadamente, como também com os valores da média do segundo, terceiro e quarto verticilos, com a média do terceiro e quarto verticilos e com a média de todos os verticilos da mesma árvore.

As correlações entre os parâmetros de crescimento e os elementos químicos do solo, incluem tanto correlações com teores (%) dos elementos, como seus valores em unidades absolutas (t/ha).

No caso do pH em H₂O e KCl, foram usados os valores médios.

Para essas correlações, considerou-se apenas o horizonte de solo até uma profundidade de 0-30cm e de 0-50cm, sendo estas camadas as de enraizamentos principal e secundário, numa média para todos os sítios, em concordância com DE HOOGH & DIETRICH (1976) que consideram a espessura do horizonte A como indicador para um bom crescimento da *Araucaria angustifolia*. Os valores para profundidade de 0-30cm foram obtidos com a média

ponderada dos valores das camadas de 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm e 20-30cm. Para a profundidade de 0-50cm, procedeu-se da mesma maneira, incluindo as camadas de 30-40cm e 40-50cm.

Para os parâmetros físicos do solo, os valores percentuais de areia grossa, areia fina, silte e argila, bem como a densidade real e água retida nas duas camadas consideradas, foram usados para calcular as correlações simples entre os valores de crescimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento

Os sítios I e II, localizados ao pé da encosta, apresentaram uma altura dominante de 12,10m e 13,77m, respectivamente, enquanto o sítio IV localiza-se no ponto mais alto do declive e mostra certo afloramento de rocha. A altura dominante deste sítio é de 8,76m. Estando localizado na parte mediana da toposequência, o sítio III permite um melhor desenvolvimento das árvores, com altura dominante de 16,99m.

O incremento corrente anual (ICA), não se torna o mais adequado para ser usado como variável em função do estado nutricional da planta, por não representar com segurança a expressão do crescimento de uma determinada árvore, uma vez que poderá ser facilmente controlado por fatores casuais que tem pouca relação com a qualidade do sítio, tais como: variação anual do clima, doenças e fogo. Por esta razão torna-se necessário descobrir um período de crescimento que possa representar condições nutricionais mais constantes. Baseado nisto, escolheu-se o incremento periódico anual dos últimos cinco anos em todas as árvores estudadas (IPA 24-29) para ser utilizado também como variável, por representar um período de crescimento não regular em todas as árvores, mas um período de crescimento efetivo. (Figuras 3 e 4).

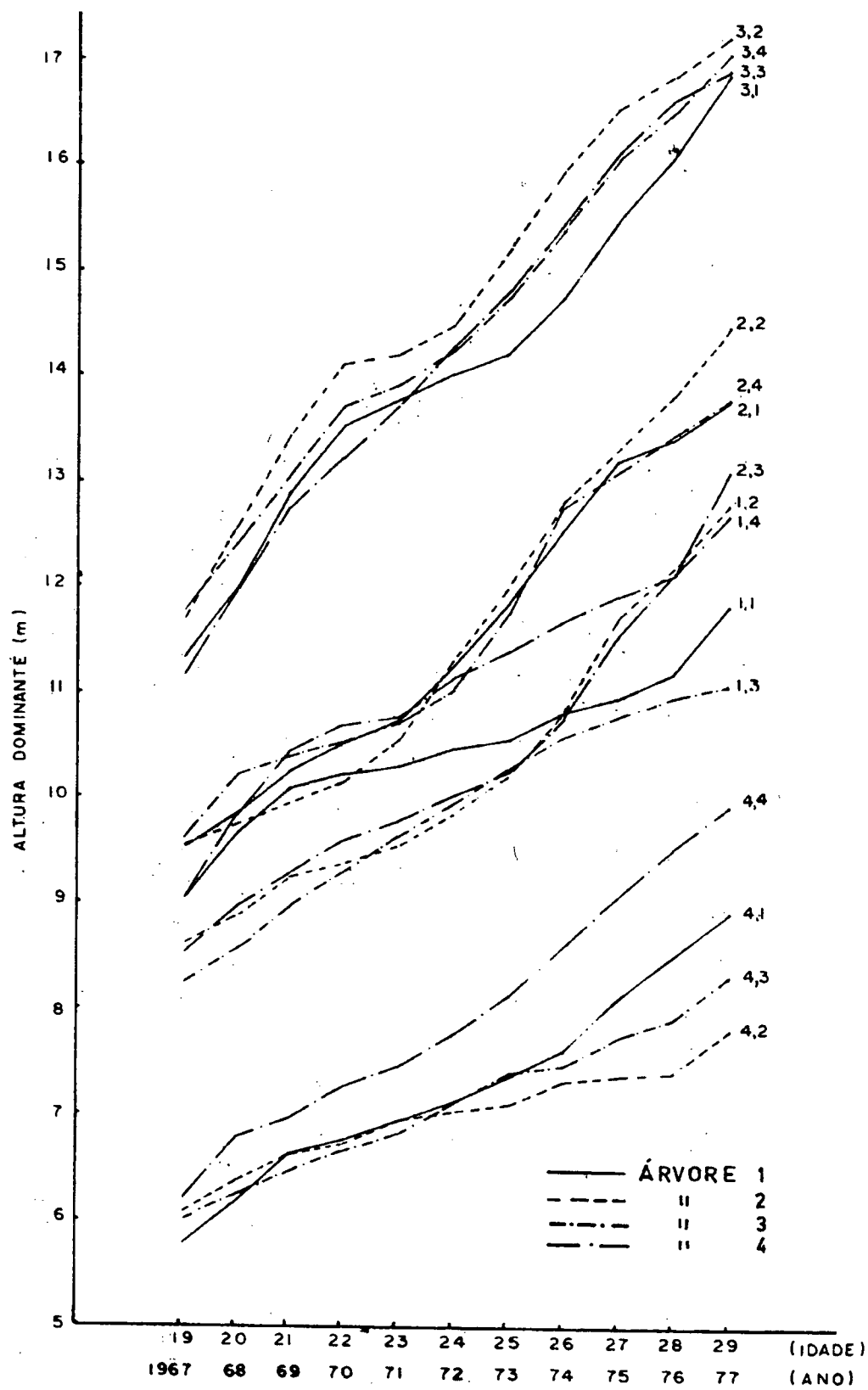


Figura 3 – Relação gráfica entre altura total e a idade para as árvores de 29 anos, na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS.

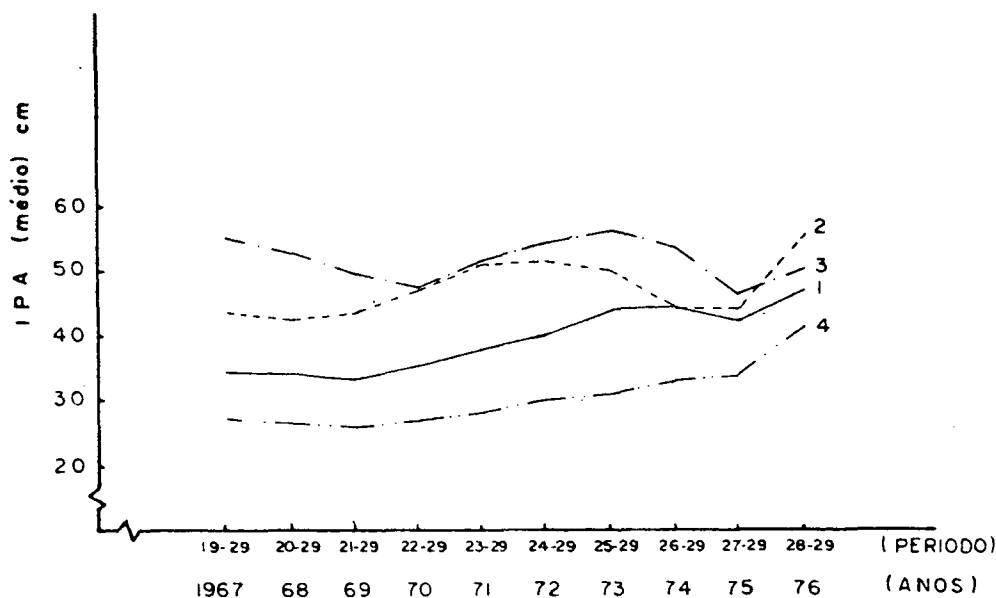


Figura 4 – Relação gráfica entre os valores médios de IPA em altura, e o período respectivo em árvores de 29 anos na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS.

Os resultados da análise do crescimento encontram-se na Tabela 2, mostrando a altura total (H), o IPA 24-29 e o ICA, que foram utilizados para a análise de correlação.

Observa-se que em alguns casos há variação no mesmo sítio, tanto no IPA como ICA, que possivelmente foram ocasionadas pela irregular dos desbastes, uma vez que naquela Floresta Nacional esta atividade foi desenvolvida por pessoas não qualificadas.

TABELA 2 – Valores usados na expressão do crescimento em relação aos conteúdos de nutrientes nas acículas, solo e características físicas do solo.

Sítio	Árvore	Altura Total (m)	IPA ₂₄₋₂₉ (m)	ICA (m)
1	1	11,83	0,27	0,64
1	2	12,78	0,58	0,60
1	3	11,08	0,23	0,09
1	4	12,71	0,54	0,57
2	1	13,76	0,49	0,36
2	2	14,48	0,63	0,60
2	3	13,11	0,39	1,00
2	4	13,75	0,55	0,29
3	1	16,84	0,56	0,77
3	2	17,19	0,54	0,38
3	3	16,89	0,52	0,31
3	4	17,06	0,56	0,57
4	1	8,95	0,36	0,44
4	2	7,83	0,16	0,41
4	3	8,32	0,24	0,41
4	4	9,94	0,44	0,42

4.2 Altura total (H)

Nos Tabelas 1, 2, 3 e 4 do Anexo I, encontram-se os valores individuais do crescimento em altura das árvores amostradas em cada sítio.

A Figura 3, mostra a relação entre a altura dominante e a idade, procurando salientar as diferenças de crescimento entre os quatro sítios, bem como as divergências dentro de cada sítio. Nesta figura salienta-se um aumento mais ou menos acentuado no incremento das árvores a partir dos anos 72/73. Segundo HAWLEY & SMITH (1972), os desbastes proporcionam aos indivíduos remanescentes uma melhor distribuição espacial, tanto da parte aérea como radicular diminuindo a concorrência, e em consequência, favorecendo o crescimento. Esta afirmativa somada à real efetivação dos desbastes esclarece as tendências das curvas.

4.3 Incremento periódico anual (IPA)

Os valores médios por sítio do IPA nos períodos de idade 19-29, 20-29 e 27-29 anos, são apresentados graficamente na Figura 4. Também graficamente representa-se os valores individuais de cada sítio, na Figura 1, do Anexo II. Na Tabela 5, do Anexo I, encontram-se os valores individuais do incremento periódico anual.

4.4 Incremento corrente anual (ICA)

O incremento corrente anual (médio por sítio) está apresentado na Figura 5. Os valores individuais do incremento corrente anual, encontra-se nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, do Anexo I, e estão apresentados graficamente na Figura 2, do Anexo II.

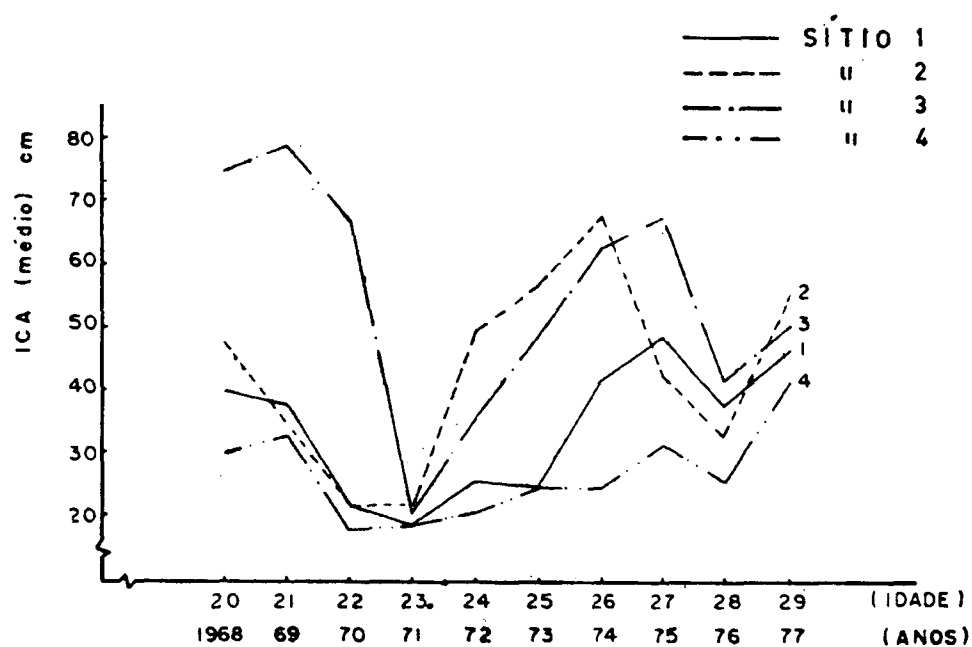


Figura 5 – Relação gráfica entre os valores médios de ICA em altura, e o período respectivo em árvores de 29 anos na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS.

4.5 Conteúdo e distribuição dos elementos na copa

Os resultados individuais da distribuição dos elementos serão apresentados e discutidos a seguir:

Nitrogênio – Não se distingue, observando as curvas, uma tendência na distribuição deste elemento, havendo, no entanto, uma semelhança na distribuição entre algumas árvores dentro do sítio. Para os valores médios por sítio (Figura 6), constata-se certa regularidade na distribuição do N na copa, com exceção do sítio IV.

O sítio III apresenta uma maior concentração deste elemento (1,68%). Este maior conteúdo pode ser atribuído a uma maior assimilação e maior disponibilidade deste elemento no sítio III. Conforme BLUM (1977), 1,6% de N nas acículas é o conteúdo ótimo para o bom crescimento da *Araucaria angustifolia*.

Comparando esses conteúdos com os obtidos por VAN GOOR (1965), REISMANN (1976) e DIETRICH (1977), observa-se que para as condições de Passo Fundo, ocorre uma concentração semelhante de N na copa das árvores em relação aos demais estudos citados (Tabela 4). No entanto, ANDRAE & KRAPPENBAUER (1976), encontraram um valor inferior para o N (1,12%) em povoamentos de 17 anos na Floresta Nacional de Passo Fundo, quando da realização de um inventário de biomassa e nutrientes. Entretanto, esses valores foram obtidos de acículas com um e mais anos de idade.

As variações encontradas nas literaturas consultadas, bem como nos diferentes sítios do presente trabalho, deve-se a alterações do conteúdo de nutrientes provocados pela idade das árvores e, principalmente, pelas características do sítio.

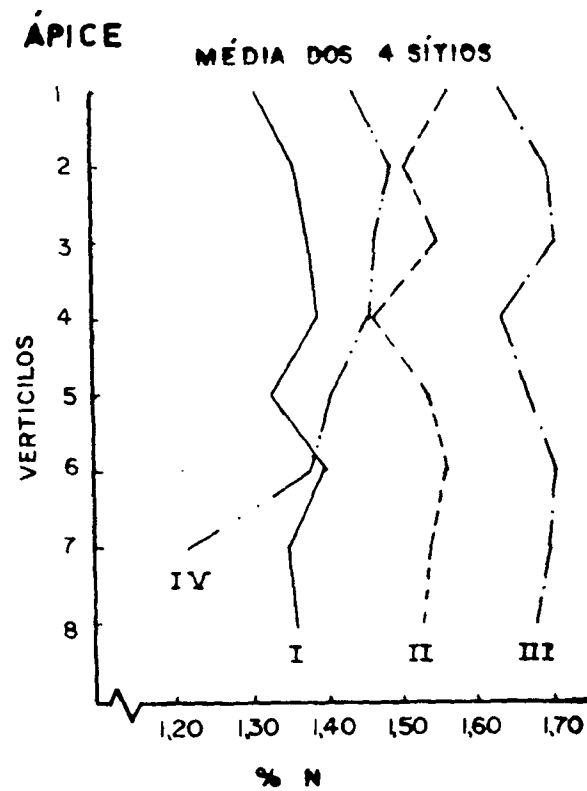


Figura 6 – Distribuição de N na copa das árvores (valores médios).

Fósforo – A distribuição do P apresenta uma uniformidade dentro da copa, tanto para valores médios por sítio (Figura 7), como para valores individuais. Com isto nota-se que o conteúdo deste nutriente em cada verticilo, praticamente não se altera. Observa-se também que o P, sendo de fácil mobilidade pode ser translocado a todos os pontos da copa segundo a necessidade da árvore (REISMANN, 1976 e HILDEBRAND, 1976).

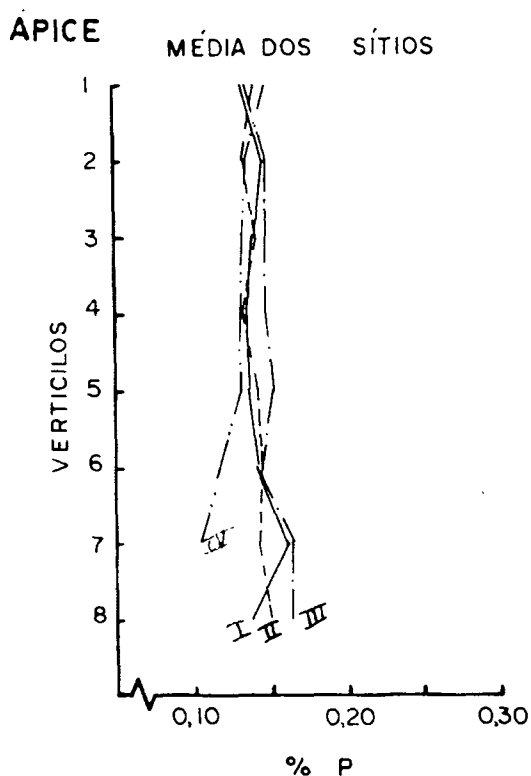


Figura 7 – Distribuição de P na copa das árvores (valores médios).

Em termos de valores médios de P na copa, VAN GOOR (1965), REISMANN (1976), DIETRICH (1977) e BLUM (1977), encontraram valores semelhantes. Isto pode ser atribuído pelo fato de ser o elemento P absorvido em função do valor de saturação de Al existente no solo (LA BASTIDE & VAN GOOR, 1970), e esta semelhança de valores pode ser causada pelo controle exercido na absorção do P pelo conteúdo de Al existente no solo, tanto na região onde foi executado o presente trabalho, como na região de Três Barras/SC, onde se efetuaram os demais. (Tabela 3).

TABELA 3 – Comparação dos teores dos elementos existentes nas acículas de *Araucaria angustifolia* entre o presente trabalho e os demais realizados com esta espécie (média dos verticilos).

Elementos	Presente trabalho				BLUM (1977)*	VAN GOOR (1969)	REISSMANN (1976)		DIETRICH (1976) (4 sítios)
	Sítios 29 anos						(2 sítios)		
	1	2	3	4		25 anos	18 anos	25 anos	25 anos
N (%)	1,36	1,53	1,68	1,44	1,60	1,55	1,67	1,60	1,38
P (%)	0,14	0,15	0,15	0,13	0,15	0,14	0,14	0,15	0,15
K (%)	1,28	1,10	1,04	1,32	1,30	1,30	1,32	1,26	1,07
Ca (%)	0,70	0,80	0,60	0,83	0,60	0,76	0,32	0,36	0,31
Mg (%)	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,24	0,19	0,21	0,22
Fe (ppm)	68	71	55	51	50	103	67	47	52
Mn (ppm)	440	470	340	570	300	283	249	987	750
Al (ppm)	79,59	56,93	57,33	62,98	-	-	-	-	67,01
Zn (ppm)	25,23	23,00	20,73	23,33	20	-	-	-	18,64
Cu (ppm)	5,21	5,92	6,15	4,98	6	-	-	-	6,33
B (ppm)	18,67	19,52	20,71	14,68	20	-	-	-	11,50

Onde: * = Valores aproximados de 8 sítios no PR e SC (indicadores para um bom crescimento de *Araucaria angustifolia*).

Potássio – Este elemento não apresenta uma distribuição bem definida no copa. Aparentemente, os verticilos superiores, tanto em valores médios por sítio (Figura 8), como valores individuais, apresentam uma maior concentração.

Esta indefinição pode ser atribuída às próprias características do K como um elemento de alta mobilidade e fácil lixiviação para fora da copa. DIETRICH (1977), trabalhando com a mesma espécie em Três Barras/SC, observou o comportamento semelhante.

Da visualização gráfica e da interpretação da análise química, constata-se que as acículas das árvores dos melhores sítios apresentaram menor porcentagem de K ao longo da copa. Isto pode ser atribuído a uma diluição do elemento na copa, pelo melhor crescimento da árvore, enquanto nos piores sítios ocorre um acúmulo do elemento nas acículas. Aparentemente, de acordo com BLUM (1977), não há uma limitação de crescimento pelo elemento K, porque não atinge níveis críticos.

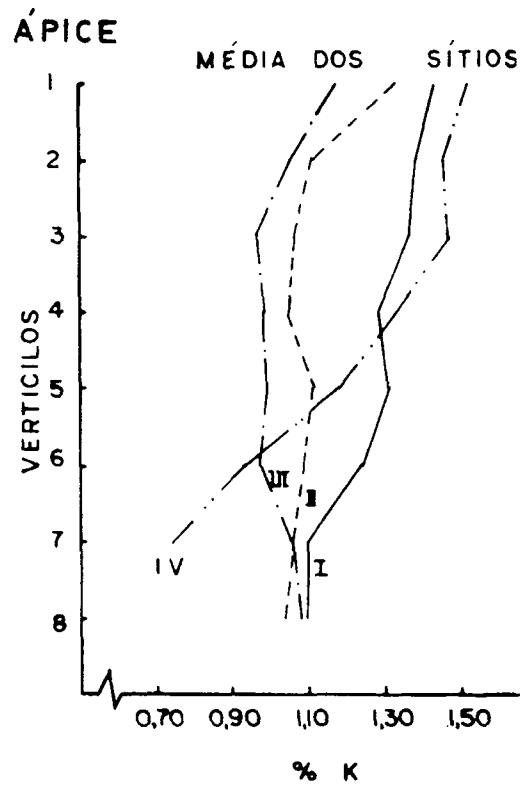


Figura 8 – Distribuição de K na copa das árvores (valores médios).

Cálcio – A característica deste elemento como sendo de baixa mobilidade, mostra uma maior concentração nos verticilos baixos (Figura 9). Estes resultados contrariam os obtidos por DIETRICH (1977) em seu trabalho com a mesma espécie em Santa Catarina.

Em relação ao nível do elemento nos quatro sítios, observa-se que os sítios II e III apresentam menores porcentagens de Ca (0,7%). Estes resultados, assemelha-se aos encontrados por VAN GOOR (1965), estando ambos acima do valor recomendado por BLUM (1977) para um bom crescimento da espécie em estudo, mostrando entretanto, uma disparidade muito grande com o que encontraram REISSMANN (1976) e DIETRICH (1977) (Tabela 4). Esta variação pode ser atribuída às condições de sítio e da região, uma vez que os valores encontrados por estes autores são do mesmo local, Três Barras/SC.

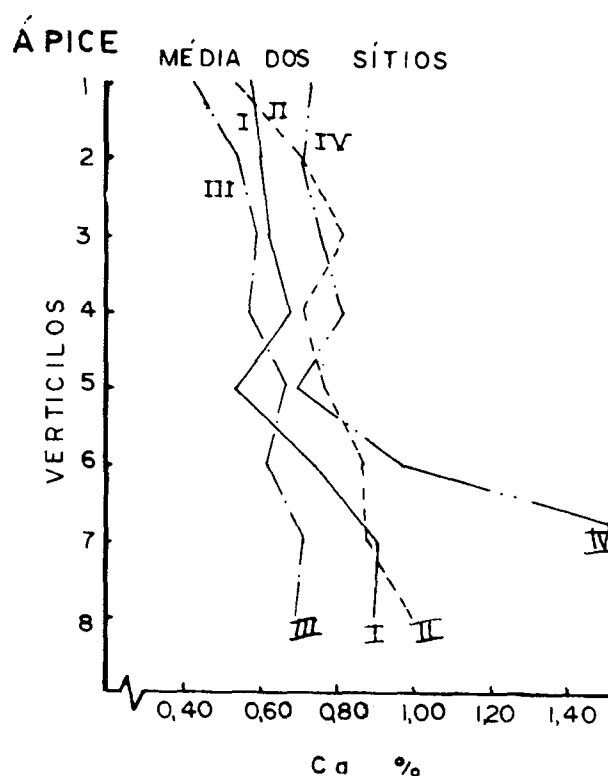


Figura 9 – Distribuição de Ca na copa das árvores (valores médios).

Magnésio – A distribuição do Mg na copa, apresenta características semelhantes a do Ca. A tendência é de encontrar uma maior concentração do mesmo nos verticilos inferiores, (Figura 10). Os valores são bastante próximos dentro de cada sítio, bem como suas médias. Ao verificar-se em termos de valores médios, este elemento, nas condições de Passo Fundo, também mostrou semelhança com os valores encontrados por VAN GOOR (1965), REISSMANN (1976) e DIETRICH (1977) (Tabela 4), estando, esses valores, pouco abaixo do valor considerado bom por BLUM (1977).

A semelhança entre os teores de Mg dentro dos quatro sítios, pode sugerir, conforme BOULD (1970), uma igual assimilação e consumo, quer o sítio seja considerado melhor ou pior. Não sendo este elemento recomendável para diferenciar sítios sob tais condições de assimilação, uma vez que os conteúdos dentro dos quatro sítios são praticamente iguais.

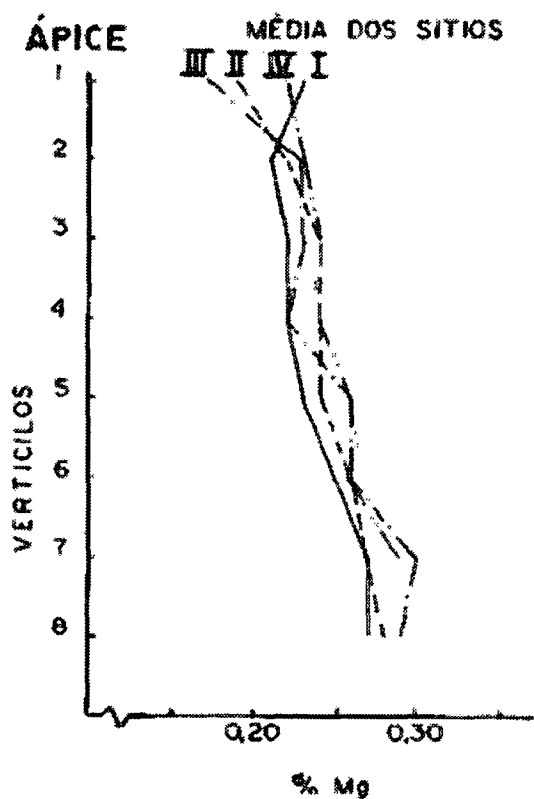


Figura 10 – Distribuição de Mg na copa das árvores (valores médios).

Ferro – O conteúdo desse elemento na copa, apresenta um comportamento análogo aos demais (Figura 11), com exceção do K, que se comporta de maneira inversa. Este enriquecimento nos verticilos inferiores, talvez seja causado pela sua baixa mobilidade no interior da árvore. Em termos de valores médios na copa, REISSMANN (1976), DIETRICH (1977) e BLUM (1977), encontram valores semelhantes, em contra partida VAN GOOR (1965) obteve valores muito superiores aos encontrados neste trabalho (Tabela 4).

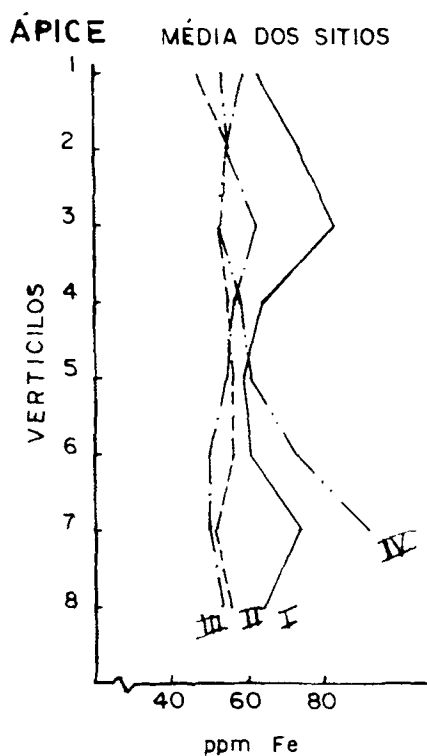


Figura 11 – Distribuição de Fe na copa das árvores (valores médios).

Manganês – A distribuição do Mn na copa, mostra-se com regularidade mais acentuada do que o Fe e apresenta-se com uma concentração maior nos verticilos inferiores (Figura 12). No entanto, salienta-se o sítio IV, onde a porcentagem de Mn atinge, na parte basal da copa, valores bem mais expressivos. DIETRICH (1977) encontrou valores inversos, ou seja, concentrações maiores nos primeiros verticilos e, em termos de valores médios, há uma disparidade muito grande em relação aos demais trabalhos com esta espécie.

HILDEBRAND (1976), citando MENGEL* dizem que a baixa mobilidade basipetal do Mn pode apresentar uma distribuição regular, independente de ser a concentração maior no ápice ou na base da copa.

* MENGEL, I. K. *Fertransport, Stoffbeweglichkeit und Blattdüngung um Ernährung um Stoffwechsel Verlag* 1972. Cap Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 2:243-257.

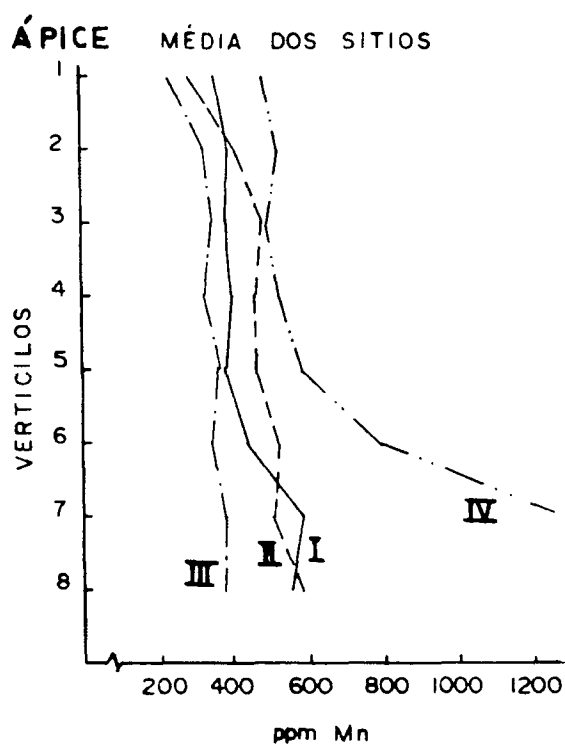


Figura 12 – Distribuição de Mn na copa das árvores (valores médios).

A grande disparidade de valores obtida pode ser atribuída a fatores do sítio, uma vez que se torna difícil uma interpretação fisiológica (Tabela 3).

Alumínio – As concentrações deste elemento são maiores nos verticilos inferiores (Figura 13), face sua reduzida mobilidade. O interesse de seu estudo ocorre pelo fato desse elemento, quando livre no solo, fixar íons como P, e como consequência, o crescimento poderá ser prejudicado, não pela falta dos elementos no solo, mas pela fixação destes pelo alumínio, além de dirigir a acidez do solo.

Em termos comparativos, DIETRICH (1977) encontrou valores semelhantes em seu trabalho realizado em Três Barras/SC (Tabela 3). A sua presença nos verticilos da copa ocorre porque a planta não apresenta faculdade de selecionar o elemento para a absorção.

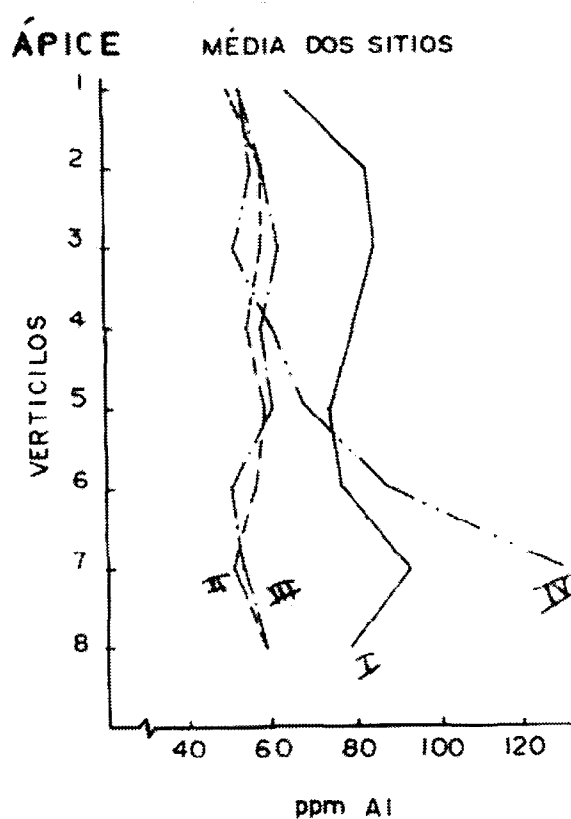


Figura 13 – Distribuição de Al na copa das árvores (valores médios).

Zinco – Com relação ao Zn, constata-se uma variação de sua distribuição na copa, dentro de cada sítio estudado. Observa-se, no entanto, um padrão regular nas concentrações ao longo da copa quando observados os valores médios (Figura 14). DIETRICH (1977) em seu estudo encontrou uma maior concentração nos verticilos superiores. E, em termos médios na copa, o presente trabalho apresenta valores superiores, estando também acima do valor recomendado por BLUM (1977) para um bom crescimento desta espécie (Tabela 3).

Esta discrepância de valores pode ser atribuída às condições fisiológicas da árvore; pode-se pensar também, que pelo fato das árvores encontrarem-se em franco desenvolvimento, causa atribuída a efeitos dos desbastes, (Figura 3), uma maior quantidade de Zn foi absorvida, por este elemento ser de importância para as atividades enzimáticas. Também se pode atribuir a maior concentração de Zn na copa à origem do solo, uma vez que o basalto possui na sua constituição, boa quantidade de Zn.

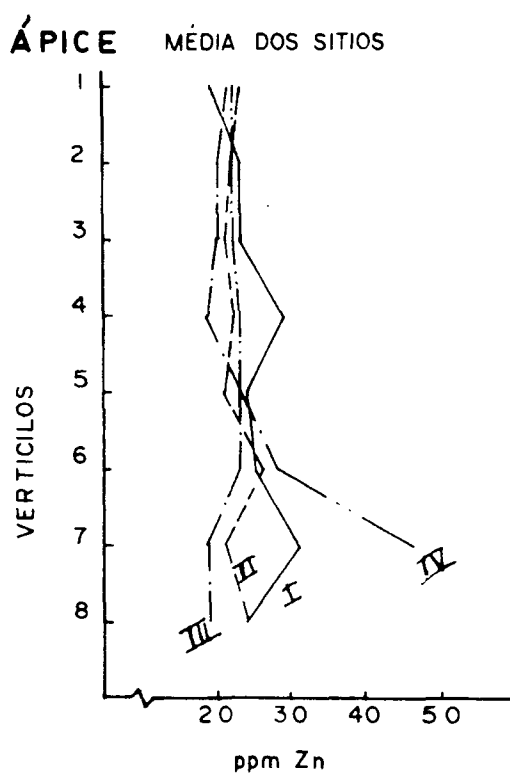


Figura 14 – Distribuição de Zn na copa das árvores (valores médios).

Cobre – Não há possibilidade de definir qual o verticilo que apresenta maior concentração, devido a pouca variação no conteúdo deste elemento ao longo da copa, quer se considere o sítio individualmente, quer se observe a média dos quatro sítios (Figura 15).

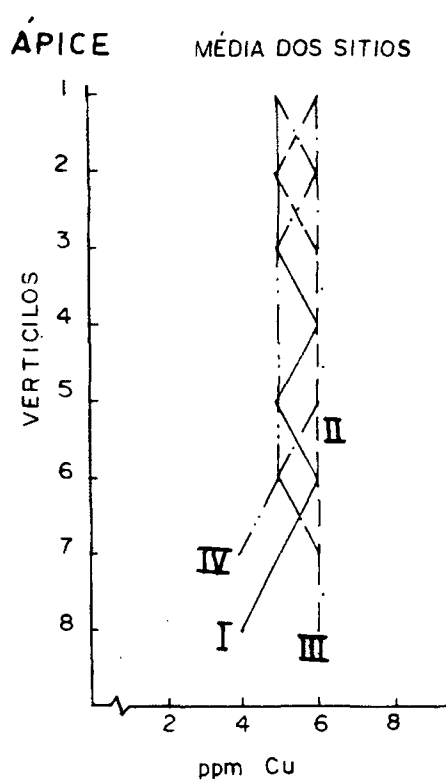


Figura 15 – Distribuição de Cu na copa das árvores (valores médios).

Boro – A distribuição do B na copa das árvores estudadas, apresenta-se com maior concentração no ápice (Figura 16). O mesmo comportamento foi observado por DIETRICH (1977), em seu trabalho realizado com a mesma espécie, em Três Barras SC.

Em termos de valores médios na copa das árvores estudadas, os conteúdos de B podem ser considerados relativamente iguais aos valores indicados por BLUM (1977), com exceção do sítio IV que mostra um valor inferior aos demais.

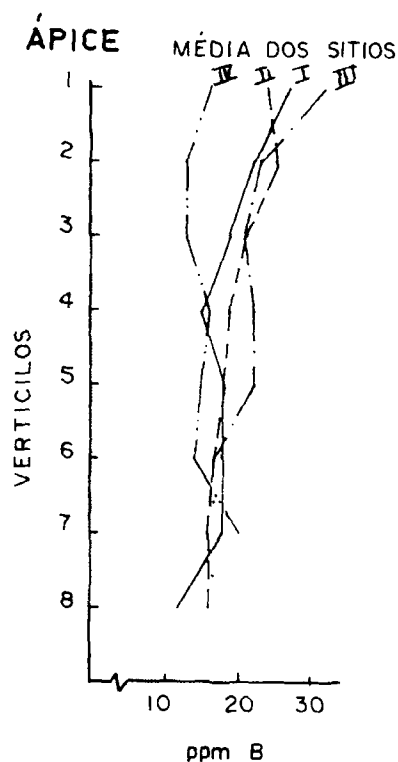


Figura 16 – Distribuição de B na copa das árvores (valores médios).

4.6 Descrição, classificação dos perfis do solo e suas características químicas e físicas

Na seqüência apresenta-se, de uma maneira sintetizada, a descrição e classificação dos perfis estudados, com todas as características observadas de acordo com LEMOS & SANTOS (1976).

Os resultados da análise química do solo, encontram-se nas Tabelas 4 e 5, respectivamente, em porcentagem e toneladas por hectare, para as duas profundidades consideradas (0-30cm e 0-50cm).

TABELA 4 – Valores médios dos conteúdos de elementos químicos no solo nos quatro sítios estudados nos talhões 53 e 54, na Floresta Nacional de Passo Fundo – RS.

Prof. Cm	pH H ₂ O	pH KCl	C %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe %	Mn %	Al %	Zn %	Cu %	B %
Sítio I														
0-5	5.4	5.1	7.1	0.32	0.24	0.28	0.17	0.13	11.1	0.20	10.4	0.021	0.012	0.00015
5-10	5.2	4.9	5.2	0.26	0.24	0.37	0.21	0.21	18.3	0.23	11.0	0.023	0.016	0.00015
10-20	4.9	4.5	4.6	0.20	0.54	0.34	0.20	0.17	17.2	0.30	9.6	0.024	0.014	0.00013
20-30	4.3	4.0	3.2	0.14	0.72	0.32	0.13	0.19	17.4	0.25	10.4	0.022	0.016	0.00010
30-40	4.4	3.8	2.5	0.11	0.63	0.31	0.19	0.24	19.1	0.21	13.0	0.025	0.015	-
40-50	4.1	3.7	2.5	0.11	0.78	0.36	0.14	0.25	25.1	0.23	15.1	0.025	0.020	-
50-70	4.5	3.6	2.0	0.10	0.78	0.35	0.12	0.24	25.9	0.21	16.7	0.024	0.021	-
70-90	4.3	3.6	1.2	0.06	0.56	0.30	0.14	0.22	21.7	0.21	17.4	0.024	0.016	-
90-110	4.4	3.6	1.2	0.06	0.76	0.34	0.11	0.25	25.2	0.22	18.0	0.024	0.019	-
110-130	4.6	4.1	0.8	0.02	0.50	0.28	0.11	0.22	20.1	0.24	18.1	0.026	0.016	-
130-150	4.9	3.8	0.4	0.03	0.25	0.25	0.13	0.15	16.2	0.13	17.9	0.015	0.010	-
150-170	4.7	3.6	0.6	0.03	0.59	0.39	0.21	0.22	27.5	0.23	17.9	0.025	0.012	-
170-190	4.6	3.6	0.9	0.06	0.47	0.35	0.16	0.19	22.1	0.17	16.5	0.017	0.012	-
Sítio II														
0-5	4.5	4.0	10.3	0.40	0.56	0.33	0.16	0.19	18.0	0.21	13.7	0.025	0.011	0.00015
5-10	4.2	3.6	6.7	0.30	0.35	0.25	0.14	0.13	22.8	0.12	14.0	0.017	0.011	0.00011
10-20	4.3	3.6	5.0	0.20	0.58	0.39	0.24	0.20	26.8	0.24	16.6	0.021	0.010	0.00010
20-30	4.0	3.4	3.9	0.15	0.29	0.25	0.15	0.15	16.0	0.12	16.6	0.016	0.012	0.00009
30-40	3.9	3.5	2.9	0.12	0.21	0.24	0.09	0.14	13.0	0.09	16.6	0.016	0.011	-
40-50	3.9	3.4	2.7	0.08	0.39	0.32	0.12	0.16	20.2	0.15	17.7	0.018	0.010	-
50-70	4.0	3.5	2.5	0.08	0.33	0.32	0.10	0.16	17.7	0.12	18.8	0.016	0.012	-
70-90	4.1	3.6	1.7	0.07	0.23	0.31	0.11	0.14	15.9	0.10	15.9	0.018	0.009	-
90-110	4.2	3.6	1.1	0.05	0.18	0.16	0.07	0.12	14.0	0.09	15.3	0.013	0.009	-
110-130	4.3	3.5	0.8	0.05	0.17	0.24	0.06	0.12	13.0	0.13	16.0	0.011	0.009	-
130-150	4.4	3.7	0.5	0.04	0.18	0.24	0.08	0.12	13.9	0.14	15.0	0.015	0.009	-
150-170	4.4	3.6	0.7	0.04	0.15	0.26	0.07	0.14	12.9	0.16	16.1	0.013	0.009	-
170-190	4.3	3.6	0.5	0.03	0.29	0.30	0.14	0.20	16.6	0.13	16.5	0.013	0.010	-
Sítio III														
0-5	4.4	4.0	6.2	0.27	0.09	0.26	0.11	0.11	12.7	0.11	12.1	0.015	0.010	0.00019
5-10	4.9	3.5	4.7	0.19	0.14	0.28	0.14	0.12	14.6	0.11	13.8	0.019	0.012	0.00013
10-20	3.8	3.4	3.5	0.16	0.07	0.25	0.07	0.10	12.7	0.09	14.0	0.015	0.008	0.00015
20-30	3.8	3.3	3.3	0.13	0.06	0.25	0.07	0.11	13.0	0.09	14.1	0.019	0.008	0.00014
30-40	3.7	3.3	3.0	0.16	0.06	0.26	0.07	0.10	13.4	0.08	14.2	0.015	0.009	-
40-50	3.7	3.3	2.8	0.20	0.04	0.23	0.06	0.10	12.0	0.07	14.0	0.013	0.007	-
50-70	3.8	3.4	2.4	0.07	0.22	0.27	0.13	0.12	15.6	0.10	15.7	0.021	0.009	-
70-90	3.9	3.4	0.5	0.07	0.06	0.25	0.08	0.10	13.9	0.08	17.1	0.014	0.010	-
90-110	4.1	3.5	1.3	0.08	0.06	0.28	0.08	0.11	13.7	0.08	15.5	0.018	0.010	-
110-130	4.3	3.5	1.0	0.07	0.06	0.28	0.08	0.11	13.6	0.10	17.5	0.014	0.012	-
130-150	4.4	3.6	0.9	0.08	0.06	0.27	0.08	0.10	13.8	0.08	17.5	0.017	0.010	-
150-170	4.5	3.6	0.8	0.06	0.21	0.32	0.12	0.12	18.5	0.12	17.2	0.011	0.008	-
170-190	4.6	3.6	1.8	0.07	0.06	0.28	0.07	0.11	13.3	0.08	17.3	0.013	0.010	-
Sítio IV														
0-5	5.1	4.6	7.6	0.32	0.08	0.40	0.17	0.12	12.2	0.26	7.8	0.018	0.007	0.00011
5-10	5.0	4.3	5.4	0.29	0.07	0.40	0.17	0.11	12.2	0.27	8.2	0.018	0.007	0.00013
10-20	4.6	4.0	4.8	0.25	0.07	0.34	0.12	0.10	11.9	0.22	9.3	0.014	0.007	0.00015

TABELA 5 – Quantidades (t/ha) dos elementos químicos no solo nos quatro sítios* estudados nos talões 53 e 54, na Floresta Nacional de Passo Fundo - RS.

Elementos	Profundidade (cm)	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
C	0-30	151,78	182,15	127,17
	0-50	219,53	248,01	197,95
N	0-30	6,83	7,32	5,45
		9,81	9,69	9,84
P	0-30	17,94	14,26	2,58
	0-50	36,98	21,27	3,80
K	0-50	10,18	10,14	8,18
	0-50	20,24	16,72	14,16
Ca	0-30	5,79	5,94	2,80
	0-50	10,28	8,41	4,39
Mg	0-30	6,07	5,58	3,42
	0-50	12,71	9,11	5,86
Fe	0-30	566,12	689,96	411,30
	0-50	1.162,33	1.078,84	721,32
Mn	0-30	8,76	5,78	3,05
	0-50	14,70	8,49	4,88
Al	0-30	347,38	520,67	432,71
	0-50	727,19	924,97	344,06
Zn	0-30	0,78	0,64	0,54
	0-50	1,46	1,05	0,88
Cu	0-30	0,50	0,37	0,28
	0-50	0,97	0,61	0,47
B	0-30	0,004	0,003	0,005

* Para o sítio IV não foram realizados estes cálculos porque a presença de pedras não permitiu a retirada de amostras em cilindros especiais.

Na Tabela 6, observa-se o resultado da análise física do solo para os quatro perfis estudados.

TABELA 6 – Resultado da análise física do solo nos quatro sítios estudados nos talhões 53 e 54, na Floresta Nacional de Passo Fundo – RS.

Profundidade cm	A. Grossa %	A. Fina %	Silte %	Argila %	D. Real G	D. Apar. g	Porosid. %	Água Ret.* %
Sítio I								
0 – 5	5	54	14	27	2,8	0,88	69	52
5 – 10	5	52	15	28	2,6	1,01	60	54
10 – 20	5	50	16	29	2,5	1,163	55	54
20 – 30	5	50	13	32	2,7	1,33	50	47
30 – 40	5	48	10	37	2,6	1,40	47	44
40 – 50	2	47	7	44	2,7	1,31	51	47
50 – 70	1	47	7	45	2,7	1,21	55	51
70 – 90	1	47	7	45	2,7	1,20	56	54
90 – 110	1	47	7	45	2,7	1,28	53	51
110 – 130	2	46	8	44	2,7	1,31	52	50
130 – 150	1	45	10	44	2,7	1,33	51	52
150 – 170	1	45	9	45	2,4	1,32	46	50
170 – 190	1	45	8	46	-	-	-	-
Sítio II								
0 – 5	3	52	11	34	2,4	0,86	65	60
5 – 10	3	48	13	36	2,5	1,00	60	54
10 – 20	3	48	11	38	2,6	1,12	57	49
20 – 30	2	47	10	41	2,7	1,24	54	50
30 – 40	2	45	9	44	2,7	1,22	55	49
40 – 50	2	43	5	50	2,5	1,14	57	53
50 – 70	1	47	5	47	2,3	1,17	49	53
70 – 90	1	48	5	46	2,7	1,25	53	53
90 – 110	2	48	4	46	2,7	1,20	56	55
110 – 130	2	47	5	46	2,7	1,15	57	56
130 – 150	1	48	4	47	2,7	1,09	60	59
150 – 170	1	49	4	46	2,3	1,04	54	59
170 – 190	1	46	6	47	-	-	-	-
Sítio III								
0 – 5	1	50	9	40	2,5	0,96	62	54
5 – 10	2	53	9	36	2,5	1,07	58	56
10 – 20	2	52	10	36	2,8	1,03	63	54
20 – 30	2	52	8	38	2,9	1,14	61	53
30 – 40	1	52	7	40	2,8	1,23	56	48
40 – 50	2	50	6	42	2,7	1,21	55	49
50 – 70	1	50	5	44	2,7	1,27	52	51
70 – 90	1	49	5	45	2,7	1,27	54	52
90 – 110	1	49	5	45	2,7	1,26	56	52
110 – 130	1	51	5	43	2,8	1,25	51	54
130 – 150	1	49	6	44	2,7	1,26	54	54
150 – 170	2	48	7	43	2,7	1,22	56	56
170 – 190	1	50	7	42	-	-	-	-
Sítio IV								
0 – 5	5	61	29	5	2,5	0,89	64	52
5 – 10	5	58	24	13	-	-	-	-
10 – 20	3	58	17	22	-	-	-	-

* Água retida durante 24 horas de embebição.

4.6.1 Descrição dos perfis

Perfil nº 1:

Unidade: Sítio 1, localizado no talhão 53

Classificação: Podzólico vermelho-escuro

Situação e declive: Perfil aberto no interior do povoamento a 20 metros da bordadura, localizado na parte inferior da encosta, com 10% de declividade e com exposição norte.

Litologia e formação geológica: basalto, de formação Serra Geral.

Material originário: Produtos de transformação no local.

Relevo: ondulado, com algumas elevações.

Erosão: não detectada visualmente

Drenagem: moderadamente drenado.

Vegetação: povoamento artificial de *Araucaria angustifolia*, com regeneração de 4,5m de altura com as espécies comuns na região.

A₁ 0-10cm:

-Bruno avermelhado-escuro (5 Y R 3/3, seco)

-Bruno avermelhado-escuro (5 Y R 3/2, úmido)

-Textura franco argiloso, estrutura blocos angulares e subangulares, moderada, média, muitos poros, consistência quando seco duro, quando úmido friável, ligeiramente plástico, pegajoso e pH de 5,3.

AB 10-30cm:

-Bruno avermelhado (5 Y R 4/4, seco)

-Bruno avermelhado-escuro (5 Y R 3/4, úmido)

-Textura argilosa, estrutura blocos subangulares, moderada, média, porosidade comum e grande, consistência quando seco duro, consistência quando úmido plástico, pegajoso e pH de 4,6.

-Enraizamento principal até 30cm e transição suave.

B₁₁ 30-90cm:

-Bruno avermelhado (2,5 Y R 4/4, seco)

-Vermelho escuro (2,5 Y R 3''6, úmido)

-Textura argilosa, estrutura blocos angulares fortes, médios, porosidade comum, consistência quando seco muito duro, consistência quando úmido firme, plástico, pegajoso e pH de 4,3.

-Compacto, poucas raízes, transição suave, com linhas de pedras entre 30 e 45cm.

B₂ a mais de 90cm:

-Vermelho escuro (2,5 Y R 3/6, seco)

-Textura argilosa, estrutura prismática a angular, forte média, poucos poros, consistência quando seco muito duro, consistência quando úmido firme, muito plástico, muito pegajoso, cerosidade abundante, muito compacto e pH de 4,6, linhas de pedras 110 – 130cm, em menor quantidade.

Perfil nº 2:

Unidade: Sítio 2, localizado no talhão 53

Classificação: Podzólico vermelho-escuro

Situação e declive: perfil aberto no interior do povoamento a 20m da bordadura, localizado na parte mediana da encosta a 60m do perfil nº 1, com declividade de 10%, aproximadamente.

Litologia e formação geológica: basalto de formação Serra Geral.

Material originário: Produtos de transformação no local.

Relevo: ondulado, com algumas elevações.

Drenagem: moderadamente drenado.

Vegetação: povoamento artificial de *Araucaria angustifolia*, com regeneração natural de 4,5 metros de altura, com as espécies comuns na região.

Uso atual: floresta artificial

A₁₁ 0-5cm:

-Bruno avermelhado-escuro (5 Y R ¾, seco)

-Bruno avermelhado-escuro (5 Y R 3/3, úmido)

-Textura franco argilosa, estrutura angular e subangular, franco, média, porosidade comum, consistência quando seco ligeiramente duro, consistência quando úmido, friável, ligeiramente

plástico, ligeiramente pegajoso e com pH de 4,5.

AB 5-10cm:

-Bruno avermelhado-escuro (5 Y R $\frac{3}{4}$, seco)

-Bruno avermelhado-escuro (5 Y R $\frac{3}{3}$, úmido)

-Textura franco argilosa, estrutura angular, fraco, médio, poucos poros, consistência quando seco duro, consistência quando úmido firme, plástico, ligeiramente pegajoso, transição gradual e pH de 4,2.

B₁₁₋₁ 10-50cm:

-Bruno avermelhado-escuro (2,5 Y R $\frac{3}{4}$, seco)

-Vermelho escuro-acinzentado (2,5 Y R $\frac{3}{2}$, úmido)

-Textura argilosa, estrutura angular e prismática, moderada, média, poucos poros, consistência quando seco muito duro, consistência quando úmido firme, plástico, pegajoso, transição gradual e pH de 4,0.

-Enraizamento principal até 30cm.

B₁₁₋₂ 50-90cm:

-Vermelho (2,5 Y R $\frac{4}{6}$, seco)

-Vermelho-escuro (2,5 Y R $\frac{3}{6}$, úmido)

-Textura argilosa, estrutura angular a prismática moderada grande, poucos poros, consistência quando seco duro, consistência quando úmido firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso, compacto, transição difusa e pH de 4,0.

B₁₂ 90-170cm:

-Vermelho (2,5 Y R $\frac{4}{6}$, seco)

-Vermelho-escuro (2,5 Y R $\frac{3}{6}$, úmido)

-Textura argilosa, estrutura angular a prismática, forte, pequena a média, poucos poros, consistência quando seco duro, consistência quando úmido firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso, compacto, transição gradual e pH de 4,3.

B₁₃ 170-190cm:

-Vermelho (10 R $\frac{4}{8}$, seco)

-Vermelho (10 R $\frac{4}{6}$, úmido)

-Textura argilosa, estrutura angular, forte, pequena, poucos poros, consistência quando seco duro, consistência quando úmido friável, plástico, pegajoso, cerosidade abundante, compacto e pH de 4,3.

Perfil nº 3:

Unidade: Sítio 3, localizado no talhão 54

Classificação: latossolo vermelho-escuro distrófico.

Situação e declive: perfil aberto no interior do povoamento a 20 metros da bordadura, localizado na parte mediana da encosta a 80 m do perfil nº 2, com declividade de 10%.

Litologia e formação geológica: basalto de formação Serra Geral.

Material originário: produtos de transformação no local.

Relevo: ondulado, com algumas elevações.

Erosão: não detectada visualmente.

Drenagem: moderadamente drenado.

Vegetação: povoamento artificial de *Araucaria angustifolia* com regeneração natural de 4,5 m com as espécies comuns na região.

Uso atual: floresta artificial.

A₁₁ 0-10cm:

-Vermelho-amarelado (5YR4/6, seco)

-Bruno avermelhado (5YR4/4, úmido)

-Textura franco argilosa, estrutura angular a subangular, moderado, médio, porosidade comum, consistência quando seco ligeiramente duro, consistência quando úmido friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso, e pH de 4,7.

A₁₂ 10-30cm:

-Bruno avermelhado (5YR4/4, seco)

-Bruno avermelhado-escuro (5YR3/4, úmido)

-Textura franco argilosa, estrutura subangular, moderado, pequeno, consistência quando seco duro, consistência quando úmido friável, muitos poros, ligeiramente plástico, pegajoso, transição difusa e pH de 3,8.

AB 30-50cm:

-Bruno avermelhado-escuro (5YR3/4, seco)

-Bruno avermelhado-escuro (5YR3/3, úmido)

-Textura argilosa, estrutura subangular, moderado, média, consistência quando seco duro, consistência quando úmido, friável, porosidade comum, ligeiramente plástico, pegajoso e pH

de 3,7.

-Enraizamento principal até 80 cm.

B₁ 50-70cm:

-Vermelho (2,5YR4/6, seco)

-Vermelho-escuro (2,5YR3/6, úmido)

-Textura argilosa, estrutura prismática, forte, média, consistência quando seca duro, consistência quando úmido firme, porosidade comum, plástico, muito pegajoso e pH de 4,2.

B₂ 170-190cm:

-Vermelho (2,5YR4/6, seco)

-Vermelho-escuro (2,5YR3/6, úmido)

-Textura argilosa, estrutura prismática, moderado, média, consistência quando seco duro, consistência quando úmido, friável, porosidade comum a pouca, muito plástico, muito pegajoso e pH de 4,6.

Perfil nº 4:

Umidade: Sítio 4, localizado no talhão 54.

Classificação: litossolo.

Situação e declive: perfil aberto no interior do povoamento a 20 metros da bordadura, na parte superior da encosta a 120 metros do perfil nº 3, com 6% de declividade.

Litologia e formação geológica: basalto de formação Serra Geral.

Material originário: produtos de transformação no local.

Relevo: ondulado, com algumas elevações.

Erosão: não detectada visualmente.

Drenagem: moderadamente drenado.

Vegetação: povoamento artificial de *Araucaria angustifolia* com regeneração natural de 4,5 m com as espécies comuns na região.

Uso atual: floresta artificial.

A₁₁ 0-5cm:

-Bruno escuro (7,5 YR4/2, seco)

-Bruno escuro (7,5YR3/3, úmido)

-Textura franco arenosa, estrutura granular, fraco, pequena, consistência quando seco macio, consistência quando úmido friável, muitos poros, não plástico, não pegajoso, muitas pedras, transição gradual e pH de 5,1.

A₁₂ 5-20cm:

-Bruno escuro (7,5YR4/2, seco)

-Bruno escuro (7,5YR3/2, úmido)

-Textura franco arenosa, estrutura subangular, moderado, pequena, consistência quando seco ligeiramente duro, consistência quando úmido friável, muitos poros, não plásticos, não pegajoso, pedras em abundância, transição abrupta e irregular, com pH de 4,8.

-Raízes abundantes até 20 cm.

4.7 Correlação simples entre o crescimento em altura e o conteúdo de elementos nas acículas

As correlações entre o nível nutricional das árvores, representado pela análise química das acículas e o crescimento, representado pela altura total (H), incremento periódico anual dos últimos cinco anos (IPA 24-29) e o incremento corrente do último ano (ICA), encontram-se nos quadros números 8, 9 e 10, respectivamente.

A interpretação destas relações estatísticas, através dos resultados para cada elemento químico, e sua relação com os três parâmetros dendrométricos, são discutidos separadamente a seguir.

Nitrogênio – Observa-se que existe uma correlação positiva entre a altura total (H) e a concentração do N nas acículas, que somente no 4º verticilo não se torna significativa. Desta maneira, maiores alturas relacionam-se à árvores com maiores percentuais de N na copa. A porcentagem de N no terceiro verticilo mostrou-se mais estreitamente correlacionada com a altura total.

O conteúdo do N na copa e os incrementos correntes anuais (ICA) e periódico anual dos últimos cinco anos (IPA 24-29), não mostraram nenhuma significância estatística entre si.

Fósforo – Este elemento mostra uma correlação positiva significativa com o H e a IPA. Em relação ao H, as correlações significantes foram encontradas para o 3º verticilo e para a porcentagem médio na copa. Para o IPA, as correlações também foram significantes para o 3º verticilo e para a porcentagem média na copa, além da média dos verticilos 3º e 4º. Em relação ao ICA, apenas a porcentagem média na copa relacionou-se significativamente, sendo esta relação negativa.

Potássio – Com relação ao K, as correlações significantes encontradas foram todas com tendências negativas, mostrando estatisticamente, que as maiores alturas são observadas em árvores com menor teor de elemento na copa, tanto para H como para IPA. O ICA não mostrou correlação com nenhum valor de K na copa.

Cálcio e Magnésio – Ainda dentre os macronutrientes, as correlações significantes apresentadas pelo Ca, foram mínimas. Para o Ca, a única significância foi mostrada pela relação entre o conteúdo médio de Ca na copa e H, sendo a tendência desta relação negativa. Não se observou relações significativas entre os percentuais de Ca na copa e o IPA e ICA.

Em relação ao elemento Mg, não se observou significância com os parâmetros considerados.

Micronutrientes – Dentre os micronutrientes, melhores correlações são apresentadas pelos percentuais de cobre e de Boro. Para ambos, as relações entre seus conteúdos na copa, altura total e incremento periódico anual, são positivas, não havendo significância em relação ao incremento corrente anual.

Com exceção do 2º verticilo, o elemento Cu mostrou-se correlacionado positivamente com H nos demais, bem como nas suas médias consideradas (Tabela 8). Também este elemento mostrou correlações entre seus conteúdos na copa e o IPA, excetuando o 2º e a média dos 3º e 4º verticilos.

TABELA 7 - Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos nas acículas e a altura total.

Vert.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Al	Cu	B	P. 100 Acíc.
2	0,506	0,337	-0,752	-0,398	0,084	0,014	-0,378	-0,017	-0,016	0,411	0,425	-0,001
3	0,630	0,587	-0,667	-0,133	0,040	0,070	-0,404	-0,213	0,107	0,599	0,510	0,064
4	0,332	0,048	-0,828	-0,465	-0,002	-0,212	-0,478	-0,216	-0,175	0,678	0,509	-0,012
M ₂₊₃₊₄	0,526	0,116	-0,858	-0,422	0,072	-0,000	-0,017	-0,128	-0,013	0,559	0,526	-0,027
M ₃₊₄	0,547	0,489	-0,719	-0,438	-0,105	-0,014	-0,414	-0,031	-0,258	0,728	0,533	-0,078
MT	0,597	0,549	-0,469	-0,608	-0,053	-0,262	-0,505	-0,294	-0,395	0,655	0,451	-0,680

Onde: Vert. = verticilos; M = média; MT = média total.

Entre os demais micronutrientes, o Ferro apresentou uma correlação negativa, estatisticamente significativa, apenas para a relação entre a média de seu conteúdo nos 2º, 3º e 4º verticilos, e o IPA, não mostrando correlação com os demais parâmetros de crescimento.

A relação do Manganês com o crescimento foi estatisticamente significativa apenas para seu teor médio na copa e H, sendo esta correlação negativa.

As concentrações de Zinco e Alumínio nas acículas não se correlacionaram com os parâmetros de crescimento considerados.

Sintetizando o acima exposto e, observando-se as três tabelas de maneira conjunta (Tabelas 7, 8 e 9), salienta-se alguns pontos importantes na seleção dos parâmetros a serem usados no estudo das relações sítio/crescimento.

TABELA 8 - Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos nas acículas e o IPA (24 – 29 anos).

Vert.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Al	Cu	B	P. 100 Acíc.
2	0,273	0,431	-0,447	-0,363	-0,190	0,182	-0,349	0,148	0,152	0,157	0,467	-0,108
3	0,487	0,630	0,058	0,036	-0,025	-0,067	-0,234	-0,123	-0,001	-0,782	0,507	-0,160
4	0,140	-0,127	-0,677	-0,145	0,026	-0,400	-0,305	-0,134	-0,180	0,780	0,539	-0,160
M ₂₊₃₊₄	0,257	0,196	-0,596	-0,153	-0,083	-0,593	-0,146	0,346	-0,010	0,639	0,554	-0,037
M ₃₊₄	0,312	0,604	-0,431	-0,168	0,072	-0,167	-0,269	-0,108	-0,005	0,193	0,511	-0,120
MT	0,289	0,565	-0,421	-0,435	-0,093	-0,268	-0,421	-0,135	-0,387	0,622	0,442	-0,109

Onde: Vert. = verticilos; M = média; MT = média total

TABELA 9 - Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos nas acículas e o ICA.

Vert.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Al	Cu	B	P. 100 Acíc.
2	0,488	0,221	-0,254	-0,029	0,147	-0,328	-0,108	0,138	-0,277	0,096	0,000	0,167
3	0,326	0,169	-0,386	-0,140	-0,098	-0,297	-0,243	0,128	-0,495	0,347	0,083	-0,033
4	0,166	-0,031	-0,130	-0,195	0,125	-0,093	-0,171	0,125	0,044	0,069	0,074	0,067
M ₂₊₃₊₄	0,346	-0,471	-0,353	0,005	0,086	-0,294	-0,196	0,073	-0,170	-0,260	0,018	-0,136
M ₃₊₄	0,230	0,244	-0,082	-0,119	-0,105	-0,227	-0,122	-0,060	0,131	0,200	0,032	0,366
MT	0,255	-0,834	-0,080	-0,168	-0,244	-0,142	-0,257	-0,159	-0,105	-0,001	-0,034	0,110

Onde: Vert. = verticilos; M = média; MT = média total

Relembra-se aqui, que estes resultados separados são meras relações estatísticas, não obrigando que não haja necessariamente uma relação fisiológica.

Embora não se tenha feito estudos separados por sítio, observando-se o incremento e a composição deste, entre os sítios e dentro de cada sítio, há uma grande variação, principalmente no crescimento do último ano. Observa-se também que os elementos N, P, Cu e B, foram os únicos que mostraram uma correlação positiva com o crescimento das árvores. Desses quatro elementos, principalmente o N encontra-se em nível crítico no sítio de crescimento reduzido (Tabela 4). Parece então que o N é o fator limitante principal para estes sítios. A correlação positiva para com os outros elementos pode ser um efeito colateral do maior crescimento, onde existe maior quantidade de N disponível.

Isto implica em dizer que estes nutrientes estavam favorecendo ainda o crescimento das árvores estudadas, embora se encontrem, em termos médios, em quantidades pouco abaixo daquelas recomendadas por BLUM (1977^a e 1977^b), para um bom crescimento da *Araucaria*

angustifolia (Tabela 4).

Quando da visualização das Tabelas 8 e 9, observa-se que as melhores correlações ocorreram com os conteúdos dos elementos existentes no 3º e 4º verticilos, ou com a média dos mesmos.

4.8 Correlação simples entre o crescimento em altura e as características físicas e químicas do solo

4.8.1 Características químicas

As correlações foram calculadas com os conteúdos dos elementos em porcentagem e também com os valores transformados em toneladas por hectare nas duas profundidades, 0-30 cm e 0-50 cm.

Os resultados dessas correlações encontram-se nas Tabelas 10, 11 e 12.

TABELA 10 – Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos no solo e a altura total.

Val.	Prof.	pH	pH	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	Zn	Cu	B
	cm	H ₂ O	KCl												
Abs.	0-30	-	-	-0,600	-0,826	-0,993	-0,999	-0,926	-0,985	-0,695	-0,974	0,327	-0,967	-0,959	0,647
t/ha	0-50	-	-	-0,585	0,362	-0,988	-0,963	-0,999	-0,977	-0,986	-0,945	-0,775	-0,917	-0,909	-
Rel.	0-30	-0,766	-0,827	-0,509	-0,767	-0,969	-0,993	-0,919	-0,962	-0,069	-0,992	0,494	-0,951	-0,947	0,647
%	0-50	-0,744	-0,852	-0,362	-0,412	-0,997	-0,998	-0,986	-0,999	-0,913	-0,980	0,271	-0,923	-0,924	-

Onde: Abs. = absolutos; Rel. = relativos; Prof. = profundidade.

TABELA 11 – Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos no solo e o IPA (24 – 29 anos).

Val.	Prof. cm	pH H ₂ O	pH KCl	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	Zn	Cu	B
Abs.	0-30	-	-	-0,144	-0,455	-0,819	-0,880	-0,633	-0,785	-0,265	-0,962	0,740	-0,970	-0,977	0,203
t/ha	0-50	-	-	-0,125	-0,128	-0,939	-0,974	-0,864	-0,978	-0,788	-0,986	-0,377	-0,995	-0,997	-
Rel.	0-30	-0,983	-0,995	-0,034	-0,366	-0,733	-0,817	-0,618	-0,715	-0,136	-0,930	0,850	-0,982	-0,984	0,203
%	0-50	-0,765	-0,998	0,128	0,798	-0,844	-0,902	-0,786	-0,896	-0,607	-0,954	0,699	-0,994	-0,994	-

Onde: Abs. = absolutos; Rel. = relativos; Prof. = profundidade.

TABELA 12 – Coeficientes de correlação simples entre o conteúdo de elementos no solo e o ICA.

Val.	Prof. cm	pH H ₂ O	pH KCl	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	Zn	Cu	B
Abs.	0-30	-	-	0,603	0,314	-0,166	-0,280	-0,106	-0,110	0,243	-0,482	0,998	-0,509	-0,534	-0,554
t/ha	0-50	-	-	0,618	-0,796	-0,415	-0,523	-0,249	-0,469	-0,114	-0,573	0,394	-0,635	-0,650	-
Rel.	0-30	-0,819	-0,767	0,687	0,405	-0,030	-0,163	0,125	-0,005	0,609	-0,391	0,971	-0,558	-0,567	-0,554
%	0-50	-0,846	-0,737	0,796	0,989	-0,211	-0,327	-0,817	-0,314	0,139	-0,457	0,999	-0,623	-0,620	-

Onde: Abs. = absolutos; Rel. = relativos; Prof. = profundidade.

Estudando-se as correlações entre as características químicas do solo e os três parâmetros de crescimento (H, IPA e ICA), observa-se que o pH, médio em H₂O na profundidade de 0-50cm, não se mostrou correlacionado com os parâmetros de crescimento; no entanto, na profundidade de 0-30cm, correlacionou-se negativamente com IPA. Da mesma forma, o pH em KCL correlacionou-se negativamente com o IPA, nas duas profundidades, não se correlacionando com os outros tipos de crescimento.

Carbono – O C não mostrou correlação com o crescimento das árvores.

Nitrogênio – Este elemento, em unidades relativas, apresentou correlação positiva entre o seu conteúdo no solo e o ICA, na profundidade de 0-50cm, não se correlacionando com os outros tipos de crescimento.

Esta significância apenas para o incremento corrente do último ano, talvez possa ser atribuída pelo fato da determinação total do N no solo. Este alto valor pode ter influenciado nesta correlação. No entanto, para as árvores, o que importa é o N disponível, o qual depende da atividade biológica, que por sua vez depende do pH e da porosidade do solo.

Fósforo – Para o P obteve-se uma correlação negativa entre o seu conteúdo no solo, nas duas profundidades (0-30cm e 0-50cm) e nas duas formas apresentadas (% e t/ha) e altura total (H), não correlacionando-se com o IPA e ICA.

Potássio – O K também mostrou uma correlação negativa entre o seu conteúdo no solo nas duas profundidades e nas duas formas de apresentação e altura total (H). Apresentou ainda uma correlação negativa entre seu percentual no solo, na profundidade de 0-50cm e na forma de t/ha e o IPA. Porém não apresentou correlação com o ICA.

Cálcio e Magnésio – O conteúdo de Ca no solo mostrou correlação negativa com a altura total, na profundidade de 0-50cm e nas duas forma de apresentação, não correlacionado-se com os outros níveis de crescimento. O Mg teve correlação negativa entre seu conteúdo no solo, mas duas profundidades e nas duas formas de apresentação e altura total.

Ferro – O Fe apresentou uma correlação negativa entre seu conteúdo no solo e a altura total, na profundidade de 0-50cm e na forma de t/ha, não tendo relação com os demais parâmetros de crescimento.

Manganês – Este elemento, em teores absolutos, (t/ha) e percentuais, mostrou uma correlação negativa entre seu conteúdo no solo e altura total, nas profundidades de 0-30cm e 0-50cm, respectivamente (Tabela 11).

Com o IPA, o Mn correlacionou-se negativamente nas duas profundidades quando em t/ha e na profundidade de 0-50cm, quando em forma de percentagem, não tendo relação com o ICA significativamente.

Alumínio – O Al, além do N, foi o único elemento que mostrou correlação positiva com os parâmetros de crescimento, observando-se uma significância entre o seu conteúdo total no solo, na profundidade de 0-30cm, na forma de t/ha e ICA. E a mesma correlação, nas duas profundidades, quando apresentados em percentagem. Isto justifica a acentuada acidez observada nos perfis. Entretanto, com relação aos demais parâmetros de crescimento, não foram observadas nenhuma correlação.

Zinco – O Zn mostrou uma correlação negativa entre seu conteúdo total relativo no solo nas duas profundidades e o IPA. Com a altura total, esta correlação ocorreu apenas na profundidade de 0-30cm, sendo também negativa.

Cobre – O Cu mostrou uma relação negativa entre seu conteúdo no solo, nas duas profundidades e o IPA, tanto em valores absolutos como percentuais. Já com a altura total, teve uma correlação negativa quando apresentado em t/ha na profundidade de 0-30cm.

Boro – O B não se relacionou significativamente com os parâmetros considerados.

Ao observar-se o acima descrito, nota-se que as correlações positivas (N e Al) ocorreram exatamente com o ICA, parâmetro pouco recomendado para ser usado como variável dependente possivelmente as quantidades totais destes elementos no solo sejam suficientes para um bom abastecimento da planta e, seus valores disponíveis estejam permitindo uma assimilação satisfatória.

Pode-se também traçar uma associação como fato de que o crescimento de um ano é resultante do armazenamento de nutrientes do ano anterior, e este armazenamento está mais relacionado com a fertilidade do solo.

É possível visualizar-se que no perfil 3, ocorre uma menor concentração dos elementos quando comparado com os demais perfis. Esta baixa quantidade de nutrientes em contraposição a um maior crescimento, é a causa das correlações negativas. Por outro lado, em função da boa estrutura do solo (latossolo) as raízes possuem maior facilidade de se desenvolver dispondo de um maior volume de solo par a absorção. Isto explica as correlações positivas encontradas para o N, P, Cu e B, entre seus conteúdos nas acículas e os parâmetros dendrométricos.

4.8.2 Características físicas

Para o estudo dessas correlações, considerou-se a característica física do solo em duas profundidades, 0-30cm e 0-50cm.

O resultado dessas correlações encontra-se na Tabela 13.

TABELA 13 – Coeficientes de correlação simples entre as características físicas do solo e a altura total, incremento periódico dos últimos cinco anos e incremento corrente anual.

Profund.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Porosidade	Água Retida
Altura Total						
0 - 30	-0,923	0,329	-0,952*	0,714	0,996*	0,995
0 - 50	-0,926	0,544	-0,887	0,478	0,936	0,840
0 - 30	-0,994*	-0,339	-0,982*	0,962*	0,836	0,826
0 - 50	-0,993*	0,075	-0,987*	0,840	0,989*	0,997
0 - 30	-0,632	-0,816	-0,555	0,869	0,197	0,178
0 - 50	-0,615	-0,656	-0,578	0,975*	0,594	0,751

* Baseado em quatro pares de observações.

Estudando as correlações efetuadas entre as características físicas do solo e os três tipos de crescimento, observa-se que a porcentagem de areia grossa existente nas profundidades consideradas mostrou correlação negativa com a altura total, o mesmo ocorrendo com relação ao IPA, o que não se observou para o ICA.

A porcentagem de silte no solo mostrou uma correlação negativa com o H, na profundidade de 0-30cm. O mesmo ocorrendo com o IPA nas duas profundidades, o que não se observou com ICA.

O percentual de argila existente no solo correlacionou-se positivamente com o IPA na profundidade de 0-30cm e também positivamente com o ICA na profundidade de 0-50cm, o mesmo não ocorrendo com a altura total.

Com exceção do ICA, a porosidade apresentou uma boa correlação com a altura total

até uma profundidade de 30 cm, e com o ICA, até 50 cm, sendo ambas positivas. Ocorrência análoga observou-se com relação a quantidade de água retida após 24 horas de embebição, das amostras.

4.9 Discussão geral dos resultados

A altura total é, aparentemente uniforme, apresentando-se semelhante em todas as parcelas dentro de cada sítio, ficando as disparidades apenas entre sítios. Com relação ao ICA e IPA, apresentam uma maior variação em seu crescimento. Esta pode ter sido influenciada pelos tratos culturais e pela não formação de sub-bosque nos povoamentos (até o ano de 1974, a administração da Floresta Nacional não permitia a formação destes).

Após a liberação do estrato inferior e após o último desbaste, ocorreu uma resposta das árvores em termos de crescimento, porém com grande disparidade, causada talvez pelas diferentes velocidades de incorporação de nutrientes no solo.

A concentração de nutrientes na copa não é totalmente homogênea e constante para todos os elementos nos quatro sítios. Desta forma, alguns nutrientes, como o K e o B, encontram-se mais concentrados nos verticilos superiores, em contraposição, elementos de pouca mobilidade, como o Ca, Mg, Mn e Zn, encontram-se em maior quantidades nos verticilos inferiores. Os demais se apresentam distribuídos de maneira variável, sem uma tendência marcante e uniforme nos quatro sítios.

A produção de matéria seca é maior nos verticilos superiores, a exemplo do observado por REISSMANN (1976) com *Araucaria angustifolia*, tendo sido esta observação justificada pelo fato de que acículas de verticilos inferiores acham-se fotossinteticamente pouco ativas, resultando numa menor produção de matéria seca.

Não se observa grande variação nos conteúdos nutricionais das acículas entre os sítios com maior e menor crescimento. Segundo BLUM (1977), os teores encontrados podem ser

enquadrados dentro de uma faixa de bom crescimento, porém com algumas exceções. Esses parâmetros não parecem ser os mais relacionados às diferenças no crescimento.

Estatisticamente, um aumento nos teores de N, Cu e B associam-se às maiores alturas, e uma maior percentagem de K relaciona-se a povoamentos de maiores alturas. Não se pode esquecer, porém, que o ICA e o IPA estão mais relacionados ao estado nutricional dos anos anteriores.

Já se fez referência ao fato saliente que ocorre ao observar-se na Tabela 5 (análise química do solo). A concentração dos elementos no sítio 3 é no geral, inferior aos demais.

A exemplo do observado com relação à concentração dos elementos nas acículas, também no solo, correlações estatisticamente significantes são mais evidentes para a altura total do que para o IPA e ICA. Entre os nutrientes analisados, o P, K, Ca, Mg e Mn, revelaram uma correlação negativa entre seus conteúdos no solo e a altura total. Não se argumenta aqui essa tendência, tendo em vista os vários processos que ocorrem em um ecossistema florestal, os quais dificultam uma interpretação apurada e precisa.

O melhor crescimento observado no sítio 3, pode ser explicado então, por apresentar o solo deste sítio melhores condições para o desenvolvimento do sistema radicular, o que possibilita o uso de uma maior área de absorção dos nutrientes, suplantando o déficit de nutrientes em relação aos demais sítios. Este fato é comprovado pela correlação positiva que se obteve entre a porosidade do solo e o crescimento.

Nas condições locais, o relevo, a profundidade do solo, a porosidade, o substrato de extração de nutrientes, os processos de liberação de elementos nutritivos, a umidade do solo, e as condições para as atividades biológicas, podem ser os parâmetros determinantes da heterogeneidade do crescimento de povoamentos com a mesma idade.

5 CONCLUSÕES

1 – O 3º e 4º verticilos, nas condições estudadas, mostraram-se os mais indicados para serem tomados como referência, na retirada de amostras de acículas para análise.

2 – O N é o principal elemento limitante do crescimento de *Araucaria angustifolia*. O P, Cu e B, embora se correlacionando positivamente com a altura não mostram níveis muito deficientes.

3 – Em termos comparativos, os resultados obtidos no presente trabalho, são diferentes dos encontrados em outras localidades, mostrando que os fatores limitantes podem variar de local para local.

4 – A limitação do crescimento deverá ser atribuída também às características físicas do solo, as quais proporcionam no sítio III, maior volume de enraizamento, melhores condições para o enraizamento pela porosidade e melhor disponibilidade de N através das condições favoráveis às atividades biológicas.

5 – As correlações negativas são uma conseqüência da menor fertilidade do latossolo, mas que pelas suas características físicas compensa pelo melhor desenvolvimento radicular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRICH, S. R. Plant analysis: problems and opportunities In: WALSH, L. M. & BEATON, J. D. **Soil testing and Plant analysis**. Madison. Soil Science. Soc. Cap. 14. 213-221. 1973.
- ANDRAE, F. H., KRAPPENBAUER, A. **Inventário de *Araucaria angustifolia*: biomassa e nutrientes**. Santa Maria, RS. 77p. 1976. (não publicado em português).
- BARROS, N. F. **Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com a altura de *Eucalyptus alba* na região de Santa Barbara, MG**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV, 1974. 88p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1974.
- BASSON, W. D. et. al. Na automated procedure for the determination of Baron In: **Plant tissui analyst**. n. 94, 1135-1141p. 1969.
- BLUM, W. E. H. Araucaria: o seu futuro não está perdido. In: **Brasil Madeira**, 10-12p. 1977.
- BLUM, W. E. H., HILDEBRAND, E. E. Nähr elementversorgung und wahlstum von *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. Auf Zwei Toposequenzen in Paraná Subpbrasilien. **Mitt D. Boden**. Ges. n. 25, 357-366p. 1977.
- BOULD, C. The nutrition of fruit trees. In: **Physiology of tree crops** (LUCKWILL, L. C. and CUTTING, C. V.). Academic Press. London, New York. 223-234p. 1970.
- BURGER, D. **Ordenamento Florestal I**. Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 152p. 1976. mimeografado.
- CAMPOS, J. C. C. **Estudo sobre índice de sítio e tabelas de produção para *Pinus elliottii* Engelman, no Estado de São Paulo, Brasil**. IICA Turrialba. C. Rica. 81p. 1970.
- CARMEN, W. H. Tree height-growth patterns in relation to soil and site. In: Youngberg, C. T. and Davey, C. B. ed. **“Tree growth and forest soil”**. Cavallins, Oregon State

- University Press. 499-512p. 1970.
- COREY, R. B. Factores affecting the availability of nutrients to plants. In: WALSH, L. M., BEATON, J. D. **Soil testing and plant analysis**. Madison, Soil Science. Soc. A. Cap. 3:23-34p. 1973.
- CURLIN, J. W. Nutrient Cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: **Tree Growth and Forest Soil** (C. T. Youngberg and C. B. DAVEY) Cavallis 313-325p. 1973.
- DE HOOGH, R. J., DIETRICH, A. B. Avaliação de sítios para a *Araucaria angustifolia* (Berth.) O. Ktze. **PRODEPEF Série Técnica**. 1976.
- DELVIN, R. M. Deteccion, Existencia y Disponibilidad de los elementos essenciais. In: **Fisiologia Vegetal**. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 614p. 1970.
- DIETRICH, A. B. **Relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV, 1977. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1977.
- EDMINISTER, C. B., JUMP, J. H. Site index curves for Douglas-fir in New México. USDA. **Forest Service Research Note**. 3p. Note RM 326. 1976.
- EPSTEIN, E. **Nutrição Mineral de Plantas: princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos. 341p. 1971.
- FIALA, K. Bestimmung von Dor in Bodenextrakten mit hilfe der Direkten Kurkuminmethode. Arch. Acker-U. Pfl. Fau **V. Bodenk.** n.18, v.5. 323-327p. 1974.
- FISHWICK, R. W. **Estudo comparativo dos seis métodos usados para calcular a altura dominante de um povoamento florestal**. PRODEPEF, mimeografado, 1976.

- FISHWICK, R. W. **Determinação das curvas de índice de sítio para *Pinus elliottii***. Brasília. PRODEPEF. 10p. 1977.
- FREESE, F. **Elementary Statistical Methods for Forestres**. Africulture Handbook 317 U.S. Department of Agriculture. 1967.
- GARCIA, V. D. **Índices de sítio para *Pinus insigne*, em Chile**. Santiago. Instituto Forestal. Inventário nº 2. 1970.
- GESSEL, S. P. Progress and Problems in Mineral Nutrition of Forest Trees. In: **Tree Growth** (KOZIOWSKI, T.T.) Ronald Press. New York, 221-246p. 1962.
- GOLFATI, L. Coníferas aptas para o reflorestamento nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. **Boletim Técnico do IBDF**. n. 1, 71p. 1971a.
- GOLFARI, L. Coníferas aptas para repoblaciones forestales em el Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**. n. 6, v.7. 72p. 1973b.
- HAWLEY, R. C., SMITH, D. M. **Silvicultura practica**. Ediciones Omega S.A. Casanova 220. Barcelona. 1972.
- HEINSDIJK, D., SOARES, R. O. Plantações de coníferas no Brasil. Ministério da Agricultura. Serviço Florestal. Rio de Janeiro. **Boletim**. n. 5. 1962.
- HILDEBRAND, E. E., Metodologia de amostragem e análise química das acículas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: **Floresta**. v. 7, n. 2. 9-15p. Curitiba. PR. 1976a.
- HILDEBRAND, C., **Manual de análise química de solos e plantas**. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curitiba. PR. 225p. 1977b.
- ISOLAN, F. B. **Estudo da qualidade de sítio para *Pinus caribaea* Morelet var.**

- hondurensis* Barrett e Golafi no Cantão de Turrialba, Costa Rica. IICA. Turrialba. Costa Rica. 83p. 1972.
- JONES, J. R. Review and comparison of site evaluation **methods** **USDA For. Res. Paper.** RM-51, RM For. and Tange Exp. St, for Collins, 10. 27p. 1969a.
- JANES, J. R. J. B., SKIN, W. J. A. Sampling handling and analyzing plant tissue samples. In: WALSH, L. M. and BEATON, J. D. **Soil testing and plant analysis**. Madisson. Soil Science. Soc. Cap. 16. 249-270p. 1973b.
- KRAMER, P. J., KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Fundação Caluste. Gulbenkian. Lisboa. 745p. 1972.
- LA BASTIDE, J. G. A., VAN GOOR, C. P. **Plant and soil**. n. 32. 349-366p. 1970.
- LASSERE, S. R., LASERE, E. N. R., VAIRETTI, M. **Dia 7**. 36-45p. 1972.
- LEAF, A. L. Plant analysis na aid in fertilizing forests. In: WALSH, L. M., BEATON, J. D. **Soil testing and plant analysis**. Madison Soil Science Soc. A Cap. 25. 427-454p. 1973.
- LEMONS, R. C., SANTOS, R. D. **Manual de métodos de trabalho de campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Métodos de Trabalho de Campo. Campinas. SP. 1976.
- LEYTON, L. The relationship between the growth and mineral nutrition of canifers. In: **The physiology of forest trees**. (THIMANN, K. U.) Ronald Press. Cmpany. New York. 323-345p. 1957.
- MALAVOLTA, E. et al. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo. Ed. Pioneira. 727p. 1974.
- MCLEAN, E. O. Testing soils for pH and lime requeriment. In: WALSH, L. M.; BEATON, J.

- D. **Soil testing and plant analysis**. Madison. Cap. 7. 77-96p. 1973.
- MUNSEL COLOR COMPANY. **Munsell soil charts**. Baltimore. 1946.
- MUNSON, R. D., NELSON, W. L. Principles and praticas in plant analysis. In: WALSH, L. M., BEATON, J. D. Ed. **Soil testing na plant analysis**. Madison. Soil Science. Soc. Amer. Cap. 15. 223-248p. 1973.
- REISSMANN, C. B. **Variação anual dos nutrientes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., em função da época de amostragem**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba: UFPR, 1976. 86p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 1976a.
- REISSMANN, C. B. et al. Metodologia de amostragem e análise das acículas da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: **Floresta**. v. 7, n.1. 5-12p. Curitiba. 1976b.
- RUSSEL, W. Site determination, classification and application. **Journal of Forestry**. v. 15, n. 5. 552-563p. 1917.
- SALAS, G. Factores edaficos y climaticos en la classification de sitios forestales. Bosques de Colômbia. Bogotá. **Inderena**. n.1. 15-30p. 1974.
- SAMI, J. C. Na applied for better index site. **Journal of Forestry**. v. 63. N. 3. 174-176p. 1965.
- SIMÕES, J. W. **Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., cultivado em vaso**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: ESLQ, 1972. Tese de Livre Docência (Livre Docente) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1972.
- VAN LEAR, H., HOSNER, S. F. Correlation of index soil mapping units for yellow-joplar in south wast. Virgínia. **Journal of Forestry** 65. n. 1. 22-24p. 1967.

VAN GOOR, C. P. Reflorestamento com coníferas no Brasil: aspectos ecológicos dos plantios da região sul, particularmente com *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia*. Rio de Janeiro. Serviço Florestal do Ministério da Agricultura. Setor de Inventários Florestais. **Boletim n. 9**. 1965a.

VAN GOOR, C. P. et al. Crescimento de *Pinus spp.* em unidades ecológicas florestais e pesquisa florestal. Secretaria da Agricultura. Instituto Florestal. São Paulo. **Boletim n. 14**. 50p. 1972b.

VAN GOOR, C. P. **Silvicultura em São Paulo**. v. 4, n. 415. 349-366p. 1966c.

ZOTTL, H. W., TSCHINKEL, H. **Nutrición y fertilización forestal una guia pratica**. Medellin. Universidad Nacional de Colômbia. Departamento de Recursos Forestales. 111p. 1971.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1

TABELA 1 - Crescimento em altura no Sítio I.

Árvore 1			Árvore 2			Árvore 3			Árvore 4			Média		
Idade*	Altura	Ia	Idade	Altura	Ia	Idade	Altura	Ia	Idade	Altura	Ia	Idade	Altura	Ia
anos	m	m	anos	m	m	anos	m	M	anos	m	m	anos	m	m
19	9,06	-	19	8,63	-	19	8,25	-	19	8,54	-	19	8,62	-
20	9,68	0,62	20	8,88	0,25	20	8,57	0,32	20	8,96	0,42	20	9,02	0,40
21	10,09	0,41	21	9,27	0,39	21	8,99	0,42	21	9,25	0,29	21	9,40	0,38
22	10,21	0,12	22	9,37	0,10	22	9,30	0,31	22	9,60	0,35	22	9,62	0,22
23	10,31	0,10	23	9,55	0,18	23	9,62	0,32	23	9,78	0,18	23	9,81	0,19
24	10,48	0,17	24	9,87	0,32	24	9,94	0,32	24	10,02	0,24	24	10,08	0,26
25	10,55	0,07	25	10,23	0,36	25	10,29	0,35	25	10,24	0,22	25	10,33	0,25
26	10,81	0,26	26	10,85	0,62	26	10,59	0,30	26	10,76	0,52	26	10,75	0,42
27	10,94	0,13	27	11,72	0,87	27	10,79	0,20	27	11,54	0,78	27	11,25	0,49
28	11,19	0,25	28	12,18	0,46	28	10,99	0,20	28	12,14	0,60	28	11,62	0,38
29	11,83	0,64	29	12,78	0,60	29	11,08	0,09	29	12,73	0,57	29	12,10	0,47

Onde: * = refere-se ao mês de junho de 1977; Ia = incremento anual.

TABELA 2 - Crescimento em altura no Sítio II.

Árvore 1			Árvore 2			Árvore 3			Árvore 4			Média		
Idade*	Altura	Ia	Idade	Altura	Ia	Idade	Altura	Ia	Idade	Altura	Ia	Idade	Altura	Ia
anos	m	m	anos	m	m	anos	m	M	anos	m	m	anos	m	m
19	9,51	-	19	9,55	-	19	9,05	-	19	9,60	-	19	9,43	-
20	9,86	0,35	20	9,75	0,20	20	9,81	0,76	20	10,23	0,63	20	9,91	0,48
21	10,27	0,41	21	9,95	0,20	21	10,44	0,63	21	10,38	0,15	21	10,26	0,35
22	10,52	0,25	22	10,15	0,20	22	10,70	0,26	22	10,54	0,16	22	10,48	0,22
23	10,72	0,20	23	10,55	0,40	23	10,77	0,07	23	10,74	0,20	23	10,69	0,22
24	11,29	0,57	24	11,31	0,76	24	11,16	0,39	24	11,02	0,28	24	11,19	0,50
25	11,87	0,58	25	12,06	0,75	25	11,39	0,23	25	11,75	0,73	25	11,77	0,57
26	12,55	0,68	26	12,82	0,76	26	11,69	0,30	26	12,75	1,00	26	12,38	0,68
27	13,20	0,65	27	13,32	0,50	27	11,92	0,23	27	13,10	0,35	27	12,88	0,43
28	13,40	0,20	28	13,68	0,56	28	12,11	0,19	28	13,46	0,36	28	13,21	0,33
29	13,76	0,36	29	14,48	0,60	29	13,11	1,00	29	13,75	0,29	29	13,77	0,56

Onde: * = refere-se ao mês de junho de 1977; Ia = incremento anual.

TABELA 3 - Crescimento em altura no Sítio III.

Árvore 1			Árvore 2			Árvore 3			Árvore 4			Média		
Idade anos	Altura m	Ia m	Idade anos	Altura m	Ia m	Idade anos	Altura m	Ia M	Idade anos	Altura m	Ia m	Idade anos	Altura m	Ia m
19	11,31	-	19	11,68	-	19	11,16	-	19	11,75	-	19	11,47	-
20	12,00	0,69	20	12,54	0,86	20	11,97	0,31	20	12,40	0,65	20	12,23	0,75
21	12,89	0,89	21	13,40	0,86	21	12,74	0,77	21	13,04	0,64	21	13,02	0,79
22	13,51	0,62	22	14,10	0,70	22	12,43	0,69	22	13,70	0,66	22	13,68	0,67
23	13,76	0,25	23	14,18	0,08	23	13,74	0,31	23	13,90	0,20	23	13,89	0,12
24	14,02	0,26	24	14,49	0,31	24	14,27	0,53	24	14,25	0,35	24	14,26	0,36
25	14,22	0,20	25	15,21	0,72	25	14,81	0,54	25	14,76	0,51	25	14,75	0,49
26	14,75	0,53	26	15,92	0,71	26	15,45	0,64	26	15,42	0,66	26	15,38	0,63
27	15,53	0,78	27	16,51	0,59	27	16,11	0,66	27	16,11	0,69	27	16,06	0,68
28	16,07	0,54	28	16,81	0,30	28	16,58	0,47	28	16,49	0,38	28	16,49	0,42
29	16,84	0,77	29	17,19	0,38	29	16,89	0,31	29	17,06	0,57	29	16,99	0,51

Onde: * = refere-se ao mês de junho de 1977; Ia = incremento anual.

TABELA 4 - Crescimento em altura no Sítio IV.

Árvore 1			Árvore 2			Árvore 3			Árvore 4			Média		
Idade anos	Altura m	Ia m	Idade anos	Altura m	Ia m	Idade anos	Altura m	Ia M	Idade anos	Altura m	Ia m	Idade anos	Altura m	Ia m
19	5,79	-	19	6,10	-	19	6,03	-	19	6,21	-	19	6,03	-
20	6,19	0,40	20	6,38	0,28	20	6,25	0,22	20	6,53	0,32	20	6,34	0,30
21	6,63	0,44	21	6,61	0,23	21	6,46	0,21	21	6,98	0,45	21	7,67	0,33
22	6,76	0,13	22	6,73	0,12	22	6,65	0,19	22	7,26	0,28	22	6,85	0,18
23	6,92	0,16	23	6,96	0,23	23	6,82	0,17	23	7,47	0,21	23	7,04	0,19
24	7,13	0,21	24	7,01	0,05	24	7,11	0,29	24	7,76	0,29	24	7,25	0,21
25	7,39	0,26	25	7,10	0,09	25	7,40	0,29	25	8,14	0,38	25	7,51	0,25
26	7,61	0,22	26	7,32	0,22	26	7,48	0,08	26	8,61	0,47	26	7,75	0,25
27	8,12	0,51	27	7,36	0,04	27	7,75	0,27	27	9,08	0,47	27	8,06	0,32
28	8,51	0,39	28	7,42	0,06	28	0,91	0,16	28	9,52	0,44	28	8,34	0,26
29	8,95	0,44	29	7,83	0,41	29	8,32	0,41	29	9,94	0,12	29	8,76	0,42

Onde: * = refere-se ao mês de junho de 1977; Ia = incremento anual.

TABELA 5 - Incrementos periódicos anuais dos últimos dez anos nos quatro sítios.

Sítio I				
Árvore 1 cm	Árvore 2 cm	Árvore 3 Cm	Árvore 4 cm	Média cm
27,7	41,4	28,3	41,6	34,7
23,9	43,3	27,8	41,6	34,1
21,7	43,9	26,0	43,1	33,7
23,1	48,7	25,4	44,3	35,4
25,4	53,7	24,3	48,8	38,0
27,0	58,2	22,8	53,6	40,4
32,0	63,5	19,7	61,6	44,2
34,0	64,3	16,1	64,9	44,8
44,5	52,8	14,5	58,2	42,5
64,0	59,5	9,0	56,9	47,3
Sítio II				
42,4	49,2	40,6	41,5	43,4
43,3	52,5	36,6	39,0	42,8
43,6	56,5	33,3	42,0	43,8
46,2	61,8	34,4	45,7	47,0
50,6	65,4	38,9	50,1	51,2
49,8	63,3	38,9	54,5	51,6
47,1	60,3	43,0	50,0	50,1
40,3	55,3	47,3	34,8	44,4
27,5	58,0	59,5	32,5	44,4
36,0	60,0	99,5	29,0	56,1
Sítio III				
55,2	55,0	57,2	53,0	55,1
53,7	51,6	54,6	51,7	52,9
49,3	47,3	51,8	50,2	49,6
47,5	44,0	49,3	47,9	47,8
51,3	50,0	52,4	52,6	51,6
56,3	54,0	52,3	56,2	54,7
65,5	49,3	51,8	57,5	56,1
69,6	42,3	48,0	54,5	53,6
65,2	33,7	38,7	47,5	46,3
77,0	38,0	31,0	56,5	50,6
Sítio IV				
31,6	17,2	22,8	37,2	27,2
30,6	16,0	22,9	37,8	26,8
29,0	15,1	23,2	37,0	26,1
31,2	15,6	23,8	38,2	27,2
33,8	14,4	24,9	41,1	28,5
36,3	16,4	24,1	43,6	30,1
38,8	18,2	23,0	45,0	31,2
44,6	17,0	27,8	44,3	33,4
41,5	23,5	28,2	43,0	34,1
43,2	41,0	40,5	41,5	41,6

TABELA 6 - Resultados da análise química foliar (acículas com menos de um ano de idade) de quatro árvores dominantes com idade de 29 anos no Sítio I, localizado no talhão 53 da Floresta Nacional de Passo Fundo.

Árv.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	Zn	Cu	B	Cinza	Peso de 100 acículas
Vert.	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	g
1,1	1,26	0,125	1,64	0,48	0,22	56	360	64	16	4	21	3,9	3,453
1,2	1,31	0,135	1,30	0,56	0,22	60	570	81	16	6	17	4,0	2,526
1,3	3,22	0,126	1,32	0,52	0,25	61	510	80	24	4	14	3,7	2,410
1,4	1,26	0,120	1,27	0,59	0,23	61	490	92	22	6	14	3,7	2,888
1,5	1,28	0,124	1,21	0,64	0,26	66	530	96	22	4	13	3,5	2,484
1,6	1,30	0,124	1,20	0,76	0,27	61	550	88	17	9	11	3,6	2,116
1,7	1,30	0,125	1,20	0,75	0,29	66	580	93	17	6	15	3,8	2,040
1,8	1,36	0,131	0,83	1,02	0,30	89	840	114	21	6	15	3,7	1,617
2,1	1,24	0,127	1,47	0,59	0,19	51	200	70	15	4	-	-	2,365
2,2	1,34	0,157	1,67	0,72	0,22	89	250	90	15	4	22	4,1	2,337
2,3	1,40	0,162	1,78	0,60	0,22	93	260	102	22	6	16	4,2	2,190
2,4	1,31	0,147	1,65	0,59	0,22	66	270	90	29	6	15	4,2	1,800
2,5	1,27	0,152	1,67	0,59	0,21	71	250	75	17	4	15	4,1	1,622
2,6	1,32	0,150	1,45	0,60	0,23	56	270	68	22	4	17	4,2	1,830
2,7	1,31	0,143	1,46	0,66	0,22	65	280	59	23	4	15	4,0	1,410
2,8	1,22	0,130	1,26	0,75	0,23	61	310	67	22	4	15	3,8	1,167
3,1	1,36	0,147	1,43	0,77	0,26	75	440	45	21	4	23	4,3	2,798
3,2	1,37	0,145	1,44	0,63	0,22	75	390	77	21	4	20	4,2	2,004
3,3	1,40	0,134	1,25	0,70	0,21	111	420	102	21	4	20	3,8	2,295
3,4	1,51	0,136	1,20	0,68	0,20	66	420	72	25	4	9	4,0	2,057
3,5	1,35	0,137	1,29	0,72	0,22	56	430	67	29	6	19	4,3	1,806
3,6	1,47	0,155	1,26	0,88	0,26	76	520	95	29	6	21	4,6	1,397
3,7	1,40	0,137	0,88	1,13	0,31	75	840	96	41	6	-	-	1,609
3,8	1,52	0,153	1,22	0,93	0,29	46	580	52	29	6	5	4,8	1,620
4,1	1,40	0,135	1,24	0,44	0,25	71	430	79	24	6	37	3,9	2,158
4,2	1,43	0,147	1,15	0,51	0,19	70	380	86	42	4	29	3,6	1,715
4,3	1,51	0,144	1,12	0,68	0,21	65	390	56	24	6	27	3,6	2,189
4,4	1,49	0,144	1,04	0,86	0,28	55	420	65	40	6	25	3,6	1,924
4,5	1,43	0,136	1,09	0,60	0,22	44	350	60	29	6	24	3,6	2,242
4,6	1,53	0,144	1,11	0,76	0,26	49	430	58	33	6	24	3,8	2,142
4,7	1,38	0,234	0,86	1,10	0,26	92	620	123	42	6	24	3,6	1,751

TABELA 7 - Resultados da análise química foliar (acículas com menos de um ano de idade) de quatro árvores dominantes com idade de 29 anos no Sítio II, localizado no talhão 53 da Floresta Nacional de Passo Fundo.

Árv.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	Zn	Cu	B	Cinza	Peso de 100 acículas
Vert.	%	%	%	%	%	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	%	g
1,1	1,51	0,125	1,20	0,68	0,24	55	530	56	36	6	21	3,9	2,133
1,2	1,53	0,126	1,02	0,83	0,27	65	660	70	29	6	15	3,5	2,099
1,3	1,54	0,134	1,06	0,97	0,28	60	700	67	26	6	17	3,6	2,152
1,4	1,51	0,134	1,11	0,75	0,28	59	620	55	23	6	16	3,7	2,078
1,5	1,51	0,134	1,15	0,85	0,29	60	670	60	27	6	16	4,0	1,880
1,6	1,52	0,144	1,15	0,93	0,28	60	590	59	26	4	169	3,9	1,684
1,7	1,54	0,145	1,15	0,90	0,32	60	680	58	29	6	13	4,2	1,549
1,8	1,56	0,151	1,14	1,11	0,33	65	740	65	31	6	16	4,2	1,731
2,2	1,52	0,136	1,13	0,78	0,22	55	440	58	25	6	16	3,6	2,186
2,3	1,54	0,144	1,15	0,77	0,21	60	440	64	21	6	15	3,6	1,894
2,4	1,33	0,121	1,07	0,86	0,21	55	480	64	27	6	14	3,4	1,683
2,5	1,44	0,137	1,17	0,80	0,22	65	430	65	21	6	15	4,1	1,849
2,6	1,52	0,145	1,17	0,92	0,27	65	590	70	30	9	13	4,2	1,587
2,7	1,39	0,131	1,04	0,91	0,25	55	55	50	22	4	13	4,1	1,669
2,8	1,50	0,144	1,01	1,17	0,29	60	430	63	30	6	13	4,0	1,592
3,1	1,86	0,153	1,43	0,55	0,17	49	190	48	21	6	25	3,4	2,382
3,2	1,70	0,137	1,15	0,81	0,23	49	380	45	25	4	24	3,4	2,591
3,3	1,66	0,137	0,99	0,83	0,23	55	420	53	24	6	19	3,3	2,131
3,4	1,65	0,145	1,06	0,61	0,25	60	410	50	24	4	19	3,2	1,680
3,5	1,70	0,153	1,05	0,72	0,23	60	380	56	22	6	16	3,1	1,797
3,6	1,72	0,151	1,00	0,87	0,24	60	440	48	21	6	15	3,1	1,894
3,7	1,66	0,145	1,03	0,82	0,24	49	490	49	19	6	16	3,4	2,063
3,8	1,58	0,156	0,96	0,84	0,24	58	450	55	20	6	16	3,4	2,137
4,1	1,36	0,144	1,27	0,37	0,15	38	130	49	11	6	27	-	-
4,2	1,31	0,136	1,19	0,43	0,16	55	140	62	11	4	47	2,8	3,599
4,3	1,46	0,154	1,08	0,73	0,24	41	380	51	15	6	33	3,6	2,147
4,4	1,38	0,137	0,97	0,65	0,21	45	360	58	16	6	28	3,0	2,119
4,5	1,53	0,144	1,09	0,71	0,22	41	420	56	16	6	27	3,4	1,868
4,6	1,50	0,137	1,05	0,78	0,25	38	460	53	27	6	25	3,5	2,291
4,7	1,59	0,147	1,02	0,88	0,27	41	440	50	15	6	22	3,7	1,856
4,8	1,55	0,144	1,06	0,89	0,27	38	400	55	17	6	21	3,9	2,109

TABELA 8 - Resultados da análise química foliar (acículas com menos de um ano de idade) de quatro árvores dominantes com idade de 29 anos no Sítio III, localizado no talhão 53 da Floresta Nacional de Passo Fundo.

Árv.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	Zn	Cu	B	Cinza	Peso de 100 acículas
Vert.	%	%	%	%	%	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	%	g
1,1	1,92	0,144	1,24	0,43	0,19	61	210	65	16	6	27	3,1	2,460
1,2	1,87	0,160	1,23	0,45	0,22	45	270	65	20	9	27	3,2	2,025
1,3	1,85	0,156	1,12	0,50	0,21	53	290	64	22	6	23	3,0	2,882
1,4	1,75	0,144	1,01	0,54	0,20	45	290	62	20	6	23	3,1	2,373
1,5	1,71	0,152	1,07	0,69	0,24	41	320	62	18	6	28	3,4	1,657
1,6	1,72	0,151	1,04	0,65	0,25	41	300	59	16	6	18	3,4	1,599
1,7	1,80	0,166	1,13	0,69	0,29	38	350	54	20	6	15	3,7	1,250
1,8	1,99	0,184	1,21	0,75	0,31	38	370	43	21	6	12	4,0	1,435
2,1	1,52	0,130	1,23	0,38	0,12	43	170	35	21	6	-	-	1,506
2,2	1,66	0,143	0,92	0,71	0,24	54	390	49	22	4	21	3,2	1,737
2,3	1,62	0,137	0,86	0,72	0,22	55	380	59	17	6	19	3,1	1,385
2,4	1,53	0,136	0,85	0,68	0,22	55	360	59	17	6	18	2,9	1,264
2,5	1,62	0,151	0,93	0,75	0,26	55	420	60	19	6	20	3,3	1,261
2,6	1,60	0,153	1,04	0,66	0,26	47	340	46	19	6	16	3,5	1,393
2,7	1,67	0,165	0,98	0,85	0,31	51	450	65	19	6	14	3,6	1,294
2,8	1,55	0,167	1,07	0,69	0,28	59	400	77	21	6	18	3,5	1,444
3,1	1,72	0,130	1,12	0,46	0,21	59	340	58	21	6	42	-	3,329
3,2	1,66	0,124	1,01	0,49	0,24	63	380	58	20	6	23	3,0	2,431
3,3	1,76	0,145	1,07	0,48	0,22	67	390	60	24	6	23	3,1	2,207
3,4	1,63	0,136	1,08	0,56	0,24	60	370	53	25	6	28	3,1	1,777
3,5	1,75	0,144	1,08	0,60	0,27	61	430	60	20	6	23	3,3	1,619
3,6	1,68	0,130	0,98	0,65	0,29	56	480	54	40	6	18	3,2	1,682
3,7	1,67	0,144	1,07	0,65	0,81	60	430	52	19	6	20	3,2	1,720
3,8	1,67	0,136	0,96	0,72	0,31	60	470	60	19	6	19	3,2	1,516
4,1	1,40	0,140	1,13	0,44	0,18	73	190	54	25	6	26	-	1,625
4,2	1,60	0,170	1,07	0,50	0,21	65	260	65	20	6	20	3,0	1,642
4,3	1,63	0,154	0,86	0,68	0,26	75	310	67	16	6	18	3,0	1,145
4,4	1,65	0,172	1,04	0,52	0,21	65	260	60	15	6	21	3,0	1,317
4,5	1,60	0,163	0,92	0,67	0,27	73	330	62	35	6	19	3,1	1,050
4,6	1,84	0,144	0,86	0,51	0,25	56	280	46	19	4	16	2,8	1,172
4,7	1,67	0,180	1,12	0,66	0,29	52	330	40	20	6	14	3,4	1,067
4,8	1,51	0,169	1,07	0,63	0,27	56	310	57	17	6	14	3,4	1,023

TABELA 9 - Resultados da análise química foliar (acículas com menos de um ano de idade) de quatro árvores dominantes com idade de 29 anos no Sítio IV, localizado no talhão 53 da Floresta Nacional de Passo Fundo.

Árv.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	Zn	Cu	B	Cinza	Peso de 100 acículas
Vert.	%	%	%	%	%	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	%	g
1,1	1,40	0,119	1,33	0,82	0,22	49	420	60	24	4	16	4,1	2,476
1,2	1,37	0,120	1,34	0,85	0,23	49	450	54	24	6	13	4,1	2,095
1,3	1,44	0,113	1,32	0,96	0,26	48	490	58	22	6	11	4,2	2,223
1,4	1,46	0,125	1,21	0,99	0,29	56	530	55	24	4	10	4,0	1,762
1,5	1,43	0,134	1,10	1,13	0,30	52	500	61	21	6	11	4,1	1,845
1,6	1,12	0,100	0,62	1,19	0,28	89	790	123	31	4	10	3,7	1,836
2,1	1,47	0,140	1,67	0,71	0,23	53	620	50	24	6	14	4,5	2,053
2,2	1,53	0,124	1,51	0,83	0,25	53	640	55	21	6	11	4,4	1,917
2,3	1,50	0,114	1,39	0,83	0,24	57	540	56	20	4	9	4,4	2,227
2,4	1,53	0,126	1,34	0,93	0,23	69	590	70	22	4	14	4,3	1,684
2,5	1,48	0,137	1,25	0,86	0,27	69	650	80	22	6	18	4,1	1,302
2,6	1,36	0,110	0,86	1,58	0,29	89	1150	115	40	4	18	-	1,487
2,7	1,22	0,105	0,75	1,63	0,29	93	1290	131	46	4	20	-	1,149
3,1	1,29	0,144	1,47	0,52	0,19	49	260	54	16	4	12	3,7	1,830
3,2	1,47	0,136	1,55	0,47	0,19	49	240	55	17	4	12	3,7	2,028
3,3	1,43	0,147	1,70	0,52	0,20	49	260	41	20	4	14	4,0	1,366
3,4	1,43	0,137	1,49	0,61	0,21	53	280	56	20	4	15	3,9	1,780
3,5	1,42	0,131	1,35	0,80	0,22	57	340	59	24	4	18	3,8	1,374
3,6	2,24	0,126	1,37	0,59	0,19	52	270	53	18	6	14	3,5	1,269
4,1	1,62	0,195	1,60	0,89	0,26	61	680	48	26	6	22	4,0	2,235
4,2	1,60	0,163	1,46	0,68	0,25	69	750	63	25	6	16	4,3	1,719
4,3	1,53	0,153	1,47	0,74	0,26	53	710	50	25	6	16	4,3	1,764
4,4	1,44	0,143	1,34	0,74	0,25	53	750	60	25	6	26	4,3	1,628
4,5	1,33	0,132	1,02	0,81	0,24	64	860	72	25	6	15	3,6	2,005
4,6	0,81	0,137	0,18	0,95	0,27	57	930	62	22	4	13	3,8	1,845

ANEXO 2

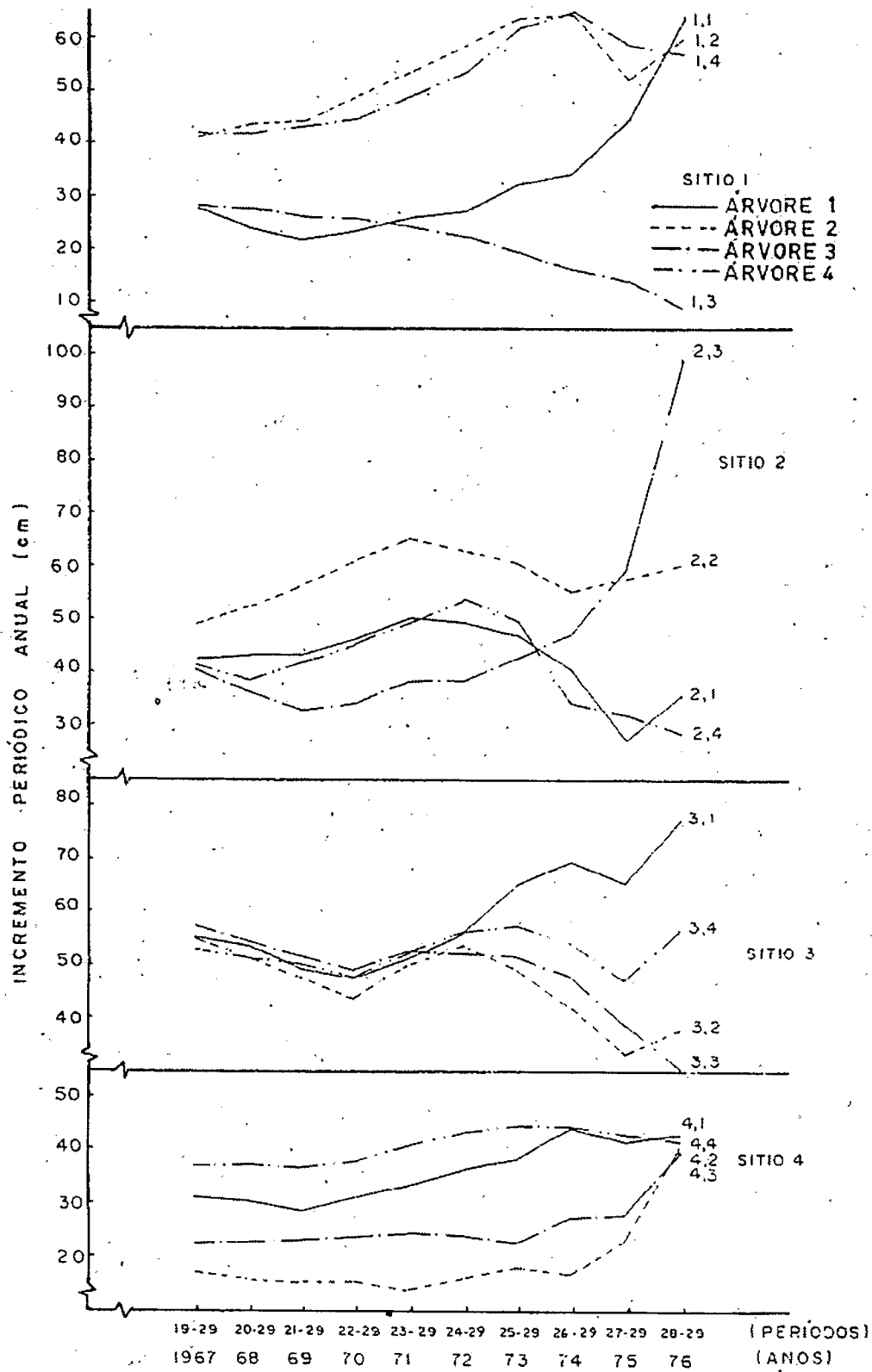


Figura 1 – Visualização do incremento periódico anual, das idades de 19 a 29 anos na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS.

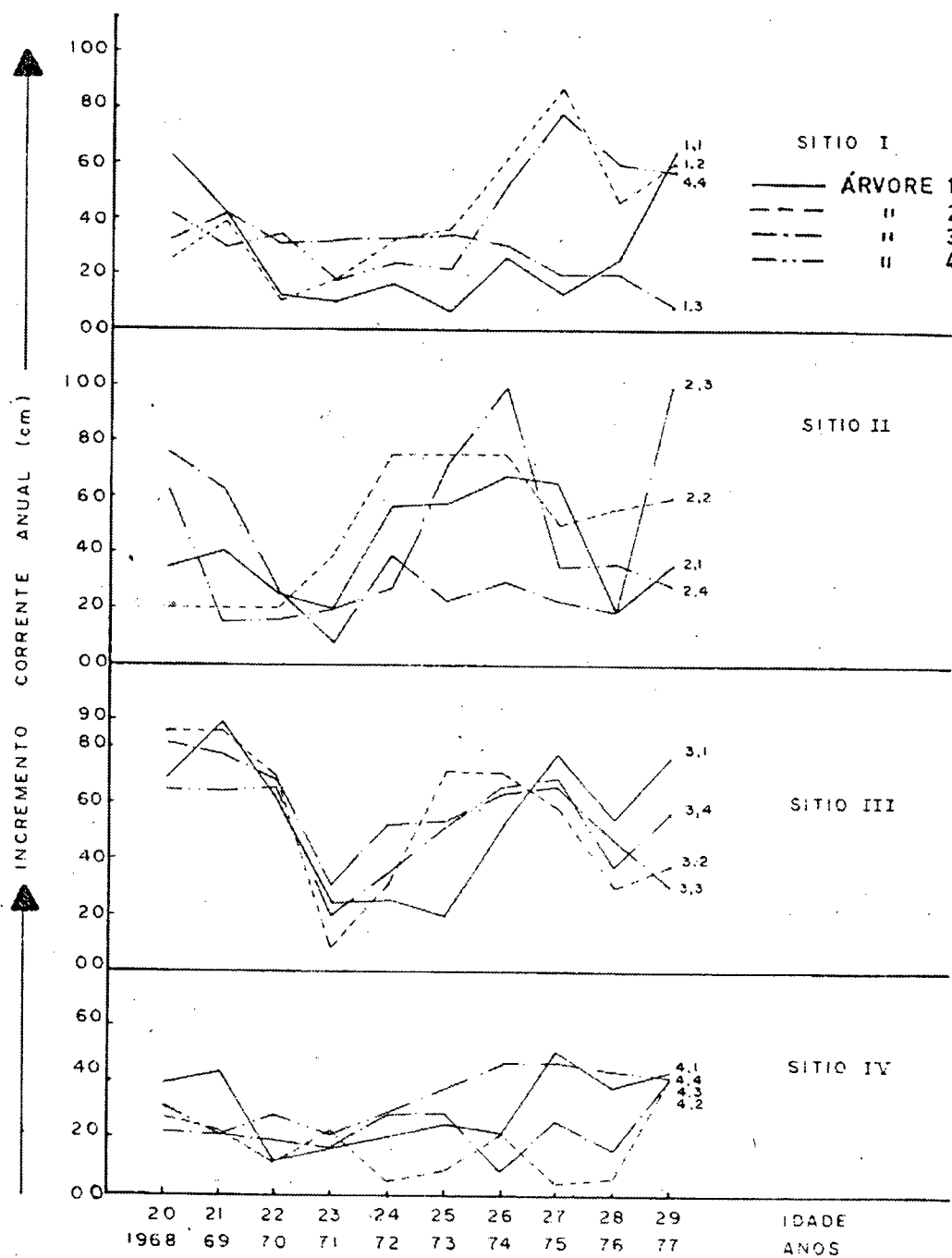


Figura 2 – Visualização do incremento corrente anual das idades de 19 a 29 anos na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS.

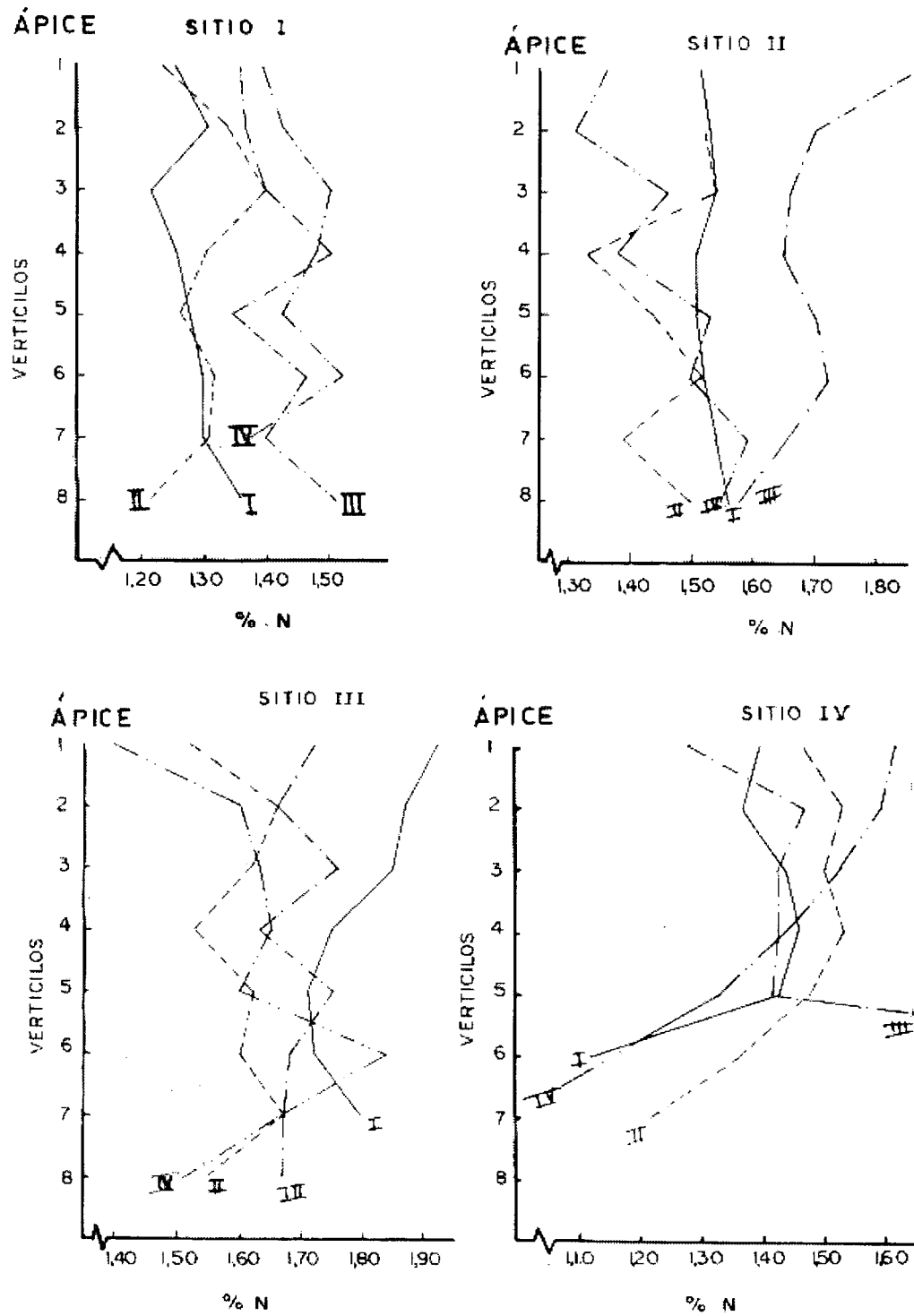


Figura 3 – Distribuição do N na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).

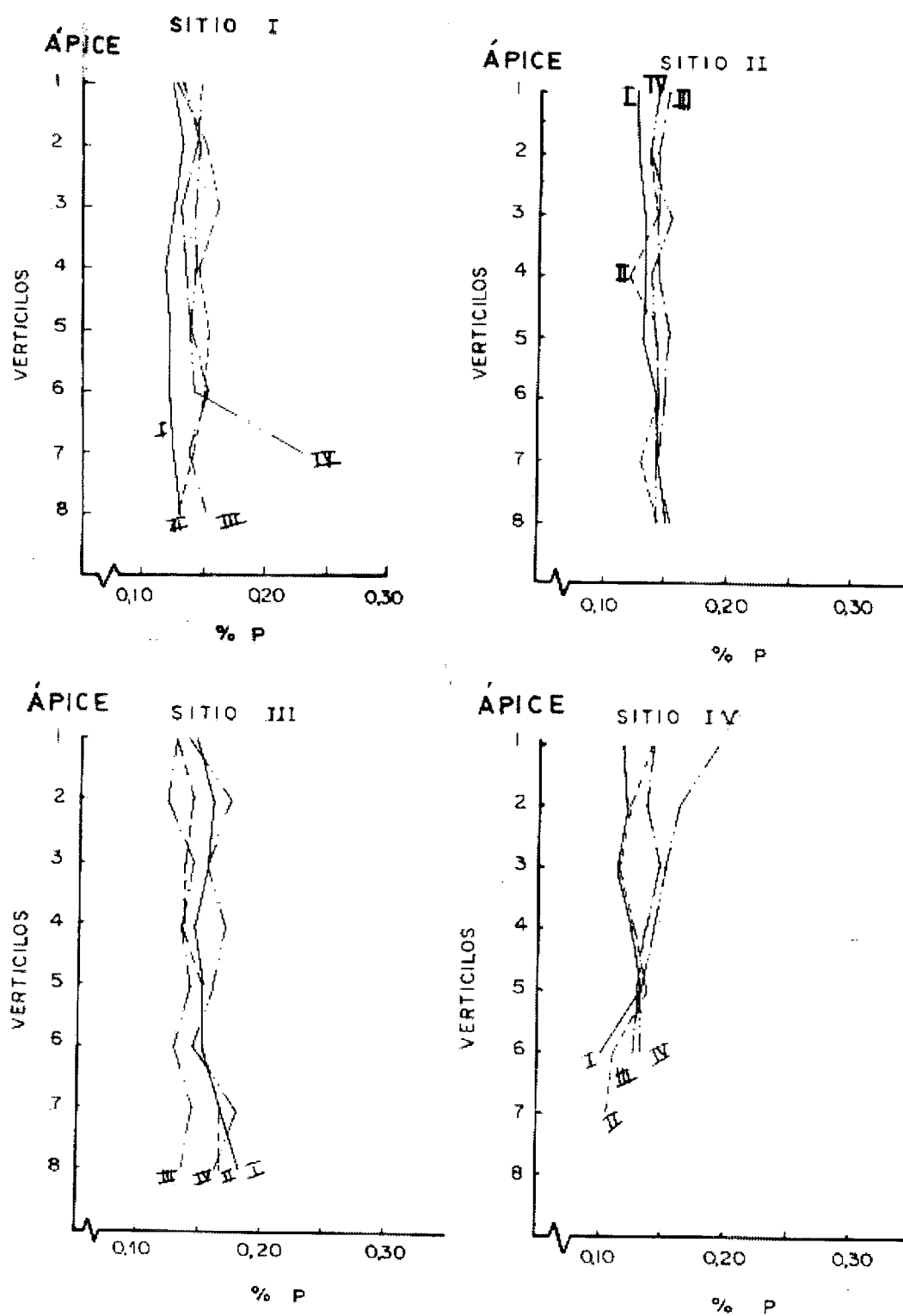


Figura 4 – Distribuição do P na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).

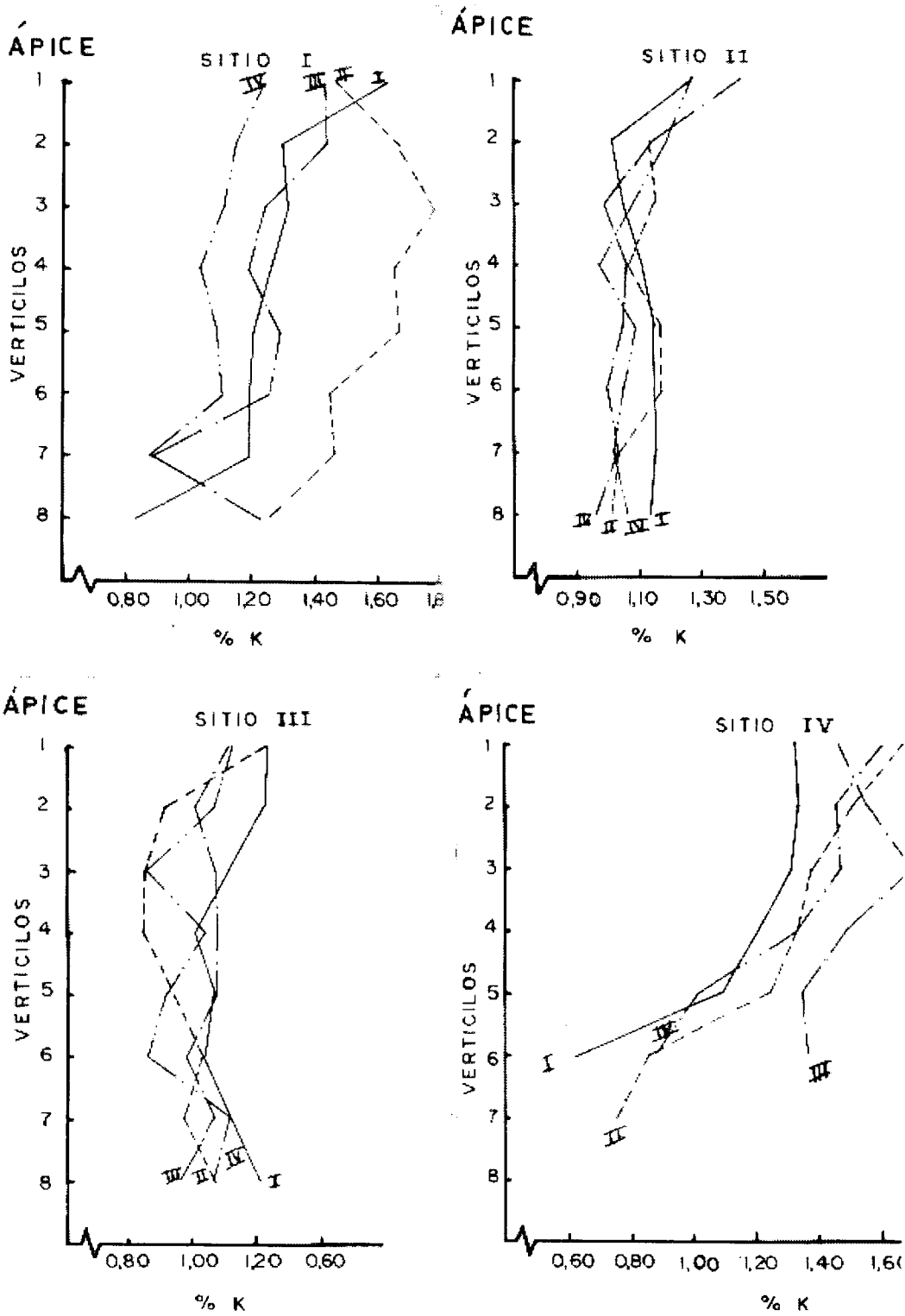


Figura 5 – Distribuição do K na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).

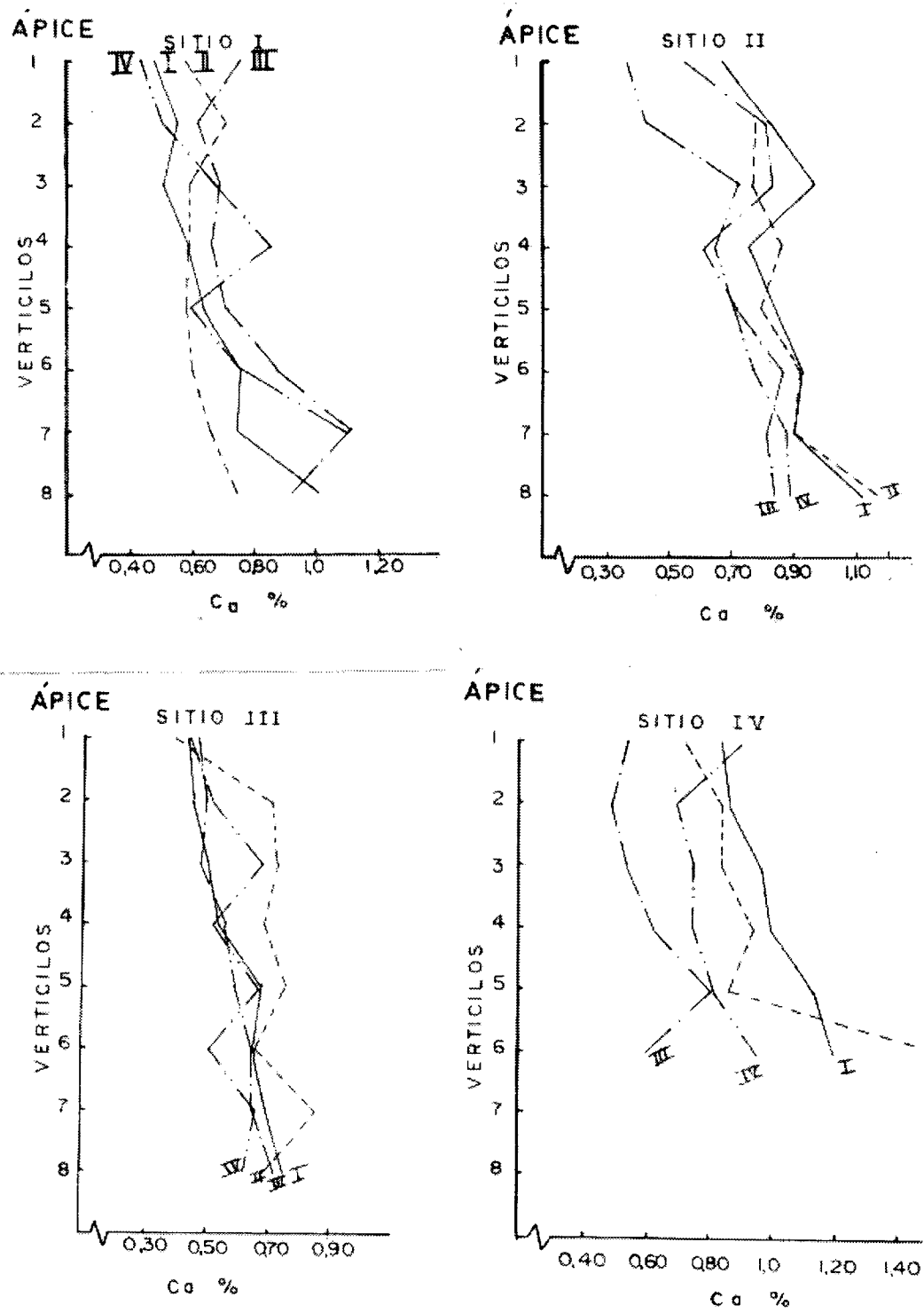


Figura 6 – Distribuição do Ca na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).

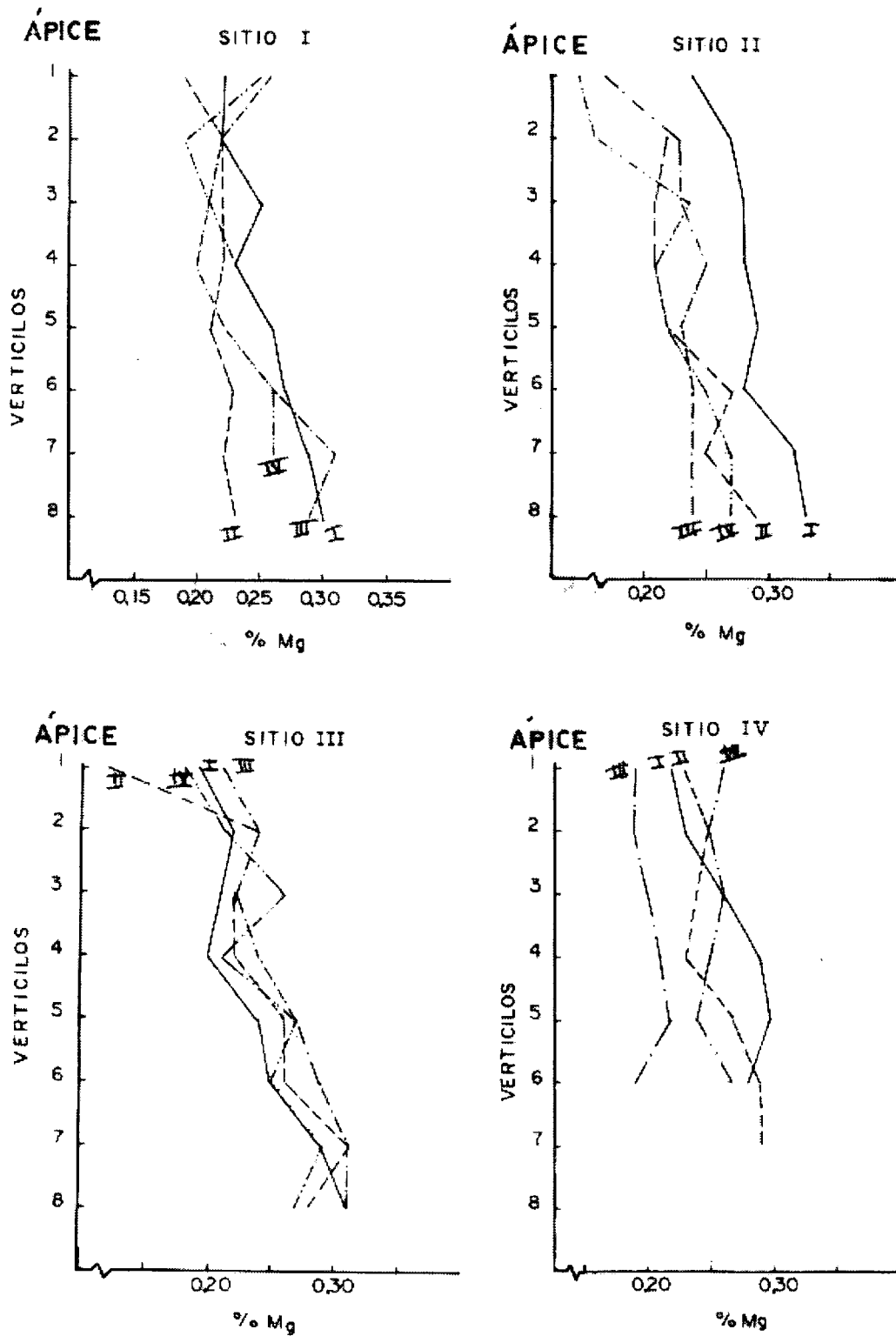


Figura 7 – Distribuição do Mg na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).

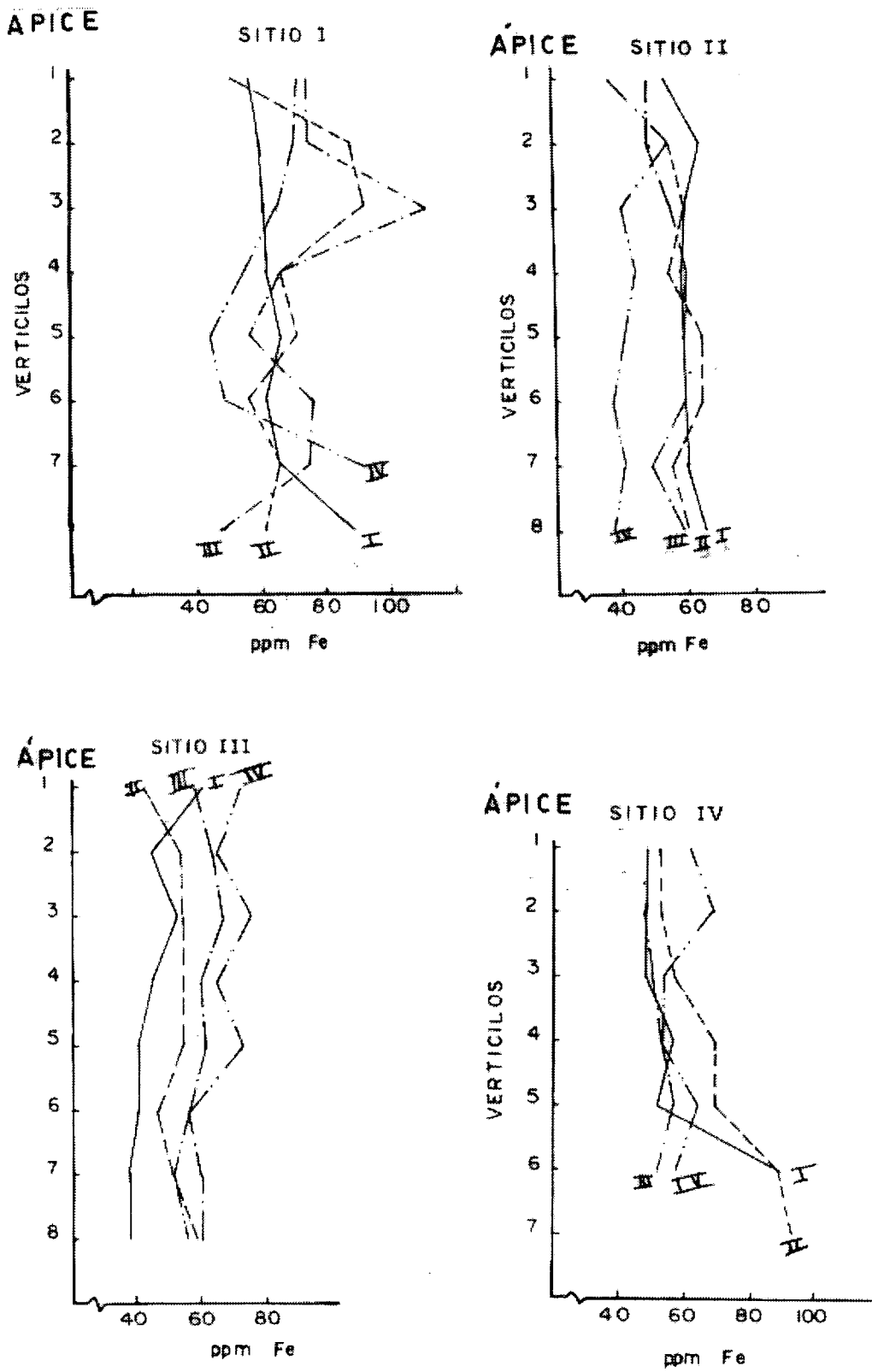


Figura 8 – Distribuição do Fe na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).

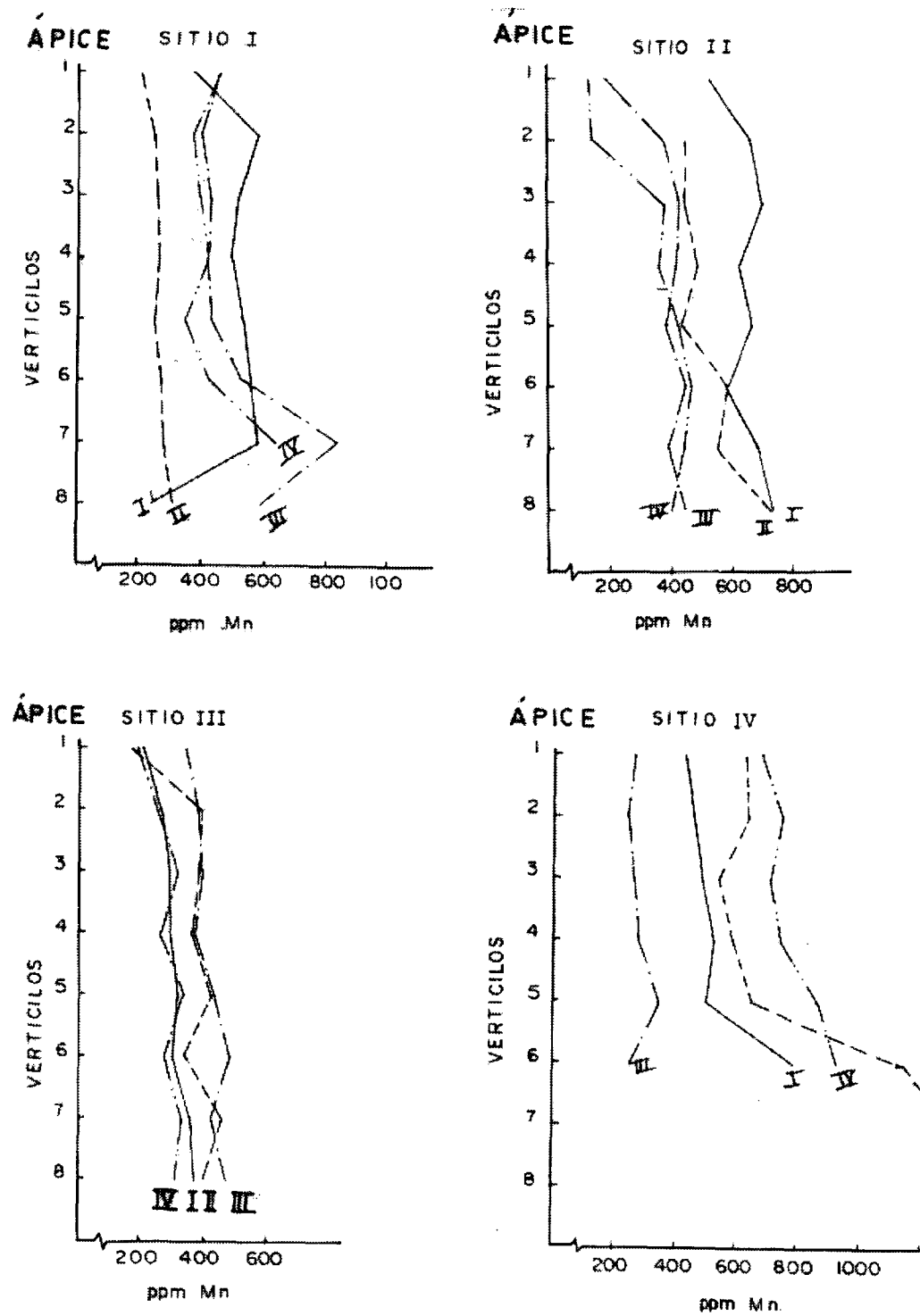


Figura 9 – Distribuição do Mn na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).

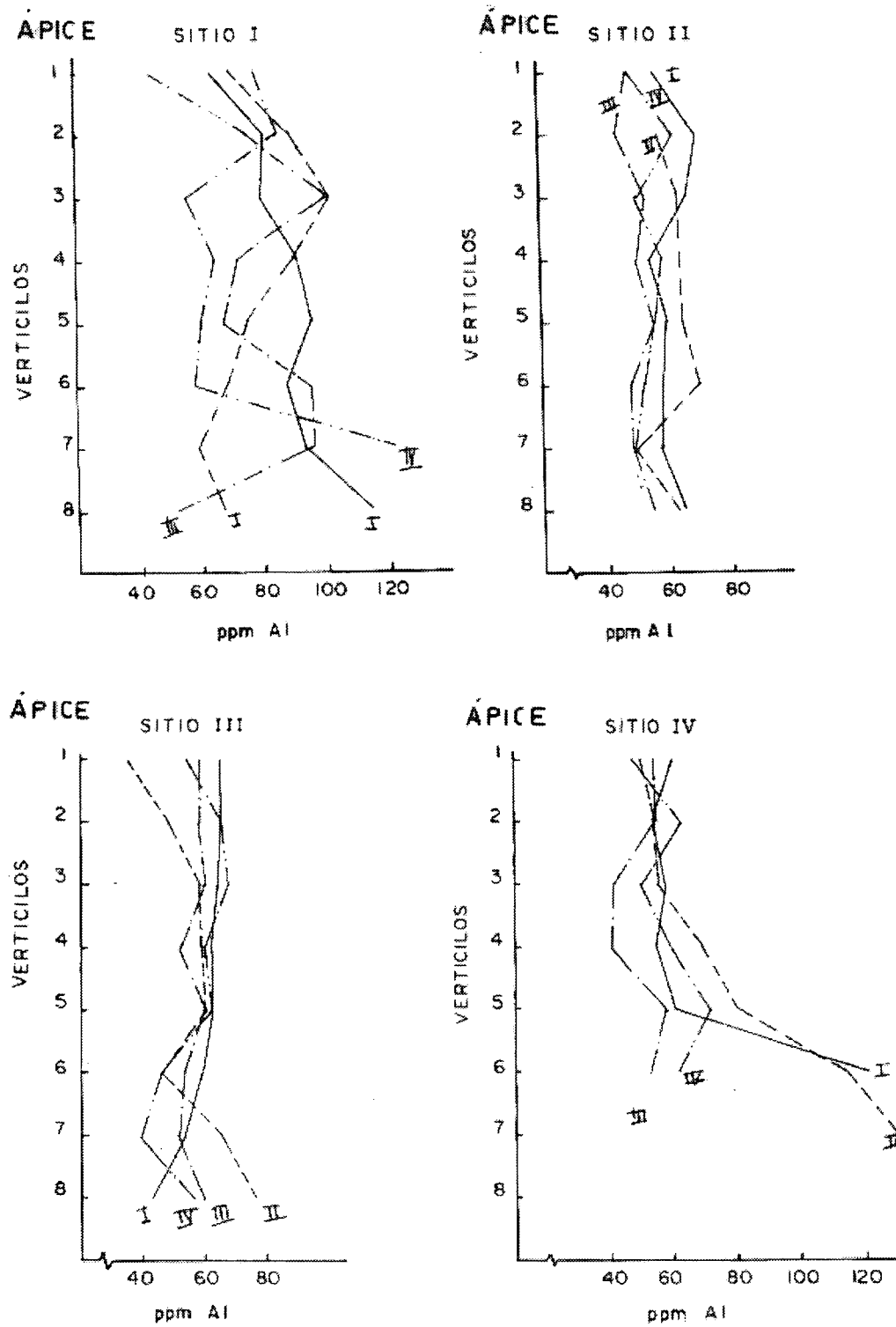


Figura 10 – Distribuição do Al na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).

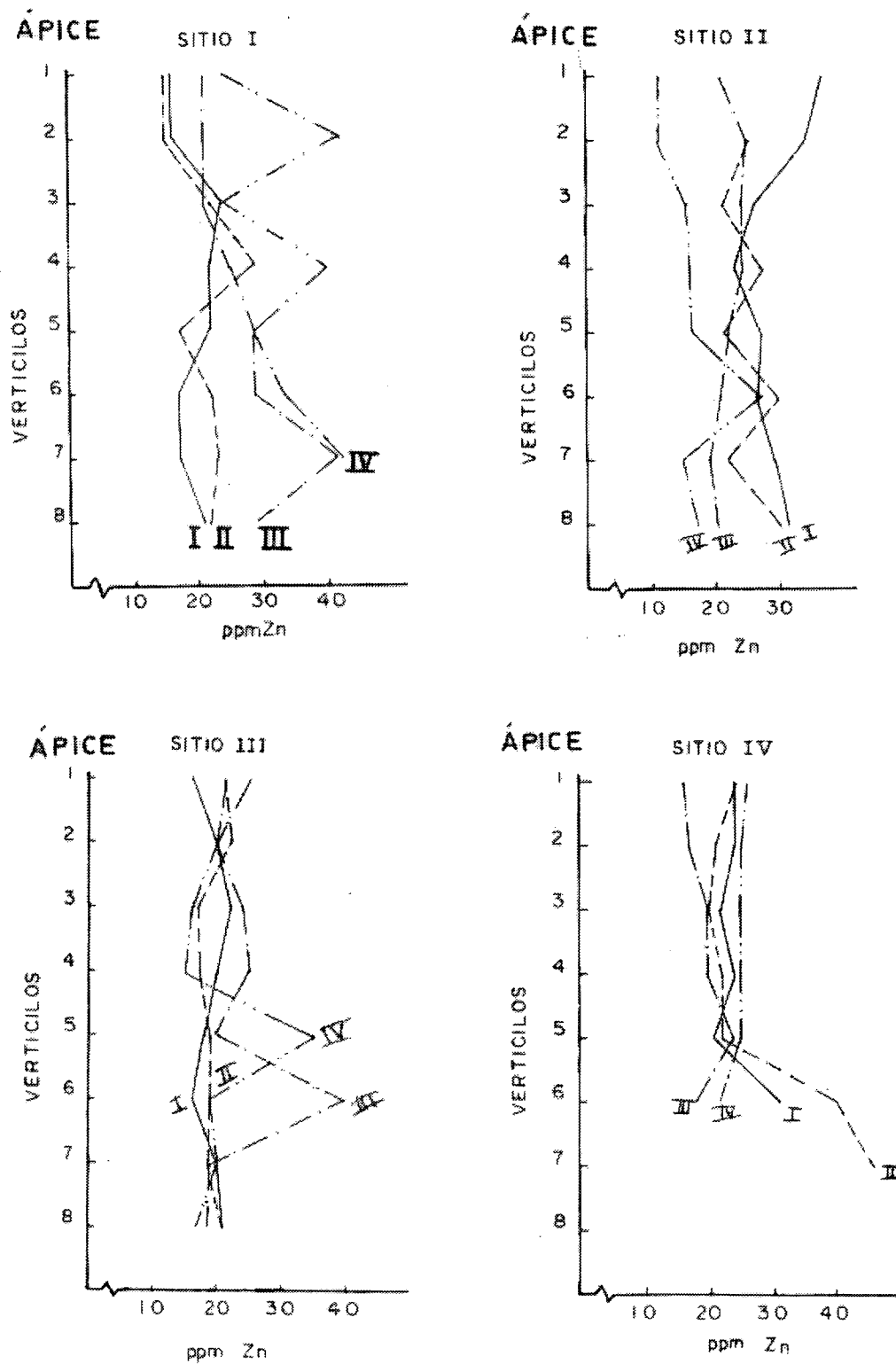


Figura 11 – Distribuição do Zn na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).

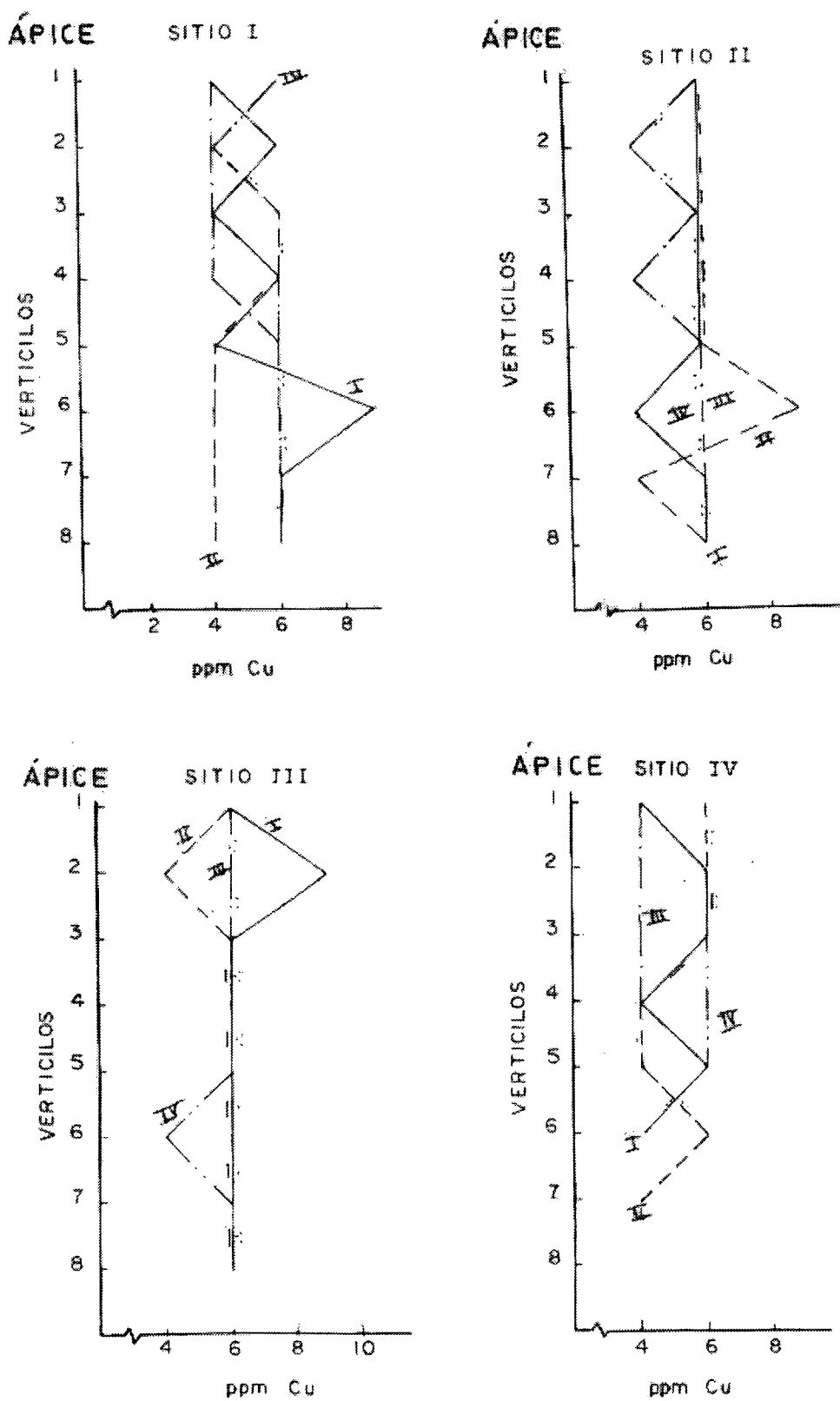


Figura 12 – Distribuição do Cu na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).

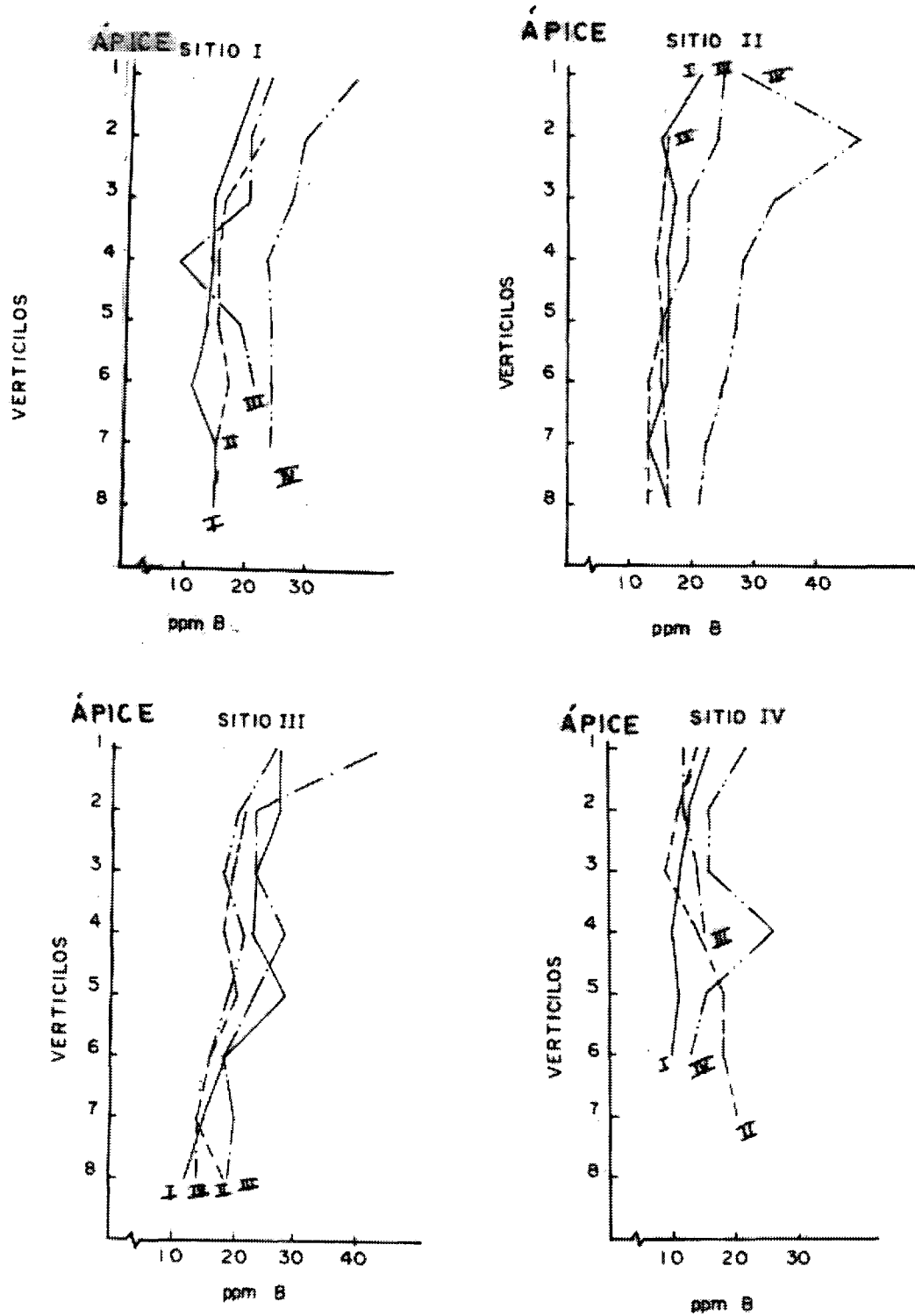


Figura 13 – Distribuição do B na copa das árvores nos quatro sítios (valores individuais).