EFEITO DE FATORES DO SOLO E DE GENÓTIPOS NO CRESCIMENTO,
NUTRIÇÃO E ATIVIDADE DA FOSFATASE ÁCIDA EM CLONES
DE *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN

SILVIA CRISTINA VETTORAZZO
Bióloga

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO NATAL GONÇALVES

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: "Solos e Nutrição de Plantas".

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1989

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Vettorazzo, Silvia Cristina

V592e Efeito de fatores do solo e de genótipos no crescimento, nutrição e atividade da fosfatase ácida em clones de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden. Piracicaba, 1989.

115p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Clone de eucalipto 2. Eucalipto - Atividade enzimica 3. Eucalipto - Crescimento 4. Eucalipto - Efeito do solo 5. Eucalipto - Interação genótipo-ambiente 6. Eucalipto - Nutrição 7. Fosfatase ácida em eucalipto I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 634.9734

EFEITO DE FATORES DO SOLO E DE GENÓTIPOS NO CRESCIMENTO,
NUTRIÇÃO E ATIVIDADE DA FOSFATASE ÁCIDA EM CLONES
DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

Silvia Cristina Vettorello

Aprovada em: 26/01/1990

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Paulo Yoshio Kageyama	Departamento de Ciências Florestais - ESALQ/USP
Prof. Dr. Antonio Natal Gonçalves	Departamento de Ciências Florestais - ESALQ/USP
Prof. Dr. Antonio Roque Dechen	Departamento de Química ESALQ/USP

Prof. Dr. Antonio Natal Gonçalves
Orientador

A ADAIL e NELITA

meus pais,
com muito amor.

A CARMEN, REGINA, LENA, RIA e TÔIA

minhas irmãs,
pelo apoio em todos momentos.

AGRADECIMENTOS

A ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ", pela oportunidade para a realização deste curso.

A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, pela oportunidade concedida.

A COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE NÍVEL SUPERIOR-CAPEES, pela concessão da bolsa de estudos.

A DURATEX FLORESTAL S.A., pelo suporte financeiro para execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. ANTONIO NATAL GONÇALVES, a quem devo a orientação deste trabalho, e particularmente, pela confiança e amizade que me ofereceu.

Ao Prof. Dr. OTTO JESU CROCOMO, pela utilização de equipamentos do seu laboratório.

Ao Prof. Dr. QUIRINO A. DE CAMARGO CARMELLO, pelas análises químicas de plantas e de solos.

Ao Dr. MURILO DE MELLO, pelas sugestões na análise enzimática e, disposição com que sempre me recebeu.

Aos Docentes dos Departamentos de Química e de Solos, pelos ensinamentos recebidos.

Ao Prof. Dr. PAULO YOSHIO KAGEYAMA, pelas sugestões nas análises estatísticas dos dados.

Aos colegas VANDA, DIVA, FERNANDO, NORIMAR, DE NARDIN, CLAUDIMIR, CHALITA, FERNANDA e MIRIAN, pela amizade e companheirismo.

Ao MILTON, pela força que me deu na redação deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE QUADROS	xii
RESUMO	xiii
SUMMARY	xvi
 1. INTRODUÇÃO	 01
 2. REVISÃO DE LITERATURA	 03
2.1. Características dos solos utilizados para reflorestamento	 03
2.1.1. Características físicas	03
2.1.2. Características químicas	05
2.1.3. Matéria orgânica	09
2.2. Avaliação do estado nutricional em eucaliptos	11
2.2.1. Diagnose do estado nutricional através da análise foliar	11
2.2.2. Concentração de nutrientes nas folhas de <i>E. grandis</i>	16
2.2.3. Relações entre crescimento, produção de biomassa e concentração de nutrientes	19
2.3. Fosfatase ácida (E.C. 3.1.3.2.)	22
2.3.1. Caracterização e função	22
2.3.2. Determinação enzimática	26
2.3.3. Fatores que afetam a atividade enzimática	27
 3. MATERIAL E MÉTODOS	 30
3.1. Material	30
3.1.1. Localização	30
3.1.2. Clima	30

3.1.3. Material genético	31
3.1.4. Solo	32
3.1.4.1. Descrição morfológica	32
3.1.4.2. Análise química	34
3.1.4.3. Análise física	36
3.2. Métodos	37
3.2.1. Instalação de ensaios	37
3.2.2. Área experimental	38
3.2.3. Adubação e manutenção	38
3.2.4. Coleta de dados	38
3.2.5. Análise de solo	39
3.2.6. Análise química de plantas	40
3.2.7. Determinação da atividade da fosfatase ácida	41
3.2.7.1. Extração da enzima e preparação de pó acetônico	42
3.2.7.2. Ensaio enzimático	42
3.2.8. Análise estatística	43
3.2.8.1. Análise de variância individual	43
3.2.8.2. Análise de variância conjunta	44
3.2.8.3. Coeficiente de correlação de Spearman	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1. Resultados das análises químicas dos solos.	47
4.1.1. Resultados obtidos nos ensaios aos 54 meses de idade	47
4.1.2. Influência do cultivo de <i>E. grandis</i> nas características químicas dos solos	50

4.2. Efeito de locais no comportamento de clones de <i>E. grandis</i> , aos 18 e 54 meses de idade .	51
4.2.1. Sobrevivência	51
4.2.2. Altura total	55
4.2.3. DAP	57
4.2.4. Volume sólido com casca por hectare.	60
4.3. Concentração de nutrientes em folhas de clones de <i>E. grandis</i> , aos 12 e 56-57 meses de idade	62
4.3.1. Macronutrientes	67
4.3.2. Micronutrientes	71
4.3.3. Relações entre nutrientes	74
4.4. Atividade da fosfatase ácida em clones de <i>E. grandis</i> , aos 56-57 meses de idade	82
4.4.1. Resultado da atividade da fosfatase ácida	82
4.4.2. Relação da atividade da fosfatase ácida com altura e P nas plantas ...	85
4.5. Interação genótipo-solo	86
4.5.1. Análises das variâncias conjuntas ..	86
4.5.2. Coeficientes de correlação de Spearman	91
5. CONCLUSÕES	96
LITERATURA CITADA	100
APÊNDICES	113

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº		Página
1	Características químicas obtidas com análises de terra efetuadas nos dois locais de experimentação	35
2	Características físicas obtidas com análises de terra efetuadas nos dois locais de experimentação	36
3	Resultados das análises químicas efetuadas nos dois locais de experimentação aos 54 meses de idade	48
4	Comportamento de clones de <i>E. grandis</i> para porcentagem média de sobrevivência, altura total (m), diâmetro à altura do peito - DAP (cm) e volume sólido com casca, por hectare (m^3/ha), aos 18 meses de idade, em dois locais do município de Lençóis Paulista - SP, e os resultados da análise de variância	52
5	Comportamento de clones de <i>E. grandis</i> para porcentagem média de sobrevivência, altura total (m), diâmetro à altura do peito - DAP (cm) e volume sólido com casca por hectare (m^3/ha), aos 54 meses de idade, em dois locais do município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de <u>variância</u>	53

TABELA Nº

Página

6	Análise foliar de macronutrientes em clones de <i>E. grandis</i> aos 12 meses de idade, em dois locais do município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de variância	63
7	Análise foliar de micronutrientes em clones de <i>E. grandis</i> aos 12 meses de idade, em dois locais do município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de variância	64
8	Análise foliar de macronutrientes em clones de <i>E. grandis</i> aos 56-57 meses de idade, em dois locais do município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de variância	65
9	Análise foliar de micronutrientes em clones de <i>E. grandis</i> aos 56-57 meses de idade, em dois locais do município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de variância	66
10	Relações entre nutrientes para clones de <i>E. grandis</i> , nos solos Podzólico Vermelho-Escuro e Areia Quartzosa, aos 12 meses de idade	75
11	Relações entre nutrientes para clones de <i>E. grandis</i> , nos solos Podzólico Vermelho-Escuro e Areia Quartzosa, aos 56-57 meses de idade	76

TABELA Nº

Página

12	Atividade da fosfatase ácida em folhas de clones de <i>E. grandis</i> , aos 56-57 meses de idade, nos solos Podzólico Vermelho-Escuro e Areia Quartzosa, e os resultados da análise de variância ...	83
13	Resultados da análise de variância conjunta para 15 variáveis, em clones de <i>E. grandis</i> nos dois locais aos 12 e 18 meses de idade, respectivamente, para características nutricionais e silviculturais	87
14	Resultados da análise de variância conjunta para 16 variáveis, em clones de <i>E. grandis</i> nos dois locais, aos 54 e 56-57 meses de idade, respectivamente, para características silviculturais e nutricionais	88
15	"Coeficiente de correlação de Spearman" (r_s) para as características das plantas, ao nível de médias de clones, nos dois locais de experimentação - Solo Podzólico Vermelho-Escuro e Solo Areia Quartzosa	92
16	"Coeficiente de correlação de Spearman" (r_s) para as características das plantas, ao nível de médias de clones, aos 12-18 e 54-57 meses de idade	93

LISTA DE QUADROS

QUADRO Nº		Página
1	Número e especificação dos tratamentos para os dois locais de experimentação.	37
2	Esquema da análise de variância individual para as variáveis estudadas ...	44
3	Esquema da análise de variância conjunta	45

EFEITO DE FATORES DO SOLO E DE GENÓTIPOS NO CRESCIMENTO,
NUTRIÇÃO E ATIVIDADE DA FOSFATASE ÁCIDA EM CLONES
DE *Eucalyptus grandis* HILL ex MAIDEN

Autora: Sílvia Cristina Vettorazzo

Orientador: Prof. Dr. Antonio Natali Gonçalves

RESUMO

O presente estudo avaliou o comportamento de 8 clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden cultivados em dois locais do município de Lençóis Paulista-SP, com condições climáticas semelhantes e diferenças edáficas. Com base nas propriedades morfológicas, físicas e químicas foram reconhecidas duas classes de solos - Podzólico Vermelho-Escuro (PVE) e Areia Quartzosa (AQ), que definem os locais experimentais.

O experimento foi instalado em agosto de 1984, utilizando o delineamento estatístico de blocos casualizados com 8 tratamentos e 3 repetições.

Foram avaliadas as características silviculturais e coletadas amostras de folhas para se estimar concentrações de nutrientes e atividade de fosfatase ácida. Amostras de terra foram coletadas para se avaliar a disponibilidade de nutrientes. Foram estudadas as variações genéticas, as correlações entre os solos, as correlações entre diferentes idades e as correlações entre características das plantas.

Os resultados da análise química de amostras de terra mostraram que, com o avanço da idade do experimento, houve uma tendência à redução dos teores de matéria orgânica nos dois solos. Um aumento da acidez e uma redução de 50% para K^+ e Mg^{++} e de 32,5% para Ca^{++} foram mostradas no solo PVE.

A análise estatística dos dados aos 12-18 meses de idade mostrou a existência de variações genéticas entre clones para altura, DAP, volume, sobrevivência e concentrações de Ca, Mg e Mn no solo PVE, e para DAP, volume e concentrações de P, K, Mg, B, Fe e Zn no solo AQ. Aos 54-57 meses de idade foram reveladas variações genéticas entre clones para altura, DAP, volume, sobrevivência, e concentração de Ca no PVE, e para altura, volume e concentrações de K, Ca e Mn na AQ. As variações genéticas entre clones para as características silviculturais foram mais marcantes no PVE, para as concentrações de nutrientes foram mais marcantes na AQ na idade mais precoce.

A análise de variância para atividade da fosfatase ácida revelou a existência de variações genéticas entre clones no ensaio sob PVE, porém, não houve variação genética entre clones no ensaio sob AQ. O estudo de correlações entre atividade da fosfatase ácida e concentração de P, ao nível de médias de clones, não mostrou significância aos 54-57 meses de idade. Tendência à correlação negativa entre atividade da fosfatase ácida e altura das plantas foi revelada no ensaio sob AQ.

A interação de clones por locais foi significativa para sobrevivência e concentrações de P, K e S aos 12-18 meses de idade, e para volume e concentrações de K e Ca aos 54-57 meses de idade.

Para o estudo de correlações entre solos, ao nível de médias de clones, foram detectadas correlações positivas e significativas para altura, DAP, volume e concentração de B aos 12-18 meses, e correlações significativas, negativa e positiva, respectivamente para concentrações de Ca e Mg aos 54-57 meses de idade.

As correlações entre idades, ao nível de média de clones, mostraram a existência de correlações positivas para altura e sobrevivência nos dois locais, e para DAP no ensaio sob AQ. Também na AQ foi revelada correlação negativa para concentração de Mg.

THE EFFECTS OF SOIL FACTORS AND GENOTYPES ON THE GROWTH,
NUTRITION AND ACID PHOSPHATASE ACTIVITY IN CLONES OF
Eucalyptus grandis HILL ex MAIDEN

Author: Silvia Cristina Vettorazzo

Advisor: Prof. Dr. Antonio Natal Gonçalves

SUMMARY

The present study evaluated the performance of 8 clones of *E. grandis* Hill ex Maiden cultivated in two sites of Lençóis Paulista-SP, under similar climatic conditions but with edaphic differences. Based on morphological, physical and chemical properties, two classes of soils were identified - Dark Red Podzolic and Quartzous Sand, which defined the experimental sites.

The experiment was set up in August, 1984, using an experimental design of randomized blocks with 8 treatments and 3 repetitions.

The silvicultural characteristics of the stands were evaluated, and samples were taken from leaves to estimate nutrient concentrations and acid phosphatase activity. Soils were sampled to evaluate nutrient availability. Genetic variations, correlations between soils, correlations between different ages and correlations between plant characteristics were studied.

The results of the chemical analysis of the

soil samples showed that, during the ageing of the stands, there was decrease in organic material in both soils. An increase in acidity and a reduction of 50% for K^+ and Mg^{++} and 82.5% for Ca^{++} were found in the Dark Red Podzol soil.

A statistical analysis of the data collected at the age of months showed the existence of genetic variation among clones in relation to tree height and DBH, volume, survival and concentrations of Ca, Mg and Mn in the Dark Red Podzol soil, and for tree DBH, volume and concentrations of P, K, Mg, B, Fe and Zn in the Quartzous Sand soil. At the age of 54-57 months genetic variation was observed among clones for tree height and DBH, volume, survival and Ca concentrations in the Dark Red Podzol soil, and for tree height, volume and concentrations of K, Ca and Mn in the Quartzous Sand soil. The genetic variation among clones for the silvicultural characteristics were most striking in the Dark Red Podzol soil, and were more pronounced for the nutrient concentrations in the Quartzous Sand soil at the early ages.

For acid phosphatase activity the analysis of variance revealed the existence of genetic variation among clones in the Dark Red Podzol site, however, there was no genetic variation among clones in the Quartzous Sand site. The study of correlation between acid phosphatase activity and P concentration, at the level of clone means, showed no significance at the age of 56-57 months. The tendency towards negative correlation between acid phosphatase activity and tree height was revealed in the Quartzous Sand site.

The interaction between clones and sites was significant for survival and concentrations of P, K and S at the age of 12-18 months, and for volume and concentrations of K and Ca at the age of 54-57 months.

The study of correlations between soils, at the level of clone means, detected positive and significant correlations for tree height and DBH, volume and B concentration at the age of 12-18 months, and significant correlations, negative and positive, respectively for Ca and Mg concentrations at the age of 54-57 months.

The correlation between ages, at the level of clone means showed the existence positive correlations for tree height and survival at both sites, and for tree DBH at the Quartzous Sand site. Also on Quartzous Sand sites was revealed for Mg concentration.

1. INTRODUÇÃO

O fenótipo é o reflexo de influências genéticas e ambientais, em certo espaço e tempo; além disso, os genótipos respondem distintamente às variações ambientais. Essa resposta diferencial dos efeitos genotípicos e ambientais nos organismos é conhecida com o nome de interação genótipo x ambiente (QUIJADA, 1985).

O nível, ao qual os efeitos da interação genótipo x ambiente são importantes, varia com a espécie, procedência, progênie ou clone, e com a característica considerada. Grandes perdas na produção de povoamentos, seja pela morte das árvores ou pela redução do crescimento, ou ainda, por ambas as causas, podem ocorrer quando se desprezam os efeitos da interação (PATINO-VALERA, 1986).

Dos fatores ambientais que indicam interações, o mais marcante é o relativo as características do solo, desde que possam ser detectadas dentro de relativamente pequenas áreas, onde não haja variações climáticas (BARROS, 1986).

Do ponto de vista nutricional, o melhor crescimento de um genótipo pode ser decorrente de sua capacidade

de absorção de nutrientes do solo, ou de sua maior eficiência em utilizar o nutriente absorvido na produção de matéria seca.

Medidas da atividade da enzima fosfatase ácida têm sido propostas como um teste bioquímico útil para prever o envolvimento das concentrações do fósforo nas plantas, e uma potencial alternativa de diagnose através de análise foliar de nutrientes.

A fosfatase ácida parece se comportar como uma enzima adaptativa. Assim, sua atividade poderia ser utilizada para distinguir genótipos melhores adaptados no aproveitamento de fósforo em situações de baixa fertilidade.

Nos programas de melhoramento do eucalipto no Brasil, as características fisiológicas e bioquímicas pouco têm sido consideradas, o que constitui num aproveitamento deficiente de ferramentas preciosas para a seleção de genótipos mais eficientes na utilização de nutrientes, de grande importância para serem utilizadas em solos de baixa fertilidade.

O presente trabalho tem por objetivos: a) avaliar a fertilidade dos solos dos locais de experimentação; b) Estudar as variações genéticas entre clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden para as principais características silviculturais, aos 18 e 54 meses de idade; c) Estudar as características nutricionais dos clones, aos 12 e 56-57 meses de idade; d) Detectar as variações da atividade da fosfatase ácida entre clones; e) Verificar as interações clones x solos e clones x idades para as características das plantas; f) Estudar os "coeficientes de correlação de Spearman" para as características das plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características dos solos utilizados para reflorestamento

A natureza do material parental do solo é geralmente o mais importante determinador das características físicas, química e biológica do solo e, por isto, frequentemente é o principal parâmetro usado na seleção de áreas para plantios florestais. A influência do material parental é refletida através de sistemas de tamponamento no solo (KHANNA & ULRICH, 1984), que vão atuar sobre a composição da vegetação e taxa de crescimento das árvores.

A maioria das áreas utilizadas para reflorestamento no Brasil originalmente estava sob vegetação de cerrado. Os tipos de solos predominantemente encontrados são os Latossolo Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro, Podzólico Vermelho-Amarelo e Areia Quartzosa (ADAMOLI et alii, 1986).

2.1.1. Características físicas

LOPES (1984) relata trabalhos de vários auto-

res sobre descrições das características e propriedades físicas dos solos sob cerrado. No geral, esses solos são profundos, sem barreiras para o desenvolvimento de raízes. Com boa estrutura e declive suave.

A textura é, talvez, a mais estável e importante característica física do solo, sendo elemento de grande importância na descrição, na identificação e, posteriormente, na classificação do solo (FOTH, 1984). Além disso, a textura apresenta estreita relação com "fixação" de fósforo, capacidade de retenção de água, capacidade de troca de cátions (LOPES, 1984) e influi na maior ou menor quantidade de solo arrastada pela erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

Solos arenosos apresentam boa circulação de ar e baixa capacidade de retenção de água. Segundo Grohman (1966), citado por GONÇALVES (1987), a baixa disponibilidade de água deve-se ao alto volume de matéria sólida, baixo teor de argila e baixa microporosidade.

O comportamento de água nos solos reflete a importância da distribuição dos tamanhos dos poros e agregação. Uekara & Keng (1975), citados por LOPES (1984), afirmam que em solos bem agregados, como a maioria dos latossolos sob cerrado, a água pode ser retida em poros inter-agregados de maiores ou menores dimensões.

A baixa capacidade de retenção de água dos solos dos cerrados, a ocorrência de veranicos, problemas de toxicidade de alumínio e manganês e baixa disponibilidade de nu-

trientes são apresentados em vários trabalhos como fatores limitantes do crescimento do sistema radicular e, consequentemente, do crescimento da parte aérea das plantas agrícolas (LOPES, 1984; GOEDERT, 1986; SOUZA & RITCHEY, 1986) e florestais (McCOLL, 1969; BARROS, 1974; BOWEN, 1984).

2.1.2. Características químicas

O sucesso na utilização intensiva de áreas re-florestadas depende, numa grande extensão, do manejo de nutrientes do solo. Isso envolve um relacionamento entre características químicas e processos do solo que se interagem para a manutenção do suprimento de nutrientes. Características químicas do solo afetam o crescimento das árvores e, também, outros processos do ecossistema, como a decomposição da serrapilheira e atividades microbianas (KHANNA & ULRICH, 1984).

RAIJ & PEECH (1972) comentam que os solos altamente intemperizados de regiões tropicais úmidas exibem cargas elétricas positivas e negativas, principalmente dependentes de pH e, extrema facilidade que os cátions são hidrolisados.

A metodologia para determinação do pH tem considerável influência nos resultados da acidez no solo e sua interpretação. SCHOFIELD & TAYLOR (1955) propuseram a determinação do pH em solução de CaCl_2 0,01 M, por apresentarem muitas vantagens sobre o método do pH em H_2O : a) o pH medido nes

sa solução é pouco afetado pela relação solo:solução; b) a quantidade adicionada de sal é suficiente para nivelar os efeitos dos sais normalmente existentes em solos não salinos; c) a concentração utilizada não é muito diferente, em ordem de grandeza, de concentrações existentes em soluções de solos de alta fertilidade ou bem adubados; d) o cátion cálcio, usado na solução de cloreto de cálcio, é também o mais abundante na solução do solo; e) como as suspensões de solos em CaCl_2 0,01 M são floculadas, os erros do potencial de junção líquida podem ser minimizados pela colocação do eletrodo de referência no líquido sobrenadante límpido.

Pionke & Corey (1967) citados por PITTA (1974), mostraram uma alta correlação entre o pH e o Al^{3+} trocável. Já o Al^{3+} não trocável correlacionou-se mais com a matéria orgânica.

Segundo RAIJ (1983), a idéia que o alumínio está associado com a acidez de solos e, que este é o responsável pela acidez de solos tropicais é um pouco distorcida. Em condições de acidez o alumínio, proveniente principalmente de minerais de argila e óxidos de alumínio, surge em solução na forma de cátion Al^{3+} , às custas da dissolução dos minerais do solo. O alumínio em solução passa a ser um cátion trocável; portanto, o Al^{3+} é consequência da acidez do solo.

A quantidade de cátions trocáveis nos solos depende de seus minerais, da superfície, das cargas do complexo coloidal e das características dos íons presentes na solução do solo (FASSBENDER, 1982).

Segundo RAIJ (1983), a troca de cátions é um processo reversível. Além disso, os cátions podem se movimentar livremente, não ocupando uma posição fixa, já que a atração entre os cátions e a superfície é simplesmente através de cargas, ou seja, do tipo eletrostático.

A troca de cátions aumenta na maioria dos solos com a elevação do pH. Com valores muito baixos de pH, apenas as cargas permanentes das argilas e uma pequena porção dos colóides orgânicos retêm íons que poderão ser substituídos mediante a troca de cátions.

Solos de textura mais fina mostram tendência para maior capacidade de troca de cátions que solos arenosos. O teor de matéria orgânica, assim como a quantidade e o tipo de argila, exercem uma provável influência sobre a capacidade de troca catiônica, num determinado grupo textural (BRADY, 1983).

O alto grau de intemperismo da maioria dos solos sob vegetação de cerrado e valores de pH inferiores a 5,0 apresentam, como consequência, baixa capacidade de troca catiônica. LOPES & COX (1977) observaram que 84% de 518 amostras superficiais de solos dos cerrados apresentaram valores da troca de cátions inferiores a 2,0 meq/100 ml, e 91% das amostras analisadas apresentaram toxidez de alumínio, com valores médios de saturação de alumínio de 59%. Valores acima de 20% de saturação de Al podem reduzir a produtividade da maioria das culturas (KAMPRATH, 1970).

Além da capacidade de troca de cations, a saturação de bases também é baixa em solos sob cerrado, podendo ocorrer deficiência de cálcio, magnésio e potássio. No trabalho desenvolvido por LOPES & COX (1977), foram encontrados os seguintes valores médios de cations trocáveis: $\text{Ca}^{++} = 0,25$; $\text{Mg}^{++} = 0,90$ e $\text{K}^{+} = 0,08$ meq/100 ml de solo.

Os solos brasileiros apresentam carência generalizada de fósforo solúvel. Os teores de fósforo na solução do solo são em geral baixos, da ordem de 0,1 ppm (partes por milhão), sendo em geral muito mais baixos.

Investigando a influência de algumas características do solo no comportamento das curvas de adsorção de fósforo, FASSBENDER (1982) encontrou, para muitos solos da América Latina, uma boa relação com óxidos livres de ferro e de alumínio, matéria orgânica e conteúdo de argila.

A influência das reações do solo sobre a disponibilidade de micronutrientes também foi evidenciada por FASSBENDER (1982), mostrando que o teor de cobre, zinco e molibdênio correlaciona-se diretamente com o pH e, para ferro e boro a disponibilidade é inversamente correlacionada com o pH.

Deficiência de boro é frequentemente associada com clima seco e condição de baixa umidade no solo. Parece que a redução na disponibilidade de boro está relacionada à restrita liberação do boro de complexos orgânicos (TISDALE et alii, 1985).

MALAVOLTA & KLIEMANN (1985), apresentam uma tabela resumo com as condições do solo e do ambiente que provocam deficiências de micronutrientes. Segundo esses autores, a disponibilidade do manganês, avaliada pelo Mn^{2+} presente, depende do potencial de oxido-redução do solo, da atividade biológica de bactérias e fungos e do pH.

2.1.3. Matéria orgânica

A matéria orgânica se constitui num componente importante da fertilidade do solo, influenciando as características físicas, químicas e biológicas, alterando-lhe para melhor, o nível de fertilidade e produtividade (MELLO et alii, 1985).

Os níveis críticos de matéria orgânica do solo, segundo diferentes autores, são apresentados por MELLO et alii (1985), evidenciando as divergências na interpretação desses teores.

Em solos ácidos, ocorre acumulação de matéria orgânica em pH inferior a 5,0. Segundo FASSBENDER (1982), tal fato se deve a diferentes razões: sob condições ácidas a ação bacteriana e a macroflora são limitadas e se favorece a reprodução de fungos, resultando uma menor eficiência na mineralização e humificação, com a consequente acumulação de matéria orgânica. Por outro lado, a reação do solo determina a saturação do complexo de troca dos solos; sob condições ácidas au

menta o Al trocável que tem um efeito estabilizante dos complexos organominerais, e também surgem deficiências de Ca e Mg para os microrganismos, acarretando igualmente uma acumulação de C.

A relação C/N dá informação sobre o estado de humificação da matéria orgânica do solo. O húmus possui uma relação C/N que varia de 12:1 a 8:1, tendo por média 10:1. Por tanto, quando o resultado da análise desses elementos apresentar elevados teores de carbono, em relação aos de nitrogênio (altas relações C/N), sabe-se que a matéria orgânica não está completamente humificada, ou ocorreram adições recentes de restos vegetais crus. Inversamente quando os teores de nitrogênio foram elevados dando relações C/N inferiores a 10:1, supõe-se que houve uma recente adubação nitrogenada (KIEHL, 1979).

Segundo SANCHEZ (1981), a distribuição da matéria orgânica no perfil em relação a vegetação natural é a mesma em regiões tropicais e temperadas. Áreas com florestas mostram uma marcada acumulação de matéria orgânica no horizonte A, como resultado da queda de folhas e da morte de raízes.

As taxas anuais de decomposição da matéria orgânica do solo variam consideravelmente, oscilando de 2 a 5% em florestas tropicais, e nas florestas temperadas variando de 0,4 a 1%, provavelmente como resultado das baixas temperaturas (SANCHEZ, 1981).

Os teores da matéria orgânica na maioria dos solos de cerrado situam-se entre 2,0 a 3,0%, o que é conside-

rado médio. Entretanto, a matéria orgânica encontra-se quase inativa, devido a carência nutricional que caracteriza esses solos (PEREIRA & PERES, 1986).

2.2. Avaliação do estado nutricional em eucaliptos

A baixa fertilidade apresentada nos solos utilizados para reflorestamento, aliada ao mal uso de fertilizantes, e a falta de pesquisas em nutrição mineral de espécies florestais têm levado ao aparecimento de problemas de ordem nutricional nas florestas implantadas no Brasil. VAN GOOR & NASCIMENTO (1970) e MALAVOLTA et alii (1974) relatam exigências e deficiências nutricionais em eucaliptos, e sugerem algumas recomendações de adubação.

2.2.1. Diagnose do estado nutricional através da análise foliar

A diagnose foliar como um meio de avaliar o estado nutricional começou a ser usada no século XX, nos anos 30, com a verificação de que aquela se refletia na composição das folhas, dispensando-se, assim, a análise da planta inteira (MALAVOLTA & MALAVOLTA, 1989).

Detalhadas investigações têm definido condições padrões para a realização de análise foliar de espécies

florestais, e métodos para interpretar os resultados (LAVENDER, 1970; LEAF, 1972; ARMSON, 1973; DRIESSCHE, 1974).

Desbalanços no fornecimento de nutrientes conduzem a distúrbios nas reações fisiológicas e, podem ser detectados por sintomas de deficiências ou de excessos através de análises visuais ou químicas dos tecidos vegetais. Esses desequilíbrios nutricionais podem não só restringir o crescimento como, também, promover a incidência de pestes e doenças (BAULE & FRICKER, 1970).

A análise foliar é muito útil para o monitoramento do crescimento e do estado nutricional de espécies florestais. No entanto, são conhecidas várias fontes de variação que precisam ser melhor consideradas na época de amostragem, incluindo época do ano, posição da árvore no talhão, idade do tecido e posição na copa da árvore, e ano da amostragem (HUMPHREYS et alii, 1972; LEAF, 1972; DRIESSCHE, 1974; SCHÖNAU, 1981).

Na interpretação dos resultados das análises químicas, outras fontes de variação também precisam ser consideradas, incluindo a idade do talhão e a influência de fatores ambientais (LAMBERT & TURNER, 1988).

Czapowskyj (1979), citado por SILVA (1983), observou que as condições de drenagem do solo e as práticas silviculturais podem influenciar os níveis de nutrientes nas árvores.

Segundo FORREST & OVINGTON (1971), diferenças nas concentrações de nutrientes nas folhas podem ser observadas numa mesma espécie que apresente uma área muito ampla ou situada em locais com solos muito heterogêneos.

PAYN & CLOUGH (1987) citam que a variação sazonal nos níveis de nutrientes é muito marcada, e que esta pode ser a principal fonte de erros quando as amostras são coletadas em diferentes épocas do ano.

As concentrações de nutrientes podem variar durante as épocas do ano, comparando-se folhas com a mesma idade fisiológica, em função da redistribuição dos nutrientes dentro da planta. Quanto à sua redistribuição dentro da planta, os nutrientes podem ser classificados em três grandes grupos: 1) imóveis - Ca e B; 2) pouco móveis (ou intermediários) - S, Cu, Fe, Mn e Zn; 3) móveis - N, P, K, Mg, Cl, Mo (MALAVOLTA & MALAVOLTA, 1989).

LEAF (1972) e DRIESSCHE (1974) recomendam que a amostragem deve ser feita durante o período de relativamente baixo crescimento, seguinte a época de crescimento.

Para a maioria das espécies florestais, variações sazonais tendem a diferir marcadamente entre nutrientes com o conteúdo dos elementos mais móveis (N, P, K), tendendo a mostrar baixos níveis no meio do verão ou outono, enquanto elementos menos móveis como o Ca tendem a se acumular durante a estação de crescimento (MEAD, 1984).

Níveis de nutrientes tendem a ser mais estáveis no outono ou inverno, assim, estas estações têm sido escolhidas como épocas de amostragem nos climas frios e temperados (LEAF, 1972). Contudo, para a máxima sensibilidade da amostragem foliar, épocas melhores para amostragem são aquelas quando as árvores estão sob estresse máximo, e isto é, provavelmente, imediatamente após a maioria das reservas terem sido remobilizadas para o crescimento. Assim, o final de verão tem sido recomendado por Mead & Will (1976), citados por MEAD (1984). Para *Eucalyptus deglupta* nos trópicos, LAMB (1976) sugere que para uma melhor amostragem o K deve ser analisado em épocas secas, e outros nutrientes (N, P, Ca, B, Cu, Fe, Zn) em épocas chuvosas.

Segundo DRIESSCHE (1974), a variação anual na concentração de nutrientes foliares tem magnitude de 15 a 40% dos níveis mais altos medidos, dependendo do nutriente. O uso de dados climáticos pode reduzir esse problema, desde que a variação anual se correlacione grandemente com as condições climáticas (temperatura e precipitação chuvosa).

Resultados de análises foliares são altamente dependentes da posição da amostra na árvore. Quando a posição amostrada não está bem definida num trabalho, os dados não podem ser comparados com outros resultados obtidos pelo mesmo pesquisador ou por outros.

O padrão de distribuição de nutrientes dentro da copa da árvore foi revisado por DRIESSCHE (1974). Este au-

tor sugere que prováveis diferenças nos padrões de distribuição das concentrações de nutrientes, entre diferentes espécies, seja devido ao tipo de fechamento de copa. Por exemplo, num dossel fechado, o sombreamento de porções inferiores da árvore podem resultar num abaixamento da taxa fotossintética, causando menor "diluição de nutrientes" nas folhas pela produção de novos carboidratos, portanto, maior concentração de nutrientes em comparação com as folhas dos ramos superiores (WHITE, 1954).

DRIËSSCHE (1974) afirma que as diferenças nas concentrações de nutrientes devido ao aspecto da copa podem talvez ser esperadas quando esta é exposta à desigual competição ou sombreamento.

MAC LEAN & ROBERTSON (1981a) relatam a variação no conteúdo de macroelementos em *Picea ruben* Sarg. com respeito à época do ano, posição na copa, idade da árvore e da folha, e concluem que todos esses fatores influenciaram nos níveis dos nutrientes. Foram observados níveis maiores de N, P e Mg na parte superior da copa, enquanto na parte inferior os maiores teores foram de Ca e K.

Em outro trabalho, MAC LEAN & ROBERTSON (1981b) apresentam as variações de micronutrientes naquelas plantas, e mostram que houve pouco efeito da posição na copa sobre os teores dos micronutrientes, mas houve efeito significativo da idade da árvore e da folhagem amostrada.

SNOWDON & WARING (1982) afirmam que um grande número de amostras de um talhão é necessário para estimar a concentração média de nutrientes em folhas dentro de limites razoáveis. Cerca de 18 ou mais amostras devem ser requeridas para que o intervalo de confiança seja ao redor de 10%. Se 2 ou mais talhões são comparados, consideravelmente mais amostras são necessárias. Esses autores evidenciam que, nos experimentos, os níveis de precisão para as análises foliares são confinados pelo delineamento experimental, repetições e variabilidade dentro de blocos.

SNOWDON & WARING (1984) examinam vários métodos de preparar amostras compostas de folhas anteriores às análises químicas. Discutem, também, o problema de se desenvolver um esquema de amostragem que represente adequadamente o estado nutricional do talhão e que seja de custo aceitável.

2.2.2. Concentração de nutrientes nas folhas de *Eucalyptus grandis*

KAUL et alii (1968) verificaram efeitos morfológicos das deficiências minerais de macronutrientes em plantas de *E. grandis* aos 8 meses de idade, e as concentrações de nutrientes em plantas normais e deficientes. Observaram que houve aumento na absorção de N pela deficiência de Mg e S, Ca pela deficiência de N e K, e Mg pela deficiência de Ca. O crescimento em altura foi afetado pela deficiência de N e P.

Encontraram nas folhas das plantas controle os seguintes teores de nutrientes: 2,38% de N; 0,21% de P; 0,80% de K; 0,84% de Ca; 0,29% de Mg e 0,33% de S.

Estudando a concentração de nutrientes em 5 espécies de *Eucalyptus*, aos 7 anos de idade, em duas localidades, HAAG et alii (1976) observaram que as espécies apresentam concentrações diferentes de nutrientes nas folhas, principalmente para os macronutrientes. Encontraram correlações positivas entre os teores de N, P, K, S e Fe com o volume cilíndrico de madeira produzida. Entre as espécies estudadas pelos autores, o *E. grandis* foi o que apresentou concentrações mais elevadas de N, P, K e S e maior produção de madeira.

ROCHA FILHO (1979), estudando a interação P, B, Zn e calagem em mudas de *E. grandis*, observou que a calagem reduziu as concentrações de Zn, Mn, Fe e Cu nos tecidos amostrados.

BELLOTE (1979) encontrou maiores concentrações de nutrientes nas folhas de *E. grandis*, com exceção do Ca, Cu e Mn. Verificou a redução nas concentrações de N, P, K quando comparou plantas com 1 e 7 anos de idade, exceto para o K nas folhas. Para o Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, o comportamento variou em função da parte analisada. Entre os macronutrientes, o Ca foi o elemento mais extraído pelas plantas, vindo a seguir em ordem decrescente: N, K, S, Mg e P.

SILVA (1983) estimou a concentração de nutrientes nas folhas, casca, lenho e o conteúdo de nutrientes, em função da biomassa produzida no tronco, em 5 espécies de *Eucalyptus*, aos 10 anos de idade. As concentrações de nutrientes nos diversos componentes das árvores apresentaram a seguinte ordem decrescente: folhas, ramos, casca e lenho. Analisando individualmente a concentração de nutrientes nas folhas da parte intermediária da copa, ressalta-se que *E. dunni* apresentou os maiores teores de N, P e Mn; *E. propinqua* os maiores teores de Ca e Mg; *E. robusta* os maiores teores de K e Zn; *E. grandis* os maiores teores de Fe e Cu; *E. saligna* os maiores teores de Mn e Zn.

SCHÖNAU (1983) apresenta os níveis ótimos de concentração de níveis foliares para *E. grandis* encontrados na África do Sul. Os teores ótimos de nutrientes encontrados foram: N > 2,0; P = 0,16 a 0,15%; K = 0,7%; Ca > 1,0%; Mg = 0,3%; S = 0,17 a 0,19%; Zn < 20 ppm; Fe < 100 ppm e Cu < 18 ppm.

HARIDASAN (1985) estudou a concentração de nutrientes na biomassa aérea em plantas de *E. grandis* e *E. saligna*, cultivados em 3 solos de cerrado, durante 3 idades. As plantas de *E. grandis* acumularam mais nutrientes em solos calcários que aquelas de *E. saligna*. Nos solos ácidos, as duas espécies apresentaram acumulação similar de nutrientes.

2.2.3. Relações entre crescimento, produção de biomassa e concentração de nutrientes

Diferenças em crescimento entre espécies de *Eucalyptus*, nas diferentes regiões do país, segundo GOLFARI (1978), são atribuídas principalmente às diferenças climáticas e as adaptabilidades às condições edáficas.

Comparativamente poucos estudos foram conduzidos visando relacionar características de crescimento com concentração de nutrientes. Os resultados geralmente são dependentes das características do solo, clima e do material genético utilizado.

LAMB (1977), estudando as relações entre crescimento e concentração foliar de nutrientes em *E. deglupta*, verificou diferenças nos níveis de nutrientes, e obteve relação linear entre crescimento e N% para um local, mas em outro local o teor de N não se relacionou com o crescimento. Mostrou, dessa forma, evidências que as concentrações de nutrientes em folhas podem variar com solo e idade da planta. O mesmo autor acredita que, pelo desenvolvimento morfológico da maioria das copas de eucalipto seja provável amostrar folhas de uma mesma idade e condição fisiológica em árvores relativamente jovens.

Poggiani (1983), citado por SILVA (1983), observou diferenças nas concentrações de nutrientes em árvores com menor ou maior taxa de crescimento em uma população de

E. saligna, aos 8 anos de idade, plantada em solo pobre, sem adubação. Verificou-se uma concentração mais elevada de nutrientes nas árvores dominantes, devido a alta taxa de mortalidade. Ao contrário, num plantio energético cortado aos 2,5 anos de idade e fortemente adubado, houve uma maior concentração de nutrientes nas folhas das árvores dominadas.

SILVA (1983) observou que de 5 espécies de *Eucalyptus* estabelecidas em solos de baixa fertilidade, *E. grandis* foi a espécie que mais eficientemente utilizou os nutrientes P e K, em função das produtividades apresentadas, produzindo 34% a mais de biomassa, e utilizando 15% a menos de nutrientes do que o *E. saligna*, que foi a segunda espécie mais produtiva em termos de eficiência de utilização de nutrientes.

PEREIRA et alii (1983), trabalhando com *E. grandis* observaram que, em relação ao P, verifica-se que com o aumento da idade a eficiência de utilização desse nutriente aumenta. Assim, em idades jovens é necessário muito mais nutrientes para produzir a mesma quantidade de matéria seca.

RODRIGUES (1986), estudando parâmetros silviculturais e suas relações com concentrações de P, K, Ca e Mg em árvores de *E. saligna*, verificou que variações existentes no conteúdo de nutrientes mostram boas perspectivas de utilização desta variável para o melhoramento genético, com possíveis possibilidades de seleção de indivíduos mais produtivos e eficientes do ponto de vista nutricional.

LEAL (1988), estudando *E. grandis* cultivados nas regiões de Bom Despacho e Carbonita, em Minas Gerais, observou através dos coeficientes de utilização biológica e analítica, acentuada limitação de crescimento pela deficiência de K em Carbonita nos tratamentos com adição de fosfato natural, e deficiência de P e Ca nas testemunhas em ambos os locais.

Poucos pesquisadores têm dado atenção às interações entre nutrientes e o crescimento.

LAMB (1977), através de equações, mostrou que a altura máxima para *Eucalyptus deglupta* ocorre quando existe uma taxa de N/P nas folhas de 10,4.

SCHÖNAU (1983) apresentando teores ótimos de nutrientes em *E. grandis*, na África do Sul, evidenciou a importância das relações N/P, N/K, P/K e Ca/Mg. Segundo esse autor os valores ideais foram $N/P = 13,0$; $N/K = 3,0$; $P/K < 0,23$ e $Ca/Mg > 3,3$.

FERREIRA (1986) avaliou os efeitos da interação NO_3^- , $H_3PO_4^-$ e SO_2^- na absorção de $H_3PO_4^-$ e de SO_2^- , no crescimento e o metabolismo de NO_3^- e de SO_2^- em plantas de *E. grandis*. Constatou-se como condição ideal que os 3 ânions devem estar juntos para maior influxo de $H_3PO_4^-$ e SO_3^- nas raízes, maior crescimento sem distúrbios aparentes no metabolismo de N e S.

FURTINI NETO (1988) estudou o efeito do enxofre no crescimento de 5 espécies de eucaliptos. Encontrou que a relação N/S mostrou ser melhor parâmetro para o diagnóstico nutricional das plantas em enxofre, quando comparado ao

teor de S total. A comparação dos valores das relações N/S das diferentes espécies com a produção de biomassa, permitiu verificar que as relações ideais para as espécies ficam entre 15 a 20. A relação N/S ótima para *E. grandis* ficou próxima a 12. O mesmo autor sugeriu que a relação N/S é mais interessante que o teor de S para se detectar a deficiência desse último nutriente.

2.3. Fosfatase ácida (E.C. 3.1.3.2.)

2.3.1. Caracterização e função

A ortofosfórico-monoéster-fosfohidrolase (E.C. 3.1.3.2.), conhecida como fosfatase ácida, pertence ao grupo das esterases que são enzimas comparativamente de baixa especificidade, embora, sejam específicas para hidrolisar ligações ésteres (DIXON & WEBB, 1964).

Fosfatases ácidas ocorrem em tecidos animais, plantas, bactérias e leveduras.

A reação baseia-se em:

A atividade da fosfatase ácida têm sido demonstrada, intracelularmente e extracelularmente, através de técnicas bioquímicas e histoquímicas.

Estudos histoquímicos desenvolvidos por SHAYKH & ROBERTS (1974) mostram que a fosfatase ácida não específica localiza-se predominantemente na epiderme, córtex e coifa de raiz; assim, esse sistema pode estar envolvido nos processos de absorção ou secreção. Embora a função dessa atividade enzimática superficial não esteja esclarecida, essa enzima pode ter um papel na utilização de compostos orgânicos do solo.

De acordo com Sentenac et alii (1980), citados por MENGEL & KIRKBY (1982), as paredes celulares das raízes têm alta atividade de fosfatase. As fosfatases "mineralizam" fosfato de fitinas, ácidos nucleicos e fosfogliceratos. Também, tem sido sugerido que a atividade de fosfatases de micorriza esteja relacionada com a habilidade desses organismos de mobilizar o P do solo.

Moog (1958), citado por NEWMARK & WENGER (1960), sugeriu, com base em estudos de padrões de desenvolvimento de embriões de aves, que a atividade da fosfatase ácida por ser relativamente constante durante o crescimento seria uma enzima constitutiva, enquanto que a atividade da fosfatase alcalini por apresentar flutuações seria uma enzima adaptativa. Segundo NEWMARK & WENGER (1960), tal fato não ocorre nas plantas, pois a fosfatase ácida parece ser uma enzima adaptativa, e em plantas a atividade da fosfatase alcalina não aparece ou é muito baixa.

McLACHLAN (1976) também sugere que a fosfatase seja uma enzima adaptativa, e que sua atividade pode ser uti-

lizada para distinguir espécies melhores adaptadas para aproveitar o fósforo existente em situação de baixa disponibilidade.

O papel das fosfatases externas na nutrição do fósforo em plantas ainda não está claro. A atividade pode ser devido ao transporte do fósforo inorgânico, ou associada com a conversão de formas orgânicas em inorgânicas (BIELESKI, 1973).

Alguns pesquisadores citados por BAKER & TAKEO (1973) sugerem que a fosfatase ácida interna possa, sob certas circunstâncias, estar envolvida na mobilização de reservas de nutrientes (Flynn & Smith, 1967), transporte ativo de açúcares ou outras substâncias através da membrana (Figier, 1968), diferenciação de plastídeos (Młodanowski, 1972), e no começo e desenvolvimento de senescência (De Leo & Sacher, 1970).

Muitos trabalhos têm mostrado que a atividade de fosfatase ácida em plantas aumenta com a diminuição do fósforo disponível no meio de crescimento, seja este solo ou solução nutritiva, sob condições estéreis ou não. Parece possível que a extensão desse aumento da atividade da enzima possa ser controlado geneticamente, como ocorre em *Neurospora crassa* (HAN & ROSSI, 1989), no sistema repressível de fosfato, que consiste de várias enzimas e permeases.

HEWITT & TATHAM (1960) relatam um aumento de 20 vezes na atividade da fosfatase ácida em folhas de tomateiro deficientes em fósforo.

PRICE (1962) evidencia que o possível mecanismo de repressão fosfato-atividade da fosfatase ácida no metabolismo do fósforo possa ocorrer na maioria das plantas.

UEKI & SATO (1977), estudando a regulação da síntese de fosfatase em cultura de células de *Nicotiana tabacum*, separando fosfatases intracelulares das extracelulares, observaram que, após adição de P_i , a síntese de fosfatase é reprimida, mas não ocorre a inativação das enzimas pré-existents.

A atividade da fosfatase ácida provavelmente depende de vários fatores como espécie de planta, tecido, idade e concentração de fósforo no meio de crescimento.

Espécies de plantas diferem grandemente na capacidade de obter fósforo de solos com baixa disponibilidade desse nutriente. A fosfatase ácida nas raízes das plantas pode contribuir para essas diferenças entre plantas na capacidade de absorção de fosfatos.

BESFORD (1978) sugere que a atividade da fosfatase pode ter potencial como índice bioquímico de deficiência de P, visto a resposta ser grande e ocorrer antes do aparecimento de sintomas de deficiência.

Estudos com trevos deficientes em fósforo, mosttraram que a atividade de paredes celulares foi afetada pela idade da planta e concentração de fósforo do meio de crescimento. Em situação de estresse de P, ocorre aumento de atividade da enzima de paredes celulares de raízes e diminuição na

concentração de P na raiz, antes que o aparecimento da planta seja afetado (DRACUP et alii, 1984).

2.3.2. Determinação enzimática

Deficiências minerais podem causar profundas mudanças no padrão geral da atividade enzimática nas plantas, mesmo quando os elementos deficientes não estão diretamente envolvidos na ativação de algumas enzimas.

Os métodos comumente usados para diagnosticar deficiências nutricionais consistem de avaliações de sintomas visuais, e análises de folhas e de solos. Contudo, esses métodos podem ser imprecisos, trabalhosos, ou os sintomas podem aparecer muito tarde para serem remediados sem perdas significantes de produção (EPSTEIN, 1975). Assim, tornou-se interessante o uso de enzimas como marcadores bioquímicos de deficiência de nutrientes.

BESSEY et alii (1946), descreveram um método de colorimetria rápida, que pode ser usado para macro ou microdeterminações, para medir a atividade de fosfatase alcalina no soro sanguíneo, empregando o substrato p-nitrofenil fosfato. O substrato p-nitrofenil fosfato é incolor, mas sob presença do grupo fosfato, o sal de p-nitrofenil é liberado e se torna amarelo em pH alcalino (absorção máxima próxima a 400 nm).

O método de colorimetria rápida de BESSEY et alii (1946) foi adaptado por vários pesquisadores para analisar a atividade da fosfatase ácida em tecidos vegetais.

A determinação enzimática pode ser feita através de métodos "in vivo" e "in vitro", baseados em princípios de colorimetria.

Métodos "in vivo" são utilizados principalmente para raízes (McLACHLAN, 1980) e folhas (BESFORD, 1980), são bastante interessantes pois não destroem o material analisado, além de bastante rápidos. Raízes ou partes de folhas são incubadas em solução tampão, contendo o substrato p-nitrofenil-fosfato, ou outro, e a leitura da absorbância é feita em espectrofotômetro a 400-420 nm. Essa metodologia é útil para analisar fosfatases do tipo extracelular, presentes principalmente nas paredes celulares de raízes.

Métodos "in vitro" são mais refinados, e utilizam princípios de extração e purificação de tecidos vegetais em soluções tampões (BARRETT-LENNARD & GREENWAY, 1982). São métodos interessantes para estudos do metabolismo de fósforo, e suas relações com outros nutrientes.

2.3.3. Fatores que afetam a atividade enzimática

A atividade da fosfatase ácida pode ser, como qualquer outra enzima, afetada pela concentração e tipo de substrato, pH do meio, temperatura, presença de íons na

solução, e principalmente, do tecido analisado e estado fisiológico deste material.

Na maioria dos trabalhos publicados observa-se uma tendência à utilização de substrato p-nitrofenil fosfato por ser bastante sensível. O pH ótimo tem variado de 5,0 a 5,8, e a temperatura ótima do meio de incubação entre 25º a 37ºC ou até mais.

SHAW (1966), estudando folhas de fumo, verificou que a presença de Mg^{++} , Mn^{++} , Ca^{++} , Co^{++} e Ni^{++} (5mM) não tiveram efeito significativo na atividade da fosfatase ácida. Agentes metálicos complexantes, como EDTA (10 mM) e KCN (5mM), também não afetaram a atividade. Cu^{++} , Fe^{+++} e Zn^{++} (5mM), reduziram a atividade da fosfatase em 10 a 40%, comparando-se com as reações sem a presença destes metais.

BAKER & TAKEO (1973) estudando a atividade da fosfatase ácida em folhas de chá e frutos de tomateiro, verificaram inibição do tipo não competitiva pelo fluoreto.

HASEGAWA et alii (1976) evidenciam que a fosfatase ácida de debris de paredes e citoplasma diferem nas suas afinidades e sensibilidade para alguns substratos e inibidores testados. Mas a enzima tem se mostrado similar quanto ao pH, considerada enzima dependente de pH. Esses mesmos autores observaram que as reatividades de 5 fosfatases ácidas (isoenzimas) não foram significativamente influenciadas pelo Mg^{++} , Ni^{++} , NaCN, EDTA. Contudo, Hg^{++} inibiu completamente a atividade das isoenzimas; Cu^{++} e Zn^{++} tiveram efeito inibitô

rio em algumas enzimas. Um típico inibidor de fosfatase ácida, NaF, inibiu todas as 5 fosfatases ácidas até um máximo de 50%. O reagente sulfídrico p-cloro mercuribenzoato afetou as atividades de todas as enzimas, em graus variados.

BARRETT-LENNARD et alii (1982) observaram que em folhas de trigo submetidas a déficit hídrico houve ~~redução da~~ atividade da fosfatase ácida.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

O experimento foi instalado no município de Lençóis Paulista, SP, nas fazendas Rio Claro e Piracema, de propriedade da DURATEX FLORESTAL S/A.

3.1.1. Localização

- Altitude: 600 m.
- Latitude: 22º45'
- Longitude: 48º49'

3.1.2. Clima

O tipo climático regional pela classificação de Köppen é o "Cwa", mesotérmico úmido, com inverno seco, no qual a temperatura do mês mais quente ultrapassa os 22°C e a

temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C, sendo as chuvas do mês mais seco inferiores a 30 mm (BRASIL, 1960).

No período de junho de 1984 a maio de 1989, a precipitação média anual nos locais de experimentação foi de 1318 mm/ano, a temperatura média máxima de 27,9°C e a temperatura média mínima de 11,8°C. Resumo dos dados meteorológicos durante o período experimental é apresentado no Apêndice 1.

3.1.3. Material genético

Na Fazenda Rio Claro foram selecionadas oito matrizes de *Eucalyptus grandis* entre setembro de 1982 a fevereiro de 1983. As árvores matrizes destacavam-se das demais nos povoamentos comerciais da DURATEX FLORESTAL S/A pelo vigor, retidão do fuste, resistência a pragas e doenças, características favoráveis quanto a desrama natural e volume de copa.

As matrizes foram estabelecidas com sementes provenientes de Natal, Austrália, em espaçamento de 3,0 x 1,5 m, em solos com baixa fertilidade, classificados como Areia Quartzosa e Latossolo. Na época da seleção, aos 6,11 a 8,4 anos de idade, a altura média estava entre 17,5 a 23,0 m, o DAP de 11,5 a 14,2 cm e a produtividade (Incremento Médio Anual - IMA) de 44,7 a 98,2 st/ha/ano.

Outras informações acerca das matrizes selecionadas nos ensaios encontram-se no Apêndice 2.

Após o abate dessas matrizes, foram coletados material vegetativo das touças para produção de mudas através de estaquia.

3.1.4. Solo

O experimento foi instalado em dois locais, que foram caracterizados quanto a morfologia, análise química e física de solos.

3.1.4.1. Descrição morfológica

A - Ensaio da Fazenda Rio Claro

- Classificação: Podzólico Vermelho Escuro (PVE) eutrófico A moderado, textura média.
- Material local: Plano
- Relevo regional: Suave Ondulado
- Drenagem: boa
- Ap: 0-16 cm; 2,5 YR 3/2; barro argilo-arenoso; moderada a fraca; pequena, granular e blocos; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada; raízes abundantes, muito finas e médias.
- A3: 16-33 cm; 2,5 YR 3/4 (2,5 YR 2/4); barro argilo-arenoso; maciço coeso; muito duro; friável; plástico e

pegajoso; transição difusa e plana; raízes comuns, muito finas e finas.

- B21: 33-85 cm; 2,5 YR 3/4 (2,5 YR 2/4); barro argilo-argiloso; moderada, médio; prismática; duro; muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana; raízes comuns, muito finas e finas.
- B22: 85-148 cm; 2,5 YR 3/6 (2,5 YR 3/4); barro argilo-argiloso; moderada; médio; prismas e blocos; duro; muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana; raízes comuns.
- B3: 148 cm +; 2,5 YR 3/6 (2,5 YR 3/4); barro argiloso; maciça porosa; ligeiramente duro; muito friável; ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana; raízes comuns.

B - Ensaio da Fazenda Piracema

- Classificação: Areia Quartzosa Álica (A.Q.)
- Material originário: Arenito Bauru
- Relevo local: Plano
- Relevo regional: Suavemente ondulado
- Drenagem: boa
- Ap: 0-17 cm; 10 YR 5/3; areia; maciça porosa, que se desfaz em grãos simples: solto; muito friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana; raízes abundantes, médias a finas.

- A3: 17-42 cm; 10 YR 5/3 (10 YR 4/3); areia; maciça porosa, que se desfaz em grãos simples; solto; muito friável, não plástico e não pegajoso; transição difusa e plana; raízes abundantes, médias e finas.
- C1: 42-128 cm; 10 YR 6/4 (10 YR 4/4); areia; maciça porosa, que se desfaz em grãos simples; solto; muito friável, não plástico e não pegajoso; transição difusa e plana; raízes abundantes, médias e finas.
- C2: 128-160 cm +; 10 YR 5/4 (10 YR 4/4); areia, maciça, que se desfaz em grãos simples; solto; muito friável, não plástico e não pegajoso; raízes abundantes, médias e finas.

3.1.4.2. Análise química

Para a caracterização e diagnóstico de fatores limitantes foram procedidas análises de amostras de terra, coletadas em agosto de 1984, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Amostras de terra foram coletadas superficialmente nas três parcelas nos dois locais de experimentação, cujos solos foram classificados como Podzólico Vermelho-Escuro (PVE) e Areia Quartzosa (AQ) e posteriormente foram preparadas amostras compostas para cada local.

Tabela 1. Características químicas obtidas com análises de terra efetuadas nos dois locais de experimentação.

Tipo de solo	Prof. (cm)	pH	M0	P ¹	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S	T	V
		CaCl ₂	%	ppm				meq/100 cm ³				%
PVE	0-20	4,7	2,75	2,00	0,18	2,0	0,7	2,7	0,1	2,88	5,68	50,70
AQ	0-20	3,9	1,35	0,09	0,09	0,1	0,1	2,2	0,6	0,29	3,09	9,39

Fonte: Laboratório ICASA, Campinas, SP.

¹ Extrator Mehlich-I.

3.1.4.3. Análise física

Amostras de terra coletadas em dezembro de 1985, juntamente com a caracterização morfológica, foram analisadas quanto às características físicas, e são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2. Características físicas obtidas com análises de terra efetuadas nos dois locais de experimentação.

Tipo de Prof. solo (cm)		Análise mecânica (%), NaOH 1 N								Grau Floc. %.
		Areia				Areia Limo		Argila		
		grossa	média	fina	m.fina	-	-	NaOH	H ₂ O	
PVE	0-16	2,0	21,0	32,5	6,2	61,7	18,5	19,8	14,4	27
	16-33	1,7	20,7	35,2	7,0	64,6	13,9	21,5	16,4	24
	33-85	1,7	17,8	33,0	6,7	59,2	12,6	26,2	21,9	22
	85-148	1,4	17,0	32,1	6,1	56,6	9,6	33,8	4,8	86
	+ 148	1,8	19,1	32,7	6,5	60,1	8,7	31,2	2,7	91
AQ	0-17	1,3	32,9	53,8	4,1	92,1	1,9	6,0	4,8	20
	17-42	1,6	32,9	49,7	4,6	88,8	1,8	9,4	3,3	65
	42-128	1,2	29,3	50,8	6,1	87,4	2,1	10,5	7,6	28
	128-160+	1,3	28,0	45,8	7,8	82,9	3,3	13,8	6,7	51

Fonte: Laboratório ICASA, Campinas, SP.

3.2. Métodos

3.2.1. Instalação dos ensaios

Os ensaios foram instalados nos dois locais em agosto de 1984.

Foi utilizado o delineamento estatístico em blocos ao acaso, com 8 tratamentos e 3 repetições. A especificação dos tratamentos nos dois locais de experimentação é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1. Número e especificação dos tratamentos para os dois locais de experimentação.

Nº	Tratamentos
1	Clone G-0245
2	Clone G-0246
3	Clone G-0269
4	Clone G-0250
5	Clone G-0256
6	Clone G-0258
7	Clone G-0261
8	Clone G-0251

As parcelas foram constituídas de 36 plantas, ao espaçamento 3 x 3 metros, das quais as 16 centrais (1 li-

nha de bordadura) foram consideradas nas avaliações silviculturais e somente 4 centrais (2 linhas de bordadura) foram utilizadas nas avaliações nutricionais.

3.2.2. Área experimental

- Área de uma parcela: 324 m^2
- Área de um ensaio: 7.776 m^2
- Área total: 15.552 m^2

3.2.3. Adubação e manutenção

A adubação de plantio foi de 180 g de NPK da fórmula 10-28-6, acrescido de B e Zn, à base de 3g de sulfato de zinco e 2 g de bórax por planta. Essa adubação de arranque foi feita, nos dois locais, por ser utilizada, generalizadamente, nos plantios comerciais de eucaliptos em solos de cerrado na época da instalação do experimento.

3.2.4. Coleta de dados

Os ensaios foram avaliados no campo aos 18 e 54 meses de idade, coletando-se dados de crescimento em altura, sobrevivência de plantas, e diâmetro à altura do peito (DAP). O volume sólido com casca por hectare, obtido através da fórmula $VSLCCHA = (0,043151 \times (DAP^2 \times ALT) \times 0,969196) / 100$,

foi utilizado como parâmetro para avaliar a produção de madeira.

Na medição da altura das plantas úteis das parcelas o aparelho usado foi o Blume-Leiss e para determinação do DAP utilizou-se o compasso florestal.

3.2.5. Análise do solo

Nos dois locais de experimentação foram amostrados os solos, nas três parcelas, nas profundidades de 0-15, 15-40 e 150 cm, para se acompanhar a disponibilidade de nutrientes e a influência do cultivo de *E. grandis* nas características químicas de solo.

As análises de amostras compostas de terra foram executadas no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, no Departamento de Química da ESALQ. As amostras foram secas ao ar e passadas por peneiras de malha de 2 mm de abertura. A determinação do pH foi feita em solução salina de cloreto de cálcio 0,01 M (SCHOFIELD e TAYLOR, 1955). O carbono orgânico foi determinado pela oxidação da matéria orgânica com solução sulfocrômica e titulação do oxidante por iodometria (CATANI e JACINTHO, 1974). O fósforo disponível e os cátions trocáveis, potássio, cálcio e magnésio, foram extraídos por uma mistura de resinas de cátions e ânions, tratada com solução de bicarbonato de sódio (RAIJ et alii, 1986). O alumínio trocável foi extraído com uma solução 1N de cloreto de potássio e determinado por titulação (KAMPRATH, 1970).

A soma de bases (S) e a capacidade de troca catiônica dos solos (T) foram determinadas conforme as equações abaixo, sendo expressas em meq/100 cm³ de terra:

$$S = Ca + Mg + K \quad .$$

$$T = S + (H + Al)$$

A fração de T constituída pelas bases trocáveis foi expressa em porcentagem, através da saturação de bases (V%), calculada pela fórmula:

$$V\% = \frac{S}{T} \times 100$$

3.2.6. Análise química de plantas

Amostras de folhas foram coletadas em dois períodos de crescimento, aos 12 e 56-57 meses de idades, objetivando conhecer o comportamento nutricional dos clones nos dois tipos de solo. A metodologia utilizada na coleta foi apresentada por BERTOLLOTI (1986), sob orientação do Prof. Henrique Paulo Haag. Dezesseis árvores centrais das parcelas de todos os tratamentos, nas 3 repetições, foram coletadas aos 12 meses de idade, e somente as árvores centrais da parcela foram coletadas aos 56-57 meses. As árvores foram amostradas no terço médio das copas, na direção dos 4 pontos cardeais, com as folhas no estágio de desenvolvimento recém-maduro (3ª ou 4ª folha). Amostras compostas foram preparadas para cada tratamento com as amostras provenientes de cada árvore.

O material recém-colhido foi colocado em sacos de papel, e enviado ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, no Departamento de Química da ESALQ, onde foram processadas as análises de macro e micronutrientes.

O nitrogênio foi determinado por titulação após passagem por microdestilador de Kjeldahl. O fósforo foi analisado em fotocolorímetro utilizando o método vanado-molibdato de amônio. As determinações de potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco foram feitas por fotometria de chama de emissão. O boro foi determinado através da formação de um complexo colorido na reação do ácido bórico com o reagente azometina H. Os métodos de análise química utilizados foram os recomendados por SARRUGE e HAAG (1974) e BATAGLIA et alii (1983).

3.2.7. Determinação da atividade da fosfatase ácida

Para a determinação da atividade da fosfatase ácida (E.C. 3.1.3.2.), foram amostradas folhas medianas completamente expandidas do terço médio da copa de árvores com 56-57 meses de idade, no período de abril a maio.

A atividade enzimática foi determinada através de técnica colorimétrica desenvolvida por BESSEY et alii (1946) e adaptada por BARRETT-LENNARD et alii (1982), com algumas modificações.

3.2.7.1. Extração da enzima e preparação do pó acetônico

Aproximadamente 100 g (matéria fresca) de folhas foram homogeneizadas em 400 ml de acetona fria (-15°C) durante 60 segundos. Utilizando sucção, o homogenato foi filtrado através de funil Buchner, com papel filtro Whatman nº 3. O resíduo sob o papel filtro foi lavado várias vezes com volumes adicionais de acetona fria, e deixado secar à temperatura ambiente. A seguir, o resíduo seco foi macerado em mortalho com pistilo. O pó acetônico foi armazenado em embalagens plásticas e conservado à temperatura de -15°C .

3.2.7.2. Ensaio enzimático

O pó acetônico foi suspenso em solução tampão acetato de sódio - ácido acético (0,2M; pH 5,0) à uma concentração de 10 mg/ml de tampão. Em seguida, a suspensão foi centrifugada a 7.000 g, por 20 minutos, em centrífuga refrigerada (4°C) e os tubos com o sobrenadante, imersos em gelo.

A atividade da fosfatase ácida foi determinada adicionando-se 1 ml do sobrenadante à seguinte mistura de reação: tampão acetato de sódio - ácido acético (0,2M, pH ajustado para 5,0), água destilada e p-nitrofenilfosfato sal dissolvido (10mM). O volume final da mistura de reação foi de 6,0 ml. Em seguida, os tubos foram agitados levemente e incuba-

dos a 30°C, durante 30 minutos. No final do tempo de incubação, a reação foi interrompida pela adição de 0,5 ml de hidróxido de sódio 2M. A adsorbância foi determinada a 405 nm. Os brancos continham todos os reagentes, exceto o p-nitrofenilfosfato. A atividade enzimática foi expressa em μ moles de p-nitrofenol formado por g de matéria fresca, por minuto.

3.2.8. Análise estatística

3.2.8.1. Análise de variância individual

A análise de variância individual para os dados foi a usual (PIMENTEL GOMES, 1985).

O modelo matemático empregado foi:

$$X_{ij} = m + b_j + t_i + e_{ij}$$

onde: X_{ij} = observação do tratamento i no bloco j ;

m = média geral;

b_j = efeito do bloco j ($j = 1, 2, 3$);

t_i = efeito do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 8$);

e_{ij} = erro experimental associado ao tratamento i no bloco j .

O esquema da análise de variância individual é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Esquema de análise de variância individual para as variáveis estudadas.

Causas da variação	G.L.
Blocos	2
Tratamentos	7
Erro	14
TOTAL	23

3.2.8.2. Análise de variância conjunta

A análise de variância conjunta para os dois locais foi feita com as médias dos tratamentos (PIMENTEL GOMES, 1985). O erro utilizado nessa análise foi o erro médio entre os erros das análises individuais

O modelo matemático referente à análise conjunta foi:

$$X_{ijk} = m + \ell_j + t_i + (t\ell)_{ij} + b_k(j) + e_{ijk}$$

onde: X_{ijk} = observação do tratamento i , no local j , no bloco k ;

m = média geral;

ℓ_j = efeito do local j ($j=1,2$);

t_i = efeito do tratamento i ($i=1,2,\dots,8$);

$(t\ell)_{ij}$ = efeito da interação do tratamento i com o local j ;

$b_k(j)$ = efeito do bloco k dentro do local j ($k=1,2,3$);

e_{ijk} = erro experimental.

A análise conjunta foi estruturada como mostra o Quadro 3.

Quadro 3. Esquema da análise de variância conjunta.

Causas da variação	G.L.
Blocos dentro Locais	4
Locais (L)	1
Tratamentos (T)	7
L x T	7
Erro Médio	28
TOTAL	48

3.2.8.3. Coeficiente de correlação de Spearman

O coeficiente de correlação de Spearman (r_s) foi utilizado para a comparação dos valores dos "rankings" das características estudadas (SNEDECOR & COCHRAN, 1974; KAGEYAMA, 1977).

O r_s foi obtido pela seguinte fórmula:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

onde: d_i = diferença entre as posições para cada tratamento;
 n = número de diferenças.

O teste de significância dos valores de r_s obtidos, foi realizado através do teste t, pela fórmula:

$$t = \frac{r_s \sqrt{(n - 2)}}{1 - r_s^2}$$

onde: r_s = coeficiente de correlação de Spearman;

n = número de dados em cada variável.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultado das análises químicas dos solos

4.1.1. Resultados obtidos nos ensaios aos 54 meses de idade

As análises químicas dos solos, Podzólico Vermelho-Escuro (PVE) e Areia Quartzosa (AQ), visaram o acompanhamento da fertilidade dos 2 locais, após 54 meses de cultivo com *E. grandis*. Os resultados das análises químicas estão apresentados na Tabela 3.

Analizando os resultados, constata-se que os 2 solos apresentam acidez elevada, baixos teores de nutrientes e valores muito baixos de saturação de bases, que são limitações comuns na maioria dos solos dos cerrados (ADAMOLI et alii, 1986).

O valor de pH em CaCl_2 para os dois solos revelou-se extremamente baixo pela interpretação de RAIJ & QUAGGIO (1982), que considera limites mínimos a partir de pH igual a 4,3.

Tabela 3. Resultados das análises químicas efetuadas nos dois locais de experimentação, aos 54 meses de idade.

Tipo de Solo	Prof. (cm)	pH CaCl ₂	M0 %	Pres µg/cm ³	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ +Al ⁺⁺⁺ meq/100 cm ³	S		V %
									-----	-----	
PVE	0-15	4,10	2,43	2,90	0,09	0,35	0,33	3,39	0,77	4,16	18,51
	15-40	4,30	1,59	1,47	0,10	0,51	0,34	2,29	0,95	3,24	29,32
	150	4,37	0,98	1,33	0,09	0,22	0,23	2,17	0,54	2,71	19,93
AQ	0-15	3,92	1,51	2,10	0,09	0,13	0,03	2,46	0,25	2,71	9,23
	15-40	3,98	1,27	0,93	0,08	0,16	0,02	2,39	0,26	2,64	9,85
	150	4,13	0,82	0,57	0,09	0,10	0,01	1,92	0,20	2,12	9,43

Fonte: Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Depto. Química - ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

Observa-se uma tendência de elevação de pH em profundidade, para os dois solos, como esperado. No PVE, a partir da camada 15-40 cm, verificou-se o limite mínimo de acidez (pH 4,3), enquanto em AQ, até 150 cm de profundidade, não foi encontrado esse limite.

Os teores de matéria orgânica, conforme diz LOPES (1984), podem ser considerados médios entre 1,5 a 3,8%. Até 15-40 cm, o PVE apresentou valores médios de matéria orgânica, que foram superiores ao teor médio encontrado entre 0-15 cm na AQ.

A distribuição da matéria orgânica no perfil dos dois solos mostra uma redução com a profundidade, decrescendo bruscamente da camada superficial para a camada abaixo no PVE. De acordo com MELLO et alii (1985), a maior quantidade de matéria orgânica na superfície de solos de florestas deve-se a contribuição da serrapilheira mais do que a das raízes, embora uma proporção razoável destas se localizem superficialmente.

Nota-se que os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio trocáveis estão extremamente deficientes nos 2 solos, não havendo grandes alterações com o aumento da profundidade do perfil. No solo AQ foi encontrado teores de Ca e Mg trocáveis bastante inferiores àqueles no PVE, que refletiram no baixo valor da capacidade de troca catiônica.

Encontrou-se que para os 2 solos analisados, predominância de acidez potencial ($H^+ + Al^{+++}$) no complexo de troca, com valores muito baixos de saturação de bases (V), in

dicando que a parte de T ocupada pelas bases trocáveis, atingiu 22,6% para PVE e 9,5% para AQ.

A baixa capacidade de troca catiônica observada nos 2 solos até a profundidade de 150 cm, exceção feita a camada superficial do PVE que mostra um nível um pouco superior a 4 meq/100 cm³, é indicativa de um grande potencial para lixiviação de cátions (LOPES, 1984).

4.1.2. Influência do cultivo de *E. grandis* nas características químicas dos solos

O efeito do cultivo de *E. grandis* na acidez do solo, após 54 meses do plantio, foi obtido comparando-se os dados da camada superficial das Tabelas 1 (pág. 35) e 3. Constatou-se redução do pH, ou seja, aumento da acidez para PVE e, manutenção do grau de acidez para AQ.

Nos dois solos observou-se uma tendência à redução dos teores de matéria orgânica com o cultivo de eucaliptos, embora estes teores sejam considerados médios. No entanto, conforme evidencia LEPSCH (1980), seria importante se considerar as quantidades de matéria orgânica do folheto, pois estas devem ser bem menores em AQ que em PVE devido ao menor teor de argila do primeiro solo (Tabela 2, pág. 36). Quanto maior o teor de argila, maior será capacidade do solo em reter humus.

Apesar dos solos estudados serem originalmente de média a baixa fertilidade, respectivamente para PVE e AQ, não houve efeito de aumentar os teores de matéria orgânica e quantidade de nutrientes nos horizontes superficiais. Na AQ os níveis de fertilidade e acidez se mantiveram, enquanto no PVE houve decréscimo de pH, de K^+ e Mg^{++} , sendo a redução destas bases de 50%, e uma redução de 82,5% nos teores de Ca^{++} . Portanto, constata-se que o cálcio foi o elemento mais absorvido pelos eucaliptos cultivados no PVE.

4.2. Efeito de locais no comportamento de clones de *E. grandis* aos 18 e 54 meses de idade

Os resultados de crescimento em altura, DAP, porcentagem média de sobrevivência e volume sólido com casca por hectare, nos dois locais - solo Podzólico Vermelho-Escuro (PVE) e solo Areia Quartzosa (AQ), para as idades de 18 e 54 meses são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 4 e 5.

4.2.1. Sobrevivência

Os dados de médias de sobrevivência aos 18 meses de idade revelaram valores altos, generalizadamente para todos os clones na AQ, e valores pouco menores no PVE. A média geral do ensaio na AQ foi de 94,27%, com valor de 89,58 %

Tabela 4. Comportamento de clones de *E. grandis* para porcentagem média de sobrevivência, altura total (m), diâmetro à altura do peito-DAP (cm) e volume sólido com casca por hectare (m³/ha), aos 18 meses de idade, em dois locais no município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de variância.

Tratamentos	Solo Podzólico Vermelho-Escuro				Solo Areia Quartzosa			
	Sobr.	Altura	DAP	VCLCCHA	Sobr.	Altura	DAP	VSLCCHA
1. G-0245	91,67A	8,05B	7,28C	16,29C	97,92A	7,08A	5,27C	9,46BC
2. G-0246	87,50A	8,70ABC	7,33BC	17,33C	95,83A	7,98A	5,99ABC	11,87ABC
3. G-0269	97,92A	9,52A	8,36AB	27,44A	98,75A	8,55A	6,86A	15,41A
4. G-0250	81,25A	9,71A	8,60A	23,77AB	91,67A	8,02A	6,74AB	15,19AB
5. G-0256	87,50A	8,66ABC	7,01C	16,11C	100,00A	7,60A	5,52BC	9,90ABC
6. G-0259	87,50A	9,01AB	7,60ABC	19,50BC	89,58A	7,54A	5,84ABC	10,48ABC
7. G-0261	81,25A	7,84C	7,27C	17,11C	93,75A	6,82A	5,64BC	9,31C
8. G-0251	97,92A	8,59ABC	7,39BC	18,57BC	91,67A	7,28A	5,65BC	9,69ABC
F	3,43*	7,94**	7,05**	11,19**	1,18	2,18	5,55**	4,76**
Média	89,06	8,76	7,61	19,52	94,27	7,61	5,94	11,41
C.V. (%)	1,51	4,54	4,88	10,72	1,31	8,64	5,61	17,61

(%) - Transformado em log (x+1)

* Significativo a 5% pelo teste F

** Significativo a 1% pelo teste F

Tratamentos com letras diferentes diferem à 5% pelo teste de Tukey

Tabela 5. Comportamento de clones de *E. grandis* para porcentagem média de sobrevivência, altura total (m), diâmetro à altura do peito - DAP (cm) e volume sólido com casca por hectare (m³/ha), aos 54 meses de idade, em dois locais no município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de variância.

Tratamentos	Solo Podzólico Vermelho-Escuro				Solo Areia Quartzosa			
	Sobr.	Altura	DAP	VSLCCHA	Sobr.	Altura	DAP	VSLCCHA
1. G-0245	66,67B	21,96A	15,93 C	183,20C	87,50A	17,77AB	13,06A	128,09ABC
2. G-0246	87,50AB	24,29A	17,67AB	259,53ABC	93,75A	20,07A	14,70A	159,86A
3. G-0269	97,92A	24,15A	17,30AB	284,04A	91,67A	19,33AB	14,68A	144,89AB
4. G-0250	81,25AB	25,53A	18,73A	278,29AB	89,58A	20,07A	14,36A	153,45AB
5. G-0256	85,42AB	24,49A	17,86AB	275,95AB	100,00A	17,60AB	13,65A	124,89ABC
6. G-0258	87,50AB	24,51A	17,46AB	252,13ABC	87,50A	17,26B	13,30A	108,91BC
7. G-0261	77,08AB	22,85A	17,69AB	254,89ABC	89,58A	16,81B	12,93A	111,93ABC
8. G-0251	89,58AB	21,64A	16,05 B	194,74BC	83,33A	17,81AB	13,67A	110,99BC
F	3,10*	3,06*	4,32**	11,83**	1,12	6,19**	1,74	4,69**
Média	84,11	23,68	17,34	247,85	90,36	18,34	13,79	130,38
C.V. (%)	2,56	5,73	6,64	11,82	2,17	4,89	6,73	19,27

(%) Transformado em log (x+1)

* Significativo a 5% pelo teste F

** Significativo a 1% pelo teste F

Tratamentos com letras diferentes diferem à 5% pelo teste de Tukey

para o clone de pior sobrevivência. No solo PVE, aos 18 meses de idade, a média geral de sobrevivência foi de 89,06%, com o clone de pior sobrevivência apresentando valor de 81,25%.

Aos 54 meses de idade, a média de sobrevivência na AQ foi de 90,36%, com pequena redução com relação aos dados de 18 meses de idade, com valor de 83,33% para o clone de pior sobrevivência. No solo PVE, aos 54 meses de idade, também houve redução da sobrevivência com relação aos dados de 18 meses de idade, a média geral foi de 84,11%, com o clone pior apresentando o valor de 66,27%.

O pior clone no PVE, aos 54 meses de idade, com relação a sobrevivência foi o G-0245. Esse clone aos 18 meses de idade apresentou alta sobrevivência, com valor de 91,67%, e posteriormente aos 54 meses mostrou uma redução de 25,00%. Um aspecto a ser considerado, observando-se os dados de médias por parcela verifica-se que o clone G-0245 apresentou baixa sobrevivência em uma das parcelas, com valor de 56,25%, enquanto a média das outras parcelas foi de 71,88%. É importante mencionar que o G-0245 foi o clone que apresentou a maior porcentagem de enraizamento das estacas provenientes da árvore matriz, em torno de 84%. A redução na sobrevivência foi observada após a ocorrência de ventos muito fortes; assim, sugere-se que o tombamento das árvores esteja relacionado a qualidade do sistema radicular, que deve ser bastante superficial.

A análise de variância aplicada aos dados de médias das parcelas, transformados em $\log (x+1)$, aos 18 e 54 meses de idade, revelou significância (5%) para os valores de F obtidos para o ensaio no PVE e não significância para o ensaio na AQ.

A comparação entre médias do teste Tukey, para a porcentagem média de sobrevivência, revelou diferenças significativas entre clones para o ensaio no PVE aos 54 meses de idade.

4.2.2. Altura total

A análise de variância aplicada aos dados de médias de parcelas para altura total aos 18 meses revelou valores de F significativos ao nível de 1% para o ensaio no PVE e valores não significativos para o ensaio na AQ, revelando a existência de variação genética entre clones no PVE.

A amplitude observada entre os clones para altura total aos 18 meses de idade no PVE, mostra valores de 9,71 a 7,84 m, enquanto no ensaio na AQ os valores foram de 8,55 a 6,82 m. Os melhores clones para a característica altura de planta foram o G-0245 e G-0269 no PVE, e na AQ foi o G-0269. O pior clone, para os dois ensaios, foi o G-0261.

Os coeficientes de variação para os ensaios foram, respectivamente no PVE e na AQ, valores de 4,54% e 8,64%, evidenciando que na AQ o valor foi 90,31% superior àque-

le no PVE. Esses valores revelam-se baixos, indicando uma boa precisão para o experimento em discussão, possibilitando a detecção de variações entre clones.

O teste Tukey para comparação entre médias mostra diferenças estatísticas entre clones no PVE, mas não no ensaio na AQ. Os clones G-0250 e G-0269 diferiram ao nível de 5% de significância do clone de pior crescimento (G-0261).

Aos 54 meses de idade, a análise de variância aplicada aos dados de altura total revelou valores de F significativos ao nível de 5% no ensaio no PVE e significativo ao nível de 1% no ensaio na AQ, modificando os resultados obtidos aos 18 meses de idade. A variação genética entre clones é afirmada nessa idade para os dois ensaios, revelando a importância dessa característica.

Ainda, pela análise de variância, obteve-se coeficiente de variação equivalente entre os ensaios, com valores de 5,73 e 4,89, respectivamente no solo PVE e na AQ.

Embora a ordem de classificação dos principais clones não tenha sofrido grandes alterações, houve um aumento na amplitude de variação entre os tratamentos, superior à duas vezes àquela amplitude mostrada aos 18 meses. Os melhores crescimentos aos 54 meses foram apresentados pelos clones G-0250 e G-0258 no PVE, e pelos clones G-0246 e G-0250 na AQ. Ainda os melhores clones no PVE foram superiores àquele de pior crescimento em 84,76%, enquanto os melhores clones na AQ foram 83,76% superiores àquele clone de pior crescimento, va-

lores maiores dos obtidos aos 18 meses, equivalentes a 80,74% e 61,64%, respectivamente no PVE e na AQ. Esses fatos contribuem com a idéia de que extrapolações dos resultados para idades adultas devem ser feitas com muito cuidado.

A comparação entre médias pelo teste Tukey para altura total, revelou diferenças daquela comparação aos 18 meses, não mostrando diferenças entre os clones no PVE, enquanto na AQ houve diferença entre os tratamentos ao nível de 5%.

4.2.3. DAP

Os dados de crescimento em DAP aos 18 meses de idade mostram resultados semelhantes obtidos para os ensaios no PVE e na AQ. A análise de variância para os dados médios de parcelas revelou valores para F significativos ao nível de 1%.

A amplitude observada entre os clones para DAP aos 18 meses de idade, mostra no PVE valores de 8,60 a 7,01 cm, enquanto no ensaio na AQ os valores foram de 6,86 a 5,27 cm. Os melhores clones para o crescimento em DAP foram G-0250 e G-0269, respectivamente para PVE e AQ. Com relação aos piores clones, respectivamente no PVE e na AQ, os tratamentos com menores valores foram G-0256 e G-0245.

Os coeficientes de variação para os ensaios foram, respectivamente no PVE e na AQ, valores de 4,38 e 5,61,

evidenciando semelhança entre os locais. Esses valores revelam-se baixos, o que indica uma boa precisão para o experimento, possibilitando a detecção de variações genéticas entre clones.

O teste Tukey revelou diferenças significativas entre clones. O clone G-0250 no ensaio em solo PVE diferiu ao nível de 5% dos três clones de pior crescimento (G-0256, G-0261 e G-0245), enquanto os outros clones não diferiram significativamente entre si. No ensaio em AQ, o melhor clone (G-0269) diferiu ao nível de 5% do clone de pior crescimento (G-0245), e os outros clones não diferiram significativamente entre si.

Os dados de médias de crescimento em DAP, para o ensaio no PVE, aos 54 meses de idade, foram similares aos obtidos para 18 meses. Por outro lado, no ensaio na AQ os dados médios de DAP foram discordantes daqueles obtidos aos 18 meses. A análise de variância para os dados dessa característica revelam valores para o F significativos ao nível de 1% no PVE, mas não significativos na AQ. A existência de variações genéticas entre clones foi marcada no ensaio em solo PVE, nas duas idades estudadas; embora, essas variações não tenham ocorrido no ensaio em AQ.

Ainda, pela análise de variância, obteve-se coeficiente de variação para a característica em questão de 6,64% no PVE e 6,73% na AQ, valores equivalentes que mostram uma boa precisão para o experimento.

Cabe a observação que o melhor clone no PVE para a característica crescimento em DAP, aos 18 e 54 meses de idade, foi o G-0250 que, nesse ensaio foi o melhor clone para a característica altura total. Para o ensaio na AQ o clone G-0269 foi o melhor tratamento para as características de crescimento em altura em DAP, aos 18 meses de idade, enquanto aos 54 meses o clone G-0246 foi o melhor para essas duas características.

A amplitude observada entre os clones para DAP aos 54 meses de idade, mostra no PVE valores de 18,73 a 19,53 cm, enquanto no ensaio na AQ os valores foram de 14,50 a 12,93 cm. Esses valores comparados àqueles aos 18 meses de idade permitem observar que a amplitude entre clones aumentou em 76,10% no solo PVE, e na AQ o aumento foi apenas de 11,32%.

A comparação entre médias pelo teste Tukey para DAP aos 54 meses de idade, revelou novamente diferenças significativas entre clones no PVE, e a não existência de diferenças significativas entre clones na AQ. No solo PVE o clone G-0250, de melhor crescimento em DAP, diferiu ao nível de 5% de significância dos dois clones de pior crescimento em DAP, ou seja, do G-0245 e G-0251. Por outro lado, no ensaio sob AQ, o clone de melhor crescimento em DAP, isto é, o G-0246, não diferiu estatisticamente do G-0261, que foi o clone de pior crescimento.

4.2.4. Volume sólido com casca por hectare

Para crescimento em volume sólido com casca por hectare, aos 18 meses de idade, a análise de variância dos dados revela valores para o F significativos ao nível de 1%, equivalentes ao crescimento em altura e em DAP no solo PVE, e para crescimento em DAP na AQ. Esses valores mostram novamente a existência de variações genéticas ao nível de clones.

A amplitude de variação entre clones para crescimento em volume, aos 18 meses de idade, mostra clones de 27,44 a 17,11 m³/ha no PVE, e valores de 15,41 a 9,31 m³/ha na AQ. A superioridade do clone G-0269 para crescimento em volume sólido com casca por hectare foi observada nos dois solos, relativamente aos clones de pior volume mostra valor superior de 37,65% e 39,58%, respectivamente no PVE e na AQ, o que evidencia a magnitude das diferenças entre clones.

O teste Tukey para comparação de médias de clones para volume sólido com casca por hectare, aos 18 meses, revelou a existência de diferenças significativas. O clone G-0269, de maior sobrevivência e segundo melhor crescimento em altura e DAP no solo PVE, difere ao nível de 5% de significância dos piores clones G-0256, G-0245, G-0261 e G-0241, e também difere dos clones G-0251 e G-0258. Assim, só não mostra diferença significativa do clone G-0250, que apresenta a melhor colocação para as características de crescimento em altura e em DAP, mas com a pior sobrevivência. No ensaio sob AQ,

o clone G-0269 também mostra o melhor crescimento em volume e para altura e DAP, mas revela menor valor de sobrevivência. Os clones G-0269 e G-0250, segundo colocados para a característica em questão, respectivamente para PVE e AQ, não diferiram ao nível de 5% do primeiro colocado em cada local. No solo PVE, o G-0269 diferiu significativamente (5%) dos clones G-0256, G-0245, G-0261 e G-0246. Por outro lado, na AQ o segundo melhor tratamento, isto é, o G-0250 diferiu significativamente ao nível de 5% do clone G-0261.

O coeficiente de variação para o ensaio em AQ foi 64,27% superior àquele em PVE, com valores de 17,61% e 10,72%, respectivamente.

Os dados de médias de volume sólido com casca por hectare aos 54 meses de idade foram similares aos obtidos para os 18 meses. A análise de variância, também para essa idade, revelou valores para o F altamente significativos, mostrando a existência de variações genéticas entre clones para volume.

Ainda, pela análise de variância, obteve-se coeficiente de variação para a característica em questão de 11,82% para o ensaio no PVE, e de 19,27% para AQ, valores que mostram uma boa precisão para o experimento. Para ensaios florestais esses coeficientes de variação revelam-se baixos, possibilitando a detecção de variações entre clones.

A amplitude observada entre os clones para volume sólido com casca por hectare mostra a tendência de aumento da magnitude com o avanço da idade.

Cabe a observação de que os dados de médias para crescimento em volume aos 54 meses mostram a superioridade da média dos clones em PVE comparativamente a média na AQ. O melhor clone para a característica volume sólido com casca por hectare no solo PVE, isto é, o G-0269, mostra um valor de 56,28% superior àquele do melhor clone no ensaio da AQ, que é o G-0246.

O teste Tukey para comparação de médias de clones para crescimento em volume aos 54 meses de idade revelou a existência de diferenças significativas para os ensaios no PVE e na AQ. No solo PVE, o clone G-0269 difere ao nível de 5% de significância nos dois clones de pior comportamento (G-0245 e G-0251). O segundo melhor clone no solo PVE (G-0250) difere ao nível de 5% de significância do clone de pior comportamento (G-0245), mas não difere dos outros clones em estudo. O ensaio na AQ mostra que o melhor clone, isto é, o G-0246, difere ao nível de 5% de significância dos dois clones de pior crescimento em volume (G-0258 e G-0251).

4.3. Concentração de nutrientes em folhas de clones de

E. grandis

As concentrações de macro e micronutrientes encontrados nas folhas da parte intermediária da copa, são apresentadas nas Tabelas 6 e 7 para a idade de 12 meses, e Tabelas 8 e 9 para a idade de 56-57 meses.

Tabela 6. Análise foliar de macronutrientes em clones de *E. grandis* aos 12 meses de idade, em dois locais do município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de variância.

Tratamentos	Solo Podzólico Vermelho-Escuro						Solo Areia Quartzosa							
	N	P	K	%	Ca	Mg	S	N	P	K	%	Ca	Mg	S
1. G-0245	2,12A	0,11A	0,94A	0,50AB	0,27AB	0,10A	1,93A	0,10B	0,79CD	0,34A	0,22A	0,10A	0,10A	0,10A
2. G-0246	2,75A	0,12A	1,12A	0,48AB	0,25AB	0,10A	1,71A	0,07CD	1,07ABC	0,28A	0,15BC	0,08A	0,15BC	0,08A
3. G-0269	2,30A	0,12A	1,12A	0,63AB	0,31A	0,10A	1,83A	0,07CD	0,82BCD	0,30A	0,15BC	0,10A	0,15BC	0,10A
4. G-0250	2,56A	0,12A	1,02A	0,96A	0,31A	0,11A	2,00A	0,09B	0,84BCD	0,36A	0,20AB	0,11A	0,20AB	0,11A
5. G-0256	2,09A	0,13A	1,02A	0,42B	0,22B	0,09A	1,93A	0,12A	1,08AB	0,32A	0,17ABC	0,11A	0,17ABC	0,11A
6. G-0258	2,28A	0,11A	0,87A	0,52AB	0,28AB	0,09A	1,73A	0,09B	0,97ABCD	0,31A	0,22A	0,10A	0,22A	0,10A
7. G-0261	2,28A	0,14A	0,99A	0,63AB	0,31A	0,13A	1,74A	0,09B	1,17A	0,32A	0,21AB	0,08A	0,21AB	0,08A
8. G-0251	2,13A	0,12A	0,97A	0,43B	0,24AB	0,11A	1,60A	0,07D	0,77D	0,24A	0,12C	0,08A	0,12C	0,08A
F	2,07	0,76	0,35	4,15*	3,50*	2,48	2,27	18,67**	7,40**	2,13	8,47**	1,16	8,47**	1,16
Média	2,31	0,12	1,01	0,54	0,27	0,10	1,81	0,09	0,94	0,31	0,18	0,10	0,18	0,10
C.V. (%)	6,50	11,96	9,46	12,74	11,00	11,96	5,52	6,80	7,57	12,41	11,38	17,33	11,38	17,33

* Significativo a 5% pelo teste F

** Significativo a 1% pelo teste F

Tratamentos com letras diferentes diferem a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 7. Análise foliar de micronutrientes em clones de *E. grandis* aos 12 meses de idade, em dois locais do município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de variância.

Tratamentos	Solo Podzólico Vermelho-Amarelo					Solo Areia Quartzosa				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	ppm					ppm				
1. G-0245	40,3AB	4,3A	148,3A	340,7AB	13,3A	36,0A	4,7A	192,0A	417,0A	12,7AB
2. G-0246	28,7A	5,0A	115,3A	340,7AB	15,0A	27,0A	6,0A	145,0AB	412,0A	9,7B
3. G-0269	33,0AB	5,0A	112,0A	321,7AB	16,7A	28,0A	5,0A	139,7AB	386,3A	10,0B
4. G-0250	34,7AB	5,7A	135,3A	399,7A	16,0A	29,3A	6,0A	124,0B	410,3A	10,7AB
5. G-0256	33,3AB	5,3A	86,7A	227,7B	15,0A	32,7A	5,7A	124,7B	381,0A	13,3A
6. G-0258	38,3AB	5,3A	112,3A	366,7A	15,3A	36,0A	5,0A	129,0B	408,3A	13,3A
7. G-0261	37,3AB	7,0A	120,7A	380,3A	19,3A	23,7A	4,3A	133,3B	444,3A	13,3A
8. G-0251	45,3A	5,3A	116,3A	378,0A	16,7A	39,7A	2,7A	139,3AB	395,3A	9,7B
F	2,48	1,19	2,06	5,00**	0,96	2,82*	1,39	4,33**	1,17	7,18**
Média	36,4	5,4	118,4	344,4	15,92	31,5	4,9	140,9	405,8	11,6
C.V. (%)	15,50	22,56	18,41	12,06	19,46	17,78	32,65	12,98	7,82	9,68

* Significativo a 5% pelo teste F

** Significativo a 1% pelo teste F

Tratamentos com letras diferentes diferem a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 8. Análise foliar de macronutrientes em clones de *E. grandis* aos 56-57 meses de idade, em dois locais do município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de variância.

Tratamentos	Solo Podzólico Vermelho-Escuro							Solo Areia Quartzosa						
	N	P	K	%	Ca	Mg	S	N	P	K	%	Ca	Mg	S
1. G-0245	2,27A	0,12A	0,87A	0,68B	0,28A	0,11A	1,96A	0,12AB	0,43B	0,47A	0,18A	0,12A	0,12A	0,12A
2. G-0246	2,43A	0,10A	0,69A	0,69AB	0,32A	0,10A	2,09A	0,12AB	0,51AB	0,41A	0,22A	0,11A	0,11A	0,11A
3. G-0269	1,94A	0,10A	0,66A	0,68B	0,34A	0,11A	1,90A	0,13AB	0,59A	0,49A	0,27A	0,12A	0,12A	0,12A
4. G-0256	2,24A	0,11A	0,79A	0,72AB	0,36A	0,11A	2,12A	0,13AB	0,51AB	0,41A	0,23A	0,12A	0,12A	0,12A
5. G-0256	2,04A	0,09A	0,61A	0,68B	0,37A	0,11A	2,11A	0,12AB	0,41B	0,14A	0,23A	0,10A	0,10A	0,10A
6. G-0258	2,12A	0,09A	0,59A	0,65B	0,34A	0,12A	1,98A	0,10B	0,43B	0,38A	0,20A	0,10A	0,10A	0,10A
7. G-0261	2,15A	0,10A	0,59A	0,79AB	0,27A	0,09A	2,07A	0,14A	0,51AB	0,35A	0,21A	0,11A	0,11A	0,11A
8. G-0251	2,33A	0,13A	0,64A	0,90A	0,31A	0,10A	2,07A	0,12AB	0,54AB	0,32A	0,22A	0,12A	0,12A	0,12A
F	1,43	1,34	2,16	3,94*	0,71	0,60	1,01	2,47	4,38**	2,71*	1,12	1,93	1,93	1,93
Média	2,19	0,11	0,67	0,72	0,32	0,11	2,04	0,12	0,49	0,41	0,22	0,11	0,11	0,11
C.V. (%)	6,16	17,30	12,66	7,67	17,03	20,32	4,17	8,48	8,66	13,24	16,62	8,34	8,34	8,34

* Significativo a 5% pelo teste F

** Significativo a 1% pelo teste F

Tratamentos com letras diferentes diferem a 5% pelo teste de Tukey

Tabela 9. Análise foliar de micronutrientes em clones de *E. grandis* aos 56-57 meses de idade, em dois locais do município de Lençóis Paulista-SP, e os resultados da análise de variância.

Tratamentos	Solo Podzólico Vermelho-Escuro					Solo Areia Quartzosa				
	B	Cu	Fe ppm	Mn	Zn	B	Cu	Fe ppm	Mn	Zn
1. G-0245	46,3A	3,3A	116,7A	682,0A	8,7A	56,0A	6,3A	112,0A	533,3A	11,7A
2. G-0246	42,7A	5,7A	125,7A	869,0A	8,7A	56,3A	5,7A	101,0A	453,0AB	11,7A
3. G-0269	46,3A	5,0A	134,7A	641,7A	8,3A	56,0A	8,7A	65,7A	412,0AB	14,0A
4. G-0250	36,0A	8,7A	76,7A	480,3A	9,3A	51,7A	7,0A	68,3A	479,7AB	13,3A
5. G-0256	46,3A	3,7A	109,0A	777,3A	9,3A	49,0A	3,0A	105,3A	502,0A	13,7A
6. G-0258	42,0A	2,7A	98,3A	792,0A	8,7A	57,7A	7,7A	87,0A	337,0B	26,7A
7. G-0261	35,0A	6,7A	138,7A	814,0A	9,7A	45,7A	10,0A	68,3A	415,0AB	10,0A
8. G-0251	52,3A	3,3A	121,3A	799,3A	11,3A	51,7A	7,0A	58,3A	479,7AB	13,3A
F	1,18	1,13	0,99	1,29	0,33	0,48	0,82	0,77	4,63**	0,85
Média	43,4	4,9	115,13	732,0	9,3	53,0	6,9	84,50	451,58	14,29
C.V. (%)	21,25	68,35	30,65	26,10	31,26	19,97	57,71	45,16	11,02	68,04

* Significativo a 5% pelo teste F

** Significativo a 1% pelo teste F

Tratamentos com letras diferentes diferem a 5% pelo teste de Tukey.

4.3.1. Macronutrientes

A análise de variância aplicada aos dados de médias, transformados em $\log(x+1)$ para a concentração de macronutrientes, aos 12 meses de idade, revelou valores significativos ao nível de 5% para Ca e Mg no PVE, e valores significativos ao nível de 1% para P, K e Mg na AQ, mostrando a existência de variação genética entre clones para as concentrações desses nutrientes.

Ainda, pela análise de variância obteve-se coeficiente de variação, respectivamente no PVE e na AQ, mostrando valores de 6,50 e 5,52% para N, 11,96 e 6,8% para P, 9,46 e 7,57% para K, 12,74 e 12,41% para Ca, 11,00 e 11,38% para Mg, 11,96 e 17,38% para S. Esses valores são considerados baixos para ensaios florestais, o que indica uma boa precisão para o experimento em questão.

A amplitude observada entre os clones mostra a magnitude da variação observada para as concentrações de macronutrientes.

Para a concentração de N, a faixa de variação foi de 2,75 a 2,09% no ensaio sob PVE, enquanto na AQ os valores foram de 2,00 a 1,60%. O melhor clone (G-0246), isto é, aquele com maior concentração de N, no PVE, apresenta um valor 31,52% superior daquele clone com menor concentração de N (G-0256). Na AQ, o melhor clone (G-0250) mostra valor 25 % superior ao pior clone (G-0251), que também mostrou o menor crescimento em altura.

A amplitude entre os clones para a concentração de P mostra valores de 0,14 a 0,11% no PVE, e na AQ valores de 0,12 a 0,07%. O clone que apresentou a maior concentração de P no PVE foi o G-0261, por outro lado este clone mostrou o menor crescimento em altura. As menores concentrações de P, no PVE, foram encontradas nos clones G-0245 e G-0258, sendo que esses clones apresentaram, respectivamente, a sétima e terceira colocação para a característica crescimento em altura. No ensaio sob AQ o clone que mostrou maior concentração de P foi o G-0256, e aqueles com menor concentração foram o G-0246, G-0269 e G-0258. Os três clones de pior colocação para P apresentaram valores baixos, e assim, com tendência a deficiência em P.

Os valores da concentração de K nos clones sob PVE foram de 1,12 a 0,87%, e na AQ a amplitude foi de 1,17 a 0,77%. Os melhores colocados no PVE foram os clones G-0246 e G-0269, enquanto na AQ foi o G-0261. Os piores colocados foram o G-0258 e G-0251, respectivamente no PVE e na AQ que mostraram valores de 28,74% e 51,95% inferiores aos melhores colocados.

Para a concentração de Ca, a amplitude foi de 0,69 a 0,42% no ensaio sob PVE, e na AQ de 0,36 a 0,24%. A maior concentração de Ca foi mostrada pelo clone G-0250 nos dois locais, que também apresentou a primeira e segunda colocação para a característica altura, respectivamente nos solos PVE e AQ. Por outro lado, a menor concentração de Ca foi mos

trada pelo clone G-0251 na AQ e no PVE, e G-0256, também, no PVE. Os piores colocados apresentaram valores de 64,29% e 50% inferiores àqueles do melhor clone (G-0250) nos ensaios sob PVE e AQ, respectivamente.

A amplitude entre os clones para a concentração de Mg mostra valores de 0,31 a 0,22% no PVE, e de 0,22 a 0,12% na AQ. As maiores concentrações de Mg no PVE foram encontradas nos clones G-0269, G-0250 e G-0261, enquanto a menor concentração foi mostrada pelo G-0256. No ensaio sob AQ, os primeiros colocados foram G-0245 e G-0258, e os últimos colocados foram G-0246 e G-0269. A diferença entre os maiores e menores valores no PVE e na AQ foi, respectivamente, de 40,91% e 83,33%.

Para a concentração de S, os valores no PVE e AQ foram, respectivamente, de 0,13 a 0,09% e de 0,11 a 0,08%. O melhor colocado no PVE (G-0261) revelou um valor 44,44% superior àquele dos piores colocados (G-0256 e G-0258). Na AQ os melhores colocados (G-0250 e G-0256) mostram um valor 37,50% superior àquele dos piores clones (G-0246, G-0261 e G-0251).

O teste de Tukey para a comparação entre médias, para concentrações de macronutrientes revelou diferenças significantes ao nível de 5% entre clones para Ca e Mg no ensaio sob PVE, e para P, K, Ca e Mg na AQ.

Aos 56-57 meses de idade, a análise de variância dos dados revela, para as concentrações de macronutrientes, valores para o F significativos ao nível de 5% para Ca no PVE

e na AQ, e valor para F significativo ao nível de 1% para K na AQ, mostrando novamente a existência de variações genéticas ao nível de clones para Ca no PVE e para K, na AQ.

Os coeficientes de variação para o ensaio mostram valores um pouco superiores aos 56-57 meses daqueles aos 12 meses para P, K, Mg e S no PVE, e N, P, K, Ca e Mg na AQ. Esses valores continuam sendo baixos para ensaios florestais, o que indica uma boa precisão para o experimento.

A comparação entre médias pelo teste Tukey revelou diferenças significativas entre clones para Ca no PVE e para P e K na AQ, semelhante àquela na primeira idade, com exceção do Mg, que não mostrou significância aos 56-57 meses.

No ensaio sob PVE para concentração de Ca, o clone G-0251 diferiu ao nível de 5% de significância dos clones G-0245, G-0269, G-0256 e G-0258, e outros clones não diferiram entre si. Na AQ, para a concentração de P o clone G-0261 diferiu ao nível de 5% de significância do G-0258, e os outros clones não diferiram entre si, e para a concentração de K o clone G-0269 diferiu ao nível de 5% de significância dos clones G-0245, G-0256 e G-0258, enquanto os outros clones não diferiram entre si.

Com a idade, houve uma diminuição na amplitude de variação entre os tratamentos, o que pode ser verificado pelos valores de F das análises de variâncias para as duas idades. Para o N, os valores foram de 2,43 a 1,94% no PVE, e de 2,12 a 1,90% na AQ. Para o P, os valores foram de 0,13 a 0,09% no PVE, e de 0,14 a 0,10% na AQ. Para o K, os valores

foram de 0,87 a 0,59% no PVE, e de 0,59 a 0,41% na AQ. Para o Ca, os valores foram de 0,90 a 0,65% no PVE, e de 0,49 a 0,32% na AQ. Para o Mg, os valores foram de 0,37 a 0,27% no PVE, e de 0,27 a 0,18% na AQ. Para o S, os valores foram de 0,13 a 0,09% no PVE, e de 0,12 a 0,10% na AQ.

4.3.2. Micronutrientes

A análise de variância aplicada aos dados de médias para as concentrações de micronutrientes, aos 12 meses de idade, revelou valores altamente significativos para Mn no PVE e para Fe e Zn na AQ, e valor significativo ao nível de 5% para B na AQ, mostrando a existência de variações genéticas entre clones.

Os coeficientes de variação para o ensaio no PVE foram de 15,50% para B, 22,56% para Cu, 18,41% para Fe, e 12,06% para Mn e 19,46% para Zn. Na AQ, os valores dos coeficientes de variação foram de 17,78% para B, 32,65% para Cu, 12,98% para Fe, 7,82% para Mn e 9,68% para Zn. Esses valores revelam-se bastante superiores aqueles encontrados em macronutrientes, embora sejam considerados baixos para ensaios florestais, com exceção do valor de Cu na AQ.

O teste Tukey para comparações entre médias revelou diferenças significativas entre clones para B e Mn no PVE, e para Fe e Zn na AQ. O clone G-0251, com maior concentração de B no PVE, diferiu ao nível de 5% de significância do

G-0246, enquanto os outros clones não diferiram entre si. Os primeiros colocados para Mn no ensaio sob PVE (G-0250, G-0261, G-0251 e G-0258) diferiram ao nível de 5% de significância do G-0256. Na AQ, para a concentração de Fe, o primeiro colocado (G-0245) diferiu ao nível de 5% de significância dos clones G-0261, G-0258, G-0256 e G-0250, e para a concentração de Zn, os primeiros colocados (G-0256, G-0258 e G-0261) diferiram ao nível de 5% de significância dos clones G-0246, G-0251 e G-0269.

As amplitudes observadas entre os clones para as concentrações de micronutrientes mostram a magnitude das variações observadas.

Os clones de maiores concentrações de B mostraram-se 57,84% e 67,51% superiores aos clones de menores concentrações, respectivamente nos ensaios sob PVE e AQ.

Os melhores clones para concentração de Cu mostraram-se 62,79% e 122,22% superiores aos clones de menores concentrações, respectivamente no PVE e AQ.

Para a concentração de Fe, os primeiros colocados, respectivamente no PVE e AQ, mostraram-se 71,05% e 54,84% superiores àqueles últimos colocados.

Os primeiros colocados para a concentração de Mn, no PVE e na AQ, mostraram-se 75,54% e 54,84% superiores aos clones de menores concentrações.

Para a concentração de Zn, os clones com maiores valores, respectivamente no PVE e AQ, mostraram-se 75,54% e 16,61% superiores aos clones com menores valores.

Aos 56-57 meses de idade, as análises de variância para micronutrientes revelaram valores de F não significantes, bastante inferiores àqueles obtidos aos 12 meses de idade, com exceção da concentração de Mn que mostrou valor de F altamente significativo na AQ, enquanto na primeira idade não mostrava significância entre os clones.

Ainda, pelas análises de variâncias, obteve-se os coeficientes de variação para as concentrações de micronutrientes, com valores bastante superiores àqueles obtidos aos 12 meses, que foram, respectivamente no PVE e AQ, 21,25% e 19,27% para B, 68,35% e 57,71% para Cu, 30,65% e 45,16% para Fe, 26,10% e 11,02% para Mn, e 31,26% e 68,04% para Zn.

A comparação entre médias pelo teste Tukey, para as concentrações de micronutrientes aos 56-57 meses de idade, revelou diferenças significativas ao nível de 5% entre os clones para a concentração de Mn no ensaio sob AQ. Os clones com maiores valores de Mn (G-0245 e G-0256) diferiram significativamente do clone com menor valor de Mn (G-0258). Os outros clones não diferiram significativamente entre si.

A amplitude de variação entre os clones aumentou ou diminuiu com a idade dependendo do nutriente analisado.

Para o B, houve redução da amplitude de variação para os ensaios no PVE e AQ, com valores entre os primeiros e últimos colocados de 49,43% e 26,26%, respectivamente.

Para o Cu, houve um grande aumento da amplitu-

de de variação no PVE e AQ, com valores entre os clones de maior e menor concentração de 222,22% e 233,33%, respectivamente.

Para o Fe, também houve aumento da amplitude de variação, com valores entre o primeiro e último colocados da ordem de 80,83% no PVE, e de 70,47% na AQ.

Para o Mn, houve redução da amplitude entre os clones no PVE, mostrando o primeiro colocado valor de 69,48% superior do último colocado, por outro lado, no ensaio sob AQ houve aumento da amplitude de variação, com superioridade do primeiro colocado em relação ao último colocado de 58,25%.

Também foi observado para a concentração de Zn comportamento diferente entre os clones no PVE e na AQ. No primeiro solo houve redução da amplitude de variação entre os clones com a idade, com superioridade do primeiro colocado em relação aos últimos de 36,15%; já no ensaio sob AQ houve aumento da amplitude de variação entre os clones, com valor 167% superior do primeiro colocado em relação ao último.

4.3.3. Relações entre nutrientes

Os resultados das relações N/P, N/K, N/S, P/K e Ca/Mg, obtidos com os dados de médias das concentrações individuais desses nutrientes, nas duas idades avaliadas, são apresentados nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Relações entre nutrientes para clones de *E. grandis*, cultivados em solos Podzólico Vermelho Escuro e Areia Quartzosa, aos 12 meses de idade.

Tratamentos	Solo Podzólico Vermelho-Escuro					Solo Areia Quartzosa				
	N/P	N/K	N/S	P/K	Ca/Mg	N/P	N/K	N/S	P/K	Ca/Mg
1. G-0245	19,3	2,26	21,2	0,12	1,85	19,3	2,44	19,3	0,13	1,55
2. G-0246	22,9	2,46	27,5	0,11	1,92	24,4	1,60	21,4	0,07	1,87
3. G-0269	19,2	2,05	23,0	0,11	2,03	26,1	2,23	18,3	0,09	2,00
4. G-0250	21,3	2,51	23,3	0,12	2,23	22,2	2,38	18,3	0,11	1,80
5. G-0256	16,1	2,05	23,2	0,13	1,91	16,1	1,79	17,6	0,11	1,88
6. G-0258	20,7	2,62	25,3	0,13	1,86	19,2	1,78	17,3	0,09	1,41
7. G-0261	16,3	2,30	17,5	0,14	2,03	19,3	1,49	21,8	0,08	1,52
8. G-0251	17,8	2,20	19,4	0,12	1,79	22,9	2,08	20,0	0,09	2,00
Média	19,3	2,20	23,1	0,12	2,00	20,1	1,93	18,1	0,10	1,72

Tabela 11. Relações entre nutrientes para clones de *E. grandis*, cultivados em solos Podzólico Vermelho-Escuro e Areia Quartzosa, aos 56-57 meses de idade.

Tratamentos	Solo Podzólico Vermelho-Escuro					Solo Areia Quartzosa				
	N/P	N/K	N/S	P/K	Ca/Mg	N/P	N/K	N/S	P/K	Ca/Mg
1. G-0245	20,6	2,61	20,6	0,13	2,43	16,3	4,56	16,3	0,28	2,72
2. G-0246	22,1	3,52	24,3	0,16	2,16	17,4	4,10	19,0	0,24	1,86
3. G-0269	17,6	2,94	17,6	0,17	2,00	14,6	3,22	15,8	0,22	1,82
4. G-0250	20,4	2,84	20,4	0,14	2,00	16,3	4,16	17,7	0,26	1,78
5. G-0256	22,7	3,34	18,6	0,15	1,84	17,6	5,15	21,1	0,29	1,78
6. G-0258	21,2	3,59	17,7	0,17	1,91	19,8	4,61	19,8	0,23	1,90
7. G-0261	21,5	3,64	23,9	0,17	2,93	14,8	4,06	18,8	0,28	1,67
8. G-0251	17,9	3,64	23,3	0,20	2,90	17,3	3,83	17,3	0,22	1,46
Média	19,9	3,27	19,9	0,16	2,25	17,0	4,16	18,6	0,25	1,86

As amplitudes de variação entre clones para a relação N/P, aos 12 meses de idade, mostram valores de 22,9 a 16,1 no ensaio sob PVE, e valores de 26,1 a 16,1 na AQ. No PVE, o G-0246, quarto colocado em altura, foi o clone que apresentou maior valor de N/P, que é bastante superior ao valor considerado ótimo por SCHÖNAU (1983), isto é, 13,00, enquanto o G-0256, quinto colocado em altura, com o menor valor de N/P, apresentou valor mais próximo àquele considerado ótimo, assim, fica evidente o desbalanço entre N e P, provocado pelas baixas concentrações de P. No ensaio na AQ, o G-0269, primeiro colocado em altura, mostrou um alto valor dessa relação, o que possivelmente, irá comprometer o crescimento desse clone em idades posteriores; a menor relação foi mostrada pelo G-0256, quarto colocado em altura, com valor mais próximo ao ótimo.

Aos 54 meses de idade, houve uma redução das amplitudes de variação entre clones nos solos PVE e AQ, com valores de 22,7 a 17,6 e de 19,8 a 14,6, respectivamente. O maior valor de N/P foi mostrado pelo G-0256 no PVE, terceiro colocado em altura, enquanto o menor valor, foi do clone G-0269, quinto colocado em altura. No ensaio sob AQ, o G-0258, segundo colocado em altura, foi o clone que apresentou o maior valor de N/P, enquanto o G-0269, terceiro colocado em altura, mostrou o menor valor de N/P, sendo este bastante próximo ao considerado ótimo.

As amplitudes de variação entre clones para a relação N/K , aos 12 meses de idade, mostram valores de 2,62 a 2,05 no PVE, e valores de 2,44 a 1,49 na AQ. De acordo com SCHÖNAU (1983) o valor dessa relação deve ser próximo a 3,0, portanto, todos os clones apresentam desequilíbrio entre N e K , devido às baixas concentrações de K nas folhas. No solo PVE, o G-0258, terceiro colocado em altura, mostrou o maior valor de N/K , que é próximo àquele considerado ótimo, enquanto, os menores valores foram mostrados pelos clones G-0269 e G-0256, segundo e quinto colocados em altura, respectivamente. Na AQ, o clone G-0245, sétimo colocado em altura, mostrou o maior valor de N/K , que é inferior àquele considerado ótimo, enquanto o G-0261, último colocado em altura, apresentou o mais baixo valor de N/K .

Aos 54 meses de idade, houve um aumento das amplitudes de variação entre clones nos dois locais de experimentação, com valores de 3,64 a 2,61 no PVE, e de 5,15 a 3,22 na AQ. Esse aumento da relação N/K está relacionado com a tendência de aumento das concentrações de K com a idade. No solo PVE, os clones G-0261 e G-0251, respectivamente, sexto e oitavo colocados em altura, mostraram os maiores valores de N/K , sendo esses valores considerados acima do ótimo, enquanto, o clone G-0245, sétimo colocado em altura, mostrou o menor valor. No solo AQ, o maior valor da relação N/K foi mostrado pelo clone G-0256, sexto colocado em altura, com valor muito superior àquele considerado ótimo, evidenciando o

desequilíbrio desses nutrientes, enquanto o menor teor, mais próximo ao ótimo, foi mostrado pelo G-0269, terceiro colocado em altura.

Para a relação N/S, as amplitudes de variação entre clones, aos 12 meses de idade, mostram valores de 27,5 a 17,5 no PVE, e de 21,8 a 17,3 na AQ. O valor considerado ótimo por FURTINI NETO (1988) está ao redor de 12 para *Eucalyptus grandis*, assim, todos os clones estão com desequilíbrios devido às baixas concentrações de S, com possíveis alterações na síntese de proteínas. No solo PVE, o G-0246, quarto colocado em altura, mostra o maior valor de N/S, enquanto, o G-0261, último colocado em altura, mostra o menor valor, que ainda está muito acima do valor considerado ótimo. No ensaio na AQ, o clone G-0245, sétimo colocado em altura, mostrou o maior valor de N/S, e o G-0258, quinto colocado em altura, apresentou o menor valor, que ainda está acima do valor ótimo para N/S.

Aos 54 meses de idade, houve uma redução da amplitude de variação entre clones no PVE, mas na AQ, houve aumento dessa amplitude. No solo PVE, o maior valor da relação N/S foi mostrado pelo clone G-0246, quarto colocado em altura, enquanto, o menor valor foi mostrado pelo G-0269, quinto colocado em altura, mas esse valor ainda é bem maior que aquele considerado ótimo.

Para a relação P/K, as amplitudes de variação entre clones, aos 12 meses de idade, mostram valores de 0,14

a 0,11 para o ensaio no PVE, e valores de 0,13 a 0,07 para o ensaio na AQ. O valor considerado ótimo por SCHÖNAU (1983) está ao redor de 0,23, assim, podemos visualizar que todos os clones mostram valores bastante aquém do considerado ótimo, devido às baixas concentrações de P e K nas folhas. No solo PVE, o maior valor de P/K foi mostrado pelo clone G-0261, oitavo colocado em altura, que é bastante abaixo daquele valor considerado ótimo, enquanto os clones G-0246 e G-0269, respectivamente o quarto e segundo colocados em altura, mostraramos menores valores de P/K.

Aos 54 meses de idade, houve aumento das amplitudes de variação entre clones para P/K, embora esse aumento tenha sido pequeno no ensaio na AQ. No PVE, o clone G-0251, oitavo colocado em altura, apresentou o maior valor de P/K, enquanto o menor valor foi mostrado pelo G-0245, sétimo colocado em altura. No ensaio na AQ, o maior valor foi mostrado pelo G-0256, sexto colocado em altura, enquanto, o menor valor foi mostrado pelos clones G-0269 e G-0251, respectivamente, terceiro e quarto colocados em altura.

As amplitudes de variação entre clones para a relação Ca/Mg, aos 12 meses de idade, mostram valores de 2,23 e 1,79 no ensaio no PVE, e valores de 2,00 a 1,41 na AQ. O valor considerado ótimo por SCHÖNAU (1983) está ao redor de 3,3, assim, pode-se verificar que os valores encontrados estão bastante abaixo daquele considerado ótimo, evidenciando o desequilíbrio entre esses nutrientes nos clones estudados,

devido às baixas concentrações de Ca e Mg nas folhas desses clones. Para o ensaio no PVE, o clone G-0250, primeiro colocado em altura, mostrou o maior valor de Ca/Mg, embora abaixo daquele considerado ótimo, e o clone G-0251, sexto colocado em altura, apresentou o menor valor. No solo AQ, o G-0269 e o G-0251, primeiro e sétimo colocados em altura, foram os clones que mostraram os maiores valores de Ca/Mg, embora também muito inferiores ao valor ótimo, e o clone G-0258, quinto colocado em altura, mostrou o menor valor dessa relação.

Aos 54 meses de idade, houve aumento das amplitudes de variação para a relação Ca/Mg, como era o esperado, pois existe uma tendência de maior concentração de Ca e Mg nas folhas com o avanço da idade. No entanto, esse aumento não modificou a situação de desequilíbrio entre Ca e Mg para todos os clones nos dois locais de experimentação. No PVE, o clone G-0261, sexto colocado em altura, mostrou o maior valor para a relação Ca/Mg, enquanto o G-0251, sétimo colocado em altura, mostrou o menor valor. No ensaio na AQ, o G-0245, quinto colocado em altura, apresentou o maior valor de Ca/Mg, e o G-0251, quarto colocado em altura, foi o clone com menor valor.

4.4. Atividade da fosfatase ácida em clones de *E. grandis*, aos 56-57 meses de idade

4.4.1. Resultados da atividade da fosfatase ácida

Os resultados da atividade da fosfatase ácida, em folhas recém maduras são apresentados na Tabela 12.

Os dados de médias da atividade da fosfatase ácida revelaram valores superiores no PVE, comparativamente à aqueles no ensaio na AQ, sendo respectivamente, 1,511 e 1,376 $\mu\text{mol p-nitrofenol.g.matéria fresca}^{-1}.\text{min}^{-1}$.

A amplitude observada entre as parcelas do ensaio sob AQ para a atividade da fosfatase ácida mostra valores de 0,34 a 2,88 $\mu\text{mol p-nitrofenol.g.matéria fresca}^{-1}.\text{min}^{-1}$, enquanto entre as parcelas do ensaio no PVE os valores foram de 0,83 a 2,40 $\mu\text{mol p-nitrofenol.g.matéria fresca}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Esses valores estão dentro da faixa encontrada em vários tecidos de *Eucalyptus diversicolor* que foi de 0,5 a 6,5 $\mu\text{mol p-nitrofenol.g.matéria fresca}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (O'CONNELL & GROVE, 1985).

A análise de variância para a atividade da fosfatase ácida revela valores para F significativos ao nível de 5% no ensaio sob PVE, e não significativo no ensaio sob AQ. Assim, esses valores mostram a existência de variações genéticas ao nível de clones somente no PVE.

Tabela 12. Atividade da fosfatase ácida em folhas de clones de *E. grandis*, aos 56-57 meses de idade, nos solos Podzólico Vermelho-Escuro e Areia Quartzosa, e os resultados da análise de variância.

Atividade de fosfatase ácida ¹								
Tratamentos	Solo Podzólico Vermelho-Escuro				Solo Areia Quartzosa			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Média	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Média
1. G-0245	2,058	1,918	2,007	1,994 A	1,847	1,977	1,048	1,624 A
2. G-0246	1,501	0,827	1,387	1,238 A	0,569	0,361	2,884	1,272 A
3. G-0269	1,829	1,834	2,398	2,020 A	0,342	1,587	2,637	1,522 A
4. G-0250	1,240	1,307	0,969	1,172 A	1,525	1,890	2,588	2,001 A
5. G-0256	1,520	1,146	1,069	1,245 A	0,888	0,652	1,592	1,044 A
6. G-0258	0,996	1,003	1,567	1,189 A	1,339	0,854	0,898	1,030 A
7. G-0261	0,979	1,426	2,213	1,539 A	1,202	0,749	1,302	1,084 A
8. G-0251	1,734	1,309	1,728	1,590 A	0,671	2,294	1,331	1,432 A
F	4,01*				0,64			
Média	1,511				1,376			
C.V. (%)	20,39				53,28			

¹ Expressa como unidade de matéria seca: $\mu\text{mol p-nitrofenol} \cdot \text{gmatéria fresca}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

* Significativo a 5% pelo teste F

Tratamentos com mesma letra não diferem a 5% pelo teste de Tukey.

O coeficiente de variação para os ensaios foram, respectivamente no PVE e AQ, valores de 20,39% e 53,28%. Nos ensaios florestais o valor do coeficiente de variação no PVE é considerado bom, enquanto na AQ o valor mostra que houve menor precisão, impossibilitando a detecção de variações genéticas entre clones. A grande diferença entre os valores dos coeficientes de variação pode ser explicada pelo maior tempo de coleta das folhas na AQ, devido às condições ambientais desfavoráveis, com ocorrência de ventos fortes que prejudicaram a escalção das árvores.

No solo PVE, os clones G-0269 e G-0245 mostram os maiores valores para a atividade da fosfatase ácida, apresentando o melhor colocado (G-0269) superioridade de 72,44% e 69,98% daqueles clones com menor atividade enzimática, respectivamente G-0250 e G-0258. Os clones G-0251 e G-0261, terceiro e quarto colocados, mostram valores acima de $1,5 \mu\text{mol p-nitrofenol.g.matéria fresca}^{-1}.\text{min}^{-1}$, e podem ser esquematicamente classificados como clones de maior atividade da fosfatase ácida, juntamente com o G-0269 e G-0245.

O clone de maior atividade da fosfatase ácida no ensaio sob AQ, isto é, G-0250, foi o segundo melhor tratamento para as características de crescimento em altura e concentração de fósforo nas folhas, enquanto o G-0258, foi o pior tratamento para a atividade da fosfatase ácida e concentração de fósforo nas folhas e sétimo tratamento para crescimento em altura. Para o solo AQ, a classificação dos clones de maior

atividade enzimática, mostra algumas semelhanças com aquela no PVE, embora com alteração nas posições, que inclui o G-0245, G-0269 e G-0251, entretanto, o melhor colocado para esse parâmetro na AQ, isto é, o G-0250, foi o pior tratamento no PVE.

O teste de Tukey para comparação de médias de clones não revelou diferenças significativas ao nível de 5%, embora, na análise de variância o valor de F tenha sido significativo para o ensaio sob PVE.

4.4.2. Relação da atividade da fosfatase ácida com altura e P nas plantas

A relação entre atividade da fosfatase ácida com o crescimento em altura e concentração de fósforo nas folhas foi estudada através do "coeficiente de correlação de Spearman". Os valores de r_s para atividade da fosfatase ácida e altura foram -0,52 e 0,00, respectivamente, para PVE e AQ. Observa-se uma tendência de correlação inversa entre atividade da enzima e altura das plantas no ensaio sobre PVE, embora o valor não tenha sido significativo pelo teste t ($t = -1,75$).

Para atividade da fosfatase ácida e concentração de fósforo nas folhas, os valores de r_s foram 0,26 e 0,24, respectivamente, para PVE e AQ. Embora também não tenha sido detectado correlação entre estas características através do tes-

te t, existe uma tendência semelhante para os dois locais, mostrando que plantas com maior concentração de fósforo nas folhas, apresentam maior atividade da fosfatase ácida.

4.5. Interação genótipo-solo

4.5.1. Análises das variâncias conjuntas

Os resultados das análises de variâncias (ANO-VAS) conjuntas para locais, para as características de altura, diâmetro, volume sólido com casca, porcentagem de sobrevivência, concentrações de N, P, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, e atividade da fosfatase ácida, nas duas idades avaliadas, são apresentadas nas Tabelas 13 e 14.

Os resultados das análises de variâncias conjuntas para locais apresentaram valores sempre significativos para todas as características e idades, exceto para concentrações de S e Cu e atividade da fosfatase ácida.

As variações genéticas entre clones, para locais em conjunto, foram significativas para todas as características silviculturais e para algumas características nutricionais na idade de 12 meses; isto é, concentrações de P, K, Ca, Mg, B, Fe e Mn, sendo que a concentração de K também foi significativa aos 56-57 meses de idade. Para as características silviculturais não houve tendência de aumentar ou

Tabela 13. Resultados da análise de variância conjunta para 15 variáveis, em clones de *E. grandis* nos dois locais (solos), aos 12 e 18 meses de idade, respectivamente, para características nutricionais e silviculturais.

Variáveis	Médias gerais	F clones	F locais	F ClonesxLocais	CV %
Altura (m)	8,19	6,95**	53,98**	0,60	6,64
DAP (cm)	6,78	11,51**	251,17**	1,98	5,37
VSLCCHA (m ³ /ha)	15,47	14,72**	187,22**	1,50	13,27
Sobr. (%)	91,67	2,40*	10,12**	2,51*	1,42
N (%)	2,25	2,12	70,82**	2,15	6,12
P (%)	0,11	3,92**	98,87**	2,94*	10,56
K (%)	0,98	3,86**	4,80*	3,11*	8,62
Ca(%)	0,43	5,05**	148,22**	2,14	12,97
Mg(%)	0,23	8,11**	128,48**	2,23	11,32
S (%)	0,10	0,83	2,54	2,42*	14,72
B (ppm)	33,96	4,53**	8,87**	0,77	16,56
Cu(ppm)	5,15	1,16	1,25	1,48	27,65
Fe(ppm)	129,63	4,92**	15,02**	1,08	15,52
Mn(ppm)	375,63	5,03**	34,15**	2,14	9,85
Zn(ppm)	13,75	1,65	41,55**	1,71	16,94

(%) Transformado em $\log(x+1)$

* Significativo a 5% pelo teste F

** Significativo a 1% pelo teste F

Tabela 14. Resultados da análise de variância conjunta para 16 variáveis, em clones de *E. grandis* nos dois locais (solos), aos 54 e 56-57 meses de idade, respectivamente, para características silviculturais e nutricionais.

Variáveis	Médias gerais	F clones	F Locais	F ClonesxLocais	CV %
Altura (m)	21,01	6,14**	258,84**	1,88	5,47
DAP (cm)	15,57	3,86**	205,32**	1,75	5,50
VSLCCHA (m ³ /ha)	189,12	14,29**	174,33**	5,81**	13,03
Sobr. (%)	87,24	2,50*	5,39*	2,02	2,37
N (%)	2,12	1,78	7,55*	0,82	5,30
P (%)	0,12	1,66	7,32*	1,54	13,21
K (%)	0,58	2,47*	52,33**	2,86*	11,37
Ca (%)	0,57	0,75	256,10**	5,80**	9,83
Mg (%)	0,27	1,15	50,13**	0,53	0,16
S (%)	0,11	0,60	1,43	1,02	15,24
B (ppm)	48,19	1,02	11,29**	0,53	20,59
Cu (ppm)	5,90	1,23	3,70	0,66	62,36
Fe (ppm)	99,81	0,81	8,33**	0,93	36,82
Mn (ppm)	591,77	1,21	48,40**	1,79	23,59
Zn (ppm)	11,71	0,74	5,93*	0,87	60,94
PPASE ⁺	1,44	1,43	0,69	0,86	38,96

⁺ $\mu\text{mol p-nitrofenol} \cdot \text{g matéria fresca}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

(%) Transformado em $\log(x+1)$

* Significativo a 5% pelo teste F

** Significativo a 1% pelo teste F

diminuir com a idade da planta; por outro lado, para as características nutricionais houve tendência de diminuir as diferenças entre os clones com a idade da planta.

O efeito de locais foi bastante expressivo para todas as características, com exceção das concentrações de S e Cu e atividade da fosfatase ácida. Houve uma tendência para uma redução do efeito de locais com o decorrer da idade para sobrevivência, e concentração de N, P e Zn. Uma tendência de aumento do efeito de locais com a idade foi verificada para concentração de P nas folhas das plantas. As variações entre crescimento e concentrações de nutrientes dos clones nos dois locais estão associadas às diferenças edáficas, porque não existem diferenças climáticas entre essas localidades que são bastante próximas. Portanto, esses fatos mostram a susceptibilidade do material genético às características e propriedades do solo.

A interação de clones por locais não foi muito expressiva para a maioria das características silviculturais e nutricionais, sendo significativa aos 12-18 meses de idade para sobrevivência e concentrações de P, K e S, e aos 54-57 meses de idade para volume sólido com casca por hectare e concentrações de K e Ca. Esses resultados revelam que o comportamento dos clones é estável com a variação do local, para as características silviculturais, exceção para o crescimento em volume que mostra valor não significativo aos 12 meses, mas valor altamente significativo aos 54 meses. Por outro lado,

para algumas características nutricionais houve diferenças no comportamento dos clones com a variação do local e também mudanças com a idade. Aos 12 meses, através das análises das variâncias conjuntas detectam-se valores significativos de F entre clones por solo para as concentrações de P, K e S, enquanto aos 56-57 meses de idade os valores são significativos somente para as concentrações de K e Ca. É importanteres saltar que as necessidades nutricionais das plantas mudam com o decorrer da idade, e assim, as concentrações desses nutrientes variam em função da idade e da disponibilidade desses nutrientes no solo, além de outros fatores.

Os coeficientes de variação experimental foram, de certa forma, concordantes com âqueles obtidos com as análises das variâncias individuais. Uma tendência de decrêsimo no valor do coeficiente de variação com a idade foi observada para concentrações de Ca e Mg, enquanto, para concentrações de P, K, B, Cu, Fe, Mn e Zn houve uma tendência de aumentar com o decorrer da idade.

Os diferentes comportamentos dos clones entre os locais podem ser interpretados como uma expressão diferencial dos materiais genéticos de local para local, e que pode refletir na interação de clones por locais (VENCovsky, 1987), e em função da variação do erro experimental entre locais (KAGEYAMA, 1980). Além disso, é importante na interpretação da interação de genótipos por locais considerar as mudanças que podem ocorrer no comportamento dos genótipos com o desenvolviu

mento do talhão, devido ao fenômeno da competição entre árvores, que gera mudanças na expressão das variâncias genéticas (KAGEYAMA, 1983).

4.5.2. "Coeficientes de correlação de Spearman"

Os resultados obtidos nos ensaios para as características silviculturais e nutricionais, aos 12-18 e 54-57 meses de idade revelaram, como foi abordado anteriormente, certa semelhança para algumas características. Os "coeficientes de correlação de Spearman", utilizados para a quantificação da associação entre os resultados obtidos, são apresentados nas Tabelas 15 e 16.

A Tabela 15 permite visualizar os "coeficientes de correlação de Spearman" entre as idades de 12-18 e 54-57 meses, obtidos ao nível de médias de clones. As correlações estabelecidas revelaram valores significativos pelo teste t para crescimento em altura e sobrevivência no ensaio sob PVE, enquanto no ensaio sob AQ, além dessas características, houve significância dos valores para diâmetro e concentração de Mg nas folhas das plantas.

As características nutricionais estudadas não apresentaram os mesmos padrões de uniformidade entre os dois locais, enquanto nas características silviculturais houve uma tendência para associações mostrada pela altura e sobrevivência, e de certa forma pelo volume, mas o diâmetro revelou tendências muito distintas entre os solos.

Tabela 15. "Coeficiente de Correlação de Spearman" para as características das plantas, ao nível de médias de clones, nos dois locais de experimentação - Solo Podzólico Vermelho-Escuro e Solo Areia Quartzosa.

Características	Correlação (r_s)	
	12-18 meses	54-57 meses
Altura	0,905**	0,143
DAP	0,833**	0,119
Sobr.	0,119	0,071
VSLCHA	0,738**	0,548
N	-0,143	0,310
P	0,048	-0,095
K	0,310	0,262
Ca	0,548	-0,619*
Mg	0,476	0,667*
S	-0,500	0,143
B	0,738**	0,119
Cu	-0,071	0,214
Fe	0,214	0,262
Mn	0,548	0,286
Zn	-0,191	-0,500
PPase	-	0,238

* Significativo a 5% pelo teste t.

** Significativo a 1% pelo teste t.

Tabela 16. "Coeficiente de correlação de Spearman" para as características das plantas, ao nível de clones, aos 12-18 meses e 54-57 meses de idade.

Características	Correlação (r_s)	
	PVE ¹	AQ ¹
Altura	0,738**	0,714*
DAP	-0,024	0,762**
Sobr.	0,452	0,548
VSLCCHA	0,619*	0,619*
N	0,310	0,119
P	-0,476	0,095
K	0,238	-0,333
Ca	0,024	0,191
Mg	0,095	-0,619*
S	-0,500	-0,452
B	0,310	0,200
Cu	0,476	-0,405
Fe	-0,071	0,190
Mn	0,000	0,048
Zn	0,405	0,290

¹ PVE: Solo Podzólico Vermelho-Escuro, AQ: Solo Areia Quartzosa.

* Significativo a 5% pelo teste t.

** Significativo a 1% pelo teste t.

Os resultados mostram para as características nutricionais entre idades tendências muito discrepantes, que mostram valores negativos num solo e positivos para o outro solo. Para a concentração de Mg não houve correlação entre idades no solo PVE, porém, no solo AQ houve correlação negativa significativa.

Embora as correlações para concentração de S não tenham apresentado valores significativos, houve uma tendência de correlação inversa entre as idades, similar para os dois solos.

A Tabela 16 mostra os "coeficientes de correlação de Spearman" entre solos, para as duas idades. Os resultados mostram que houve maior interação entre os solos aos 12-18 meses, com valores significativos ao nível de 1% pelo teste t, para crescimento em altura, diâmetro e volume, e concentração de B. Com a evolução do ensaio, aos 54-57 meses, houve perda da interação de clones por solo, revelando valores significativos para concentração de Ca e Mg. A correlação obtida entre solos para concentração de Ca demonstra uma associação inversa aos 57 meses, enquanto aos 12 meses havia uma tendência oposta.

Os resultados obtidos sugerem que várias alterações ocorrem com a evolução do ensaio, mostrando a necessidade de continuidade desses estudos, para se chegar as conclusões finais sobre os clones avaliados. Ainda, é importante ressaltar que os resultados obtidos para as características das

plantas podem não ser aplicáveis para outros clones (CARVALHO, 1985), pois, as matrizes utilizadas foram selecionadas dentro de localidades próximas aos locais de experimentação.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir da análise dos dados coletados no teste clonal de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em dois locais do município de Lençóis Paulista - SP, permitem as seguintes conclusões:

a) Com o avanço da idade do experimento houve uma tendência à redução dos teores de matéria orgânica nos dois solos, embora, aos 54 meses os valores ainda sejam considerados médios. No ensaio sob Areia Quartzosa (AQ) os níveis de fertilidade e acidez se mantiveram, enquanto no ensaio sob Podzólico Vermelho-Escuro (PVE) houve decréscimo do valor de pH, de K^+ , Mg^{++} e Ca^{++} , sendo a redução de K^+ e Mg^{++} de 50%, e de Ca^{++} de 82,5%. Aos 54 meses, os valores das bases trocáveis foram considerados baixos nos dois solos, embora estes ainda sejam superiores no PVE, com exceção do K^+ que mostrou valores equivalentes nos dois solos.

b) Variações genéticas foram detectadas entre clones, aos 18 e 54 meses de idade, para altura, DAP, volume

e sobrevivência das plantas no ensaio sob PVE, enquanto no ensaio sob AQ foram detectadas aos 18 meses para DAP e volume, e aos 54 meses para altura e volume.

c) Variações genéticas foram detectadas entre clones, aos 12 meses de idade, para as concentrações de P, K, Mg, B, Fe e Zn no ensaio sob AQ, enquanto no ensaio sob PVE houve variações para as concentrações de Ca, Mg e Mn. Aos 56-57 meses após a instalação do experimento, variações genéticas foram detectadas para as concentrações de K, Ca e Mn no ensaio sob AQ, enquanto no ensaio sob PVE houve apenas variação entre clones para a concentração de Ca.

d) As variações genéticas entre clones para as características silviculturais foram mais marcantes no PVE, e para as concentrações de nutrientes as variações entre clones foram mais significativas na AQ e na idade mais precoce.

e) Houve uma tendência de aumento dos valores das concentrações de K, Ca, Mg e Mn com o avanço da idade, e para as concentrações de P e Fe houve uma tendência à redução com a idade. Para as concentrações de N e S houve uma tendência à manutenção dos mesmos valores entre as idades estudadas.

f) As relações entre nutrientes N/P, N/K, N/S, P/K e Ca/Mg revelaram valores muito diferentes daqueles considerados ótimos. Essas evidências sobre o estado nutricional

das plantas sugerem possíveis alterações metabólicas, principalmente ao nível de síntese de proteínas e até problemas de lignificação da madeira na idade adulta.

g) Variação genética entre clones foi detectada para atividade da fosfatase ácida em folhas no ensaio sob PVE, porém, não houve variação significativa no ensaio sob AQ.

h) A interação de clones por locais foi significativa para sobrevivência das plantas e para concentrações de P, K e S aos 12-18 meses de idade, e para volume e concentrações de K e Mg aos 54-57 meses de idade, refletindo-se em comportamentos relativos diferentes nos ambientes, e assim, perda da eficiência de utilização destes pela seleção marginal de clones, comparativamente à seleção por locais.

i) A aplicação do "coeficiente de correlação de Spearman" para o estudo de correlações entre solos, ao nível de médias de clones, mostrou a existência de correlações positivas e altamente significativas para altura, DAP, volume e concentração de B, aos 12-18 meses de idade. Também na idade de 12-18 meses observou-se uma tendência à correlação significativa com valores positivos para concentrações de Ca e Mn, e valor negativo para concentração de S. Aos 54-57 meses, o estudo de correlações entre solos revelou a existência de correlações significativas com valor negativo para concen-

tração de Ca e valor positivo para a concentração de Mg. Na idade mais avançada foi observado uma tendência à correlação significativa positiva para volume e negativa para concentração de Zn.

j) O estudo de correlações entre idades, ao nível de média de clones, através do "coeficiente de correlação de Spearman", revelou a existência de correlações positivas para altura e sobrevivência nos dois locais experimentais, e para DAP no ensaio sob AQ. Correlação negativa significativa para concentração de Mg foi mostrada no ensaio sob AQ.

l) O estudo de correlações entre atividade da fosfatase ácida e concentração de P, ao nível de médias de clones, através do "coeficiente de correlação de Spearman", revelou valores de correlação não significativos para os dois locais. Para o estudo de correlação entre atividade da fosfatase ácida e altura das plantas, ao nível de média de clones, foi revelado uma tendência à correlação negativa significativa no ensaio sob PVE. A falta de correlação entre a atividade da fosfatase ácida e a concentração de P nesse experimento revela a necessidade de estudos para verificar o papel da fosfatase ácida no metabolismo do fósforo, e as possibilidades da utilização desse parâmetro bioquímico na seleção de genótipos mais eficientes em fósforo, sob condições de baixa disponibilidade desse nutriente.

LITERATURA CITADA

- ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G. de & MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W.J. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, Nobel; Brasília, EMBRAPA, cap. 2, 1986. p.33-74.
- ARMSON, K.A. Soil and plant techniques as diagnostic criteria for evaluating fertilizer needs and treatment response In: Forest fertilization Symposium, Proc., USDA For. Serv. NE-3, 1973. p.155-166.
- BARRETT-LENNARD, E.G. & GREENWAY, H. Partial separation and characterization of soluble phosphatases from leaves of wheat grown under phosphorus deficiency and water deficit. Journal of Experimental Botany, 33: 694-704, 1982.
- BARRETT-LENNARD, E.G.; ROBSON, A.D. & GREENWAY, H. Effect of phosphorus deficiency and water deficit on phosphatase activities from wheat leaves. Journal of Experimental Botany, 33: 682-693, 1982.
- BARROS, N.F. de. Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de *Eucalyptus alba* na região de Santa Bárbara. Viçosa, 1974. 89p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

- BARROS, N.F. de. A interação genótipo-solo em espécies florestais. Seminário sobre Interação do Genótipo com o clima e solo. Piracicaba, IPEF/ESALQ, 1986. p.11-13.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P. R. & GALLO, J.R. Métodos de Análise Química de Plantas. Boletim Técnico nº 78, IAC, Campinas, 1983. 48p.
- BAKER, J.E. & TAKEO, T. Acid phosphatase in plant tissues. I. Changes in activity and multiple forms in tea leaves and tomato fruit during maturation and senescence. Plant & Cell Physiology, 14: 459-471, 1973.
- BAULE, H. & FRICKER, C. The fertilizer treatment of forest trees. Munchen, BLV, 1970. 259p.
- BELLOTE, A.F.J. Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) em função da idade. Piracicaba, 1979. 128p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BERTOLOTI, G. Comportamento de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden em solo podzólico vermelho escuro e areia quartzosa em Lençóis Paulista-SP. Piracicaba, 1986. 80p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, J. Conservação do solo. Piracicaba, Livroceres, 1985. p.30-63.
- BESSEY, O.A.; LOWRY, O.H. & BROCK, M.J. A method for the rapid determination of alkaline phosphatase with five cubic millimeters of serum. Journal of Biological Chemistry, 164: 321-329, 1946.

- BESFORD, R.T. A phosphatase as a potencial indicator of the phosphorus of the glasshouse cucumber (*Cucumis sativus*). Journal of Science and Food Agriculture, 29: 87-91, 1978.
- BESFORD, R.T. Quantitative aspects of leaf acid phosphatase activity and the phosphorus status of tomato plants. Annual of Botany, 44: 153-161, 1979.
- BESFORD, R.T. A rapid tissue test for diagnosing phosphorus deficiency in the tomato plants. Annual of Botany, 45: 225-227, 1980.
- BIELESKI, R.L. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. Annual Review of Plant Physiology, 24: 225-252, 1973.
- BOWEN, G.D. Tree roots and the use of soil nutrients. In: BOWEN, G.D. & NAMBIAR, E.K.S. Nutrition of plantation forests. London, Academic Press, 1984. cap. 6, p.147-179.
- BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 6ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1983. 665p.
- BRASIL. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos - Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Min. da Agricultura, 1960. 634p. (Bol. 12).
- CARVALHO, P.L.P.T. de. Interação genótipo x ambiente em clones de *Eucalyptus grandis* Hill. ex Maiden. Viçosa, 1989. 74p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- CATANI, R.A. & JACINTHO, A.O. Análise química para avaliar a fertilidade do solo. Boletim Técnico Científico nº 37, ESALQ, Piracicaba, 1974. (mimeografado).

- DIXON, M. & WEBB, E.C. Enzymes. 2.ed. New York, Academic Press, 1964. 950p.
- DRACUP, M.N.H.; BARRETT-LENNARD, E.G.; GREENWAY, H. & ROBSON, A.D. Effect of phosphorus deficiency on phosphatase activity of cell walls from roots of subterranean clover. Journal of Experimental Botany, 35: 466-480, 1984.
- DRIESSCHE, R. van den. Prediction of mineral status of trees by foliar analysis. The Botanical Review, 40: 347 - 394, 1974.
- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Trad. e notas: E. Malavolta, Rio de Janeiro, LTC; São Paulo, EDUSP, 1975. 399p.
- FASSBENDER, H.W. Química de suelos, con énfasis en suelos de America Latina. San José, IICA, 1982. 398p.
- FERREIRA, F. de A. da S. A interação nitrato, fosfato e sulfato na absorção de fosfato e de sulfato no crescimento de eucalipto e no seu metabolismo de nitrato e sulfato. Viçosa, 1986. 95p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- FORREST, W.G. & OVINGTON, J.D. Variation in dry weight and mineral nutrient content of *Pinus radiata* progeny. Silvae Genetica, 20: 174-179, 1971.
- FOTH, H.D. Fundamentals of Soil Science. 7ª ed. New York, John Willey & Sons, 1984. p.21-62.
- FURTINI NETO, A.E. Efeito do enxofre no crescimento e assimilação de nitrogênio por diferentes espécies de eucalipto. Lavras, 1988. 95p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura de Lavras).

- GOEDERT, W.J. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, Nobel; Brasília, EMBRAPA, 1986. 422p.
- GOLFARI, L. Zoning for reforestation in Brazil and trials with tropical *Eucalyptus* and pines in Central region. Belo Horizonte, IBDF, 1978 (Relatório Técnico nº 12).
- GONÇALVES, J.C. Comportamento do *Eucalyptis grandis* Hill ex Maiden em dois solos de baixa fertilidade, em Angatuba-SP. Piracicaba, 1987. 71p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.D. de; POGGIANI, F. & FERREIRA, C.A. Análise foliar em cinco espécies de *Eucalyptus*. IPEF, 13: 99-115, 1976.
- HAN, S.W. & ROSSI, A. Acid phosphatase (E.C. 3.1.3.2.) synthesis by phosphorus regulatory mutants strains of *Neurospora crassa*. Brazilian Journal of Medicine and Biology Research, 22: 423-431, 1989.
- HARIDASAN, M. Accumulation of nutrients by eucalyptus seedlings from acidic and calcareous soils of the cerrado region of Central Brazil. Plant and Soil, 86: 35-45, 1985.
- HASEGAWA, Y.; LYNN, K.R. & BROCKBANK, J. Isolation and partial characterization of cytoplasmic and wall-bound acid phosphatase from wheat roots. Canadian Journal of Botany, 54: 1163-1169, 1976.
- HEVITT, E.J. & TATHAM, P. Interaction of mineral deficiency and nitrogen source on acid phosphatase activity in leaf extracts. Journal of Experimental Botany, 11: 367-375, 1960.

- HUMPHREYS, F.R.; TURNER, J. & WATT, A.J. Annual foliar nutrient level variation in *Pinus radiata* over a nine year period. In: Australian Forest Nutrition Conf., Canberra, 1971. p.258-270.
- KAGEYAMA, P.Y. Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* Schiede na região de Agudos-SP. Piracicaba, 1977. 80p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Piracicaba, 1980. 125p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- KAGEYAMA, P.Y. Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Piracicaba, 1983. 147p. (Livre-Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminium as a criterion for liming mineral soils. Soil Science of Society of America Proceedings, 34: 252-254, 1970.
- KAUL, O.N.; SRIVASTAVA, P.B.L. & TANDON, V.N. Nutrition studies on *Eucalyptus*. III. Diagnosis of mineral deficiencies in *Eucalyptus grandis* seedlings. Indian Forester, 94: 831-834, 1968.
- KHANNA, P.H. & ULRICH, B. Soil characteristics influencing nutrient supply in forest soils. In: BOWEN, G.D. & NAMBIAR, E.K.S. Nutrition of plantation forests. London, Academic Press, 1984. cap. 4, p.79-117.

- KIEHL, E.J. Manual de Edafologia. Relações Solo-Planta. Piracicaba, Ceres, 1979. p.230-245.
- LAMB, D. Variations in the foliar concentrations of macro and micro elements in a fast growing tropical eucalypt. Plant and Soil, 45: 477-492, 1976.
- LAMB, D. Relationships between growth and foliar nutrient concentrations in *Eucalyptus deglupta*. Plant and Soil, 47: 495-508, 1977.
- LAMBERT, M.J. & TURNER, J. Interpretation of nutrient concentration in *Pinus radiata* foliage at Belanglo state forest. Plant and Soil, 108: 237-244, 1988.
- LAVENDER, D.P. Foliar analysis and how it is used. A review. Corvallis, Oregon, School of Forestry, Oregon State University, 1970. 8p. (Research Note 52).
- LEAF, A.L. Plant analysis as an aid in fertilizing forests. In: Soil Testing and Plant Analysis. 2.ed. Madison, Soil Sci. Soc. Amer. Inc., 1972. p.427-454.
- LEAL, P.G.L. Produção de biomassa e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* influenciadas pela aplicação de fosfato natural em solos de cerrado. Viçosa, 1988. 44p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- LEE, R.B. & RATCLIFFE, R.G. Phosphorus nutrition and the intracellular distribution of inorganic phosphate in pea root tips: a quantitative study using ^{31}P -NMR. Journal of Experimental Botany, 34: 1222-1244, 1983.
- LEPSCH, I.F. Influência do cultivo de *Eucalyptus* e *Pinus* nas propriedades químicas de solos sob cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 4: 103-107, 1980.

- LOPES, A.S. & COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. Soil Science of Society of America Journal, 41: 742-747, 1977.
- LOPES, A.S. Solos sob "Cerrado". Características, propriedade e manejo. 2ª ed. Piracicaba, POTAFÓS, 1984. 162p.
- MAC LEAN, K.S. & ROBERTSON, R.G. Variation in the major element content of red spruce foliage with season, crown position, tree and tissue age. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 12: 13-49, 1981a.
- MAC LEAN, K.S. & ROBERTSON, R.G. Trace element levels in red spruce and the effect of age, crown and seasonal changes. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 12: 483-493, 1981b.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 752p.
- MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H.J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba, POFATÓS, 1985. 136p.
- MALAVOLTA, E. & MALAVOLTA, M.L. Diagnose foliar - princípios e aplicações. In: BULL, L.T. & ROSOLEM, C.A. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu, FEPAF, 1989. p.227-308.
- McCOLL, J.G. Soil-plant relationships in a *Eucalyptus* forest on the south coast of New South Wales. Ecology, 50:354-360, 1969.
- * McLACHLAN, K.D. Comparative phosphorus responses in plants to a range of available phosphorus situations. Australian Journal of Agriculture Research, 27: 323-341, 1976.

McLACHLAN, K.D. Acid phosphatase activity of intact roots and phosphorus nutrition in plants. I. Assay conditions and phosphatase activity. Australian Journal of Agriculture Research, 31: 429-440, 1980.

McLACHLAN, K.D. Leaf acid phosphatase activity and the phosphorus status of field-grown wheat. Australian Journal of Agriculture Research, 33: 453-464, 1982.

MEAD, D.J. Diagnosis of nutrient deficiencies in plantations. In: BOWEN, G.D. & NAMBIAR, E.K.S. Nutrition of plantation forests. London, Academic Press, 1984. p.259-291.

MELLO, F. de A.F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETO, A. & KIEHL, J. de C. Fertilidade do Solo. 3ª ed., São Paulo, Nobel, 1985. 400p.

MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of Plant Nutrition. 3ª ed. Berne, International Potash Institute, 1982. 644p.

NEWMARK, M.Z. & WENGER, B.S. Preparation and some properties of an acid phosphatase from white lupine seedlings. Archives of Biochemistry and Biophysics, 89: 110-117, 1960.

O'CONNEL, A.M. & GROVE, T.S. Acid phosphatase activity in karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) in relation to soil phosphate and nitrogen supply. Journal of Experimental Botany, 36: 1359-1372, 1985.

PATINO-VALERA, F. Variação genética em progênes de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com o espaçamento. Piracicaba, 1986. 192p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

PAYN, T.W. & CLOUGH, M.E. Seasonal variation of foliar nutrient concentrations in *Pinus radiata* in the Southern Cape. South African of Forestry Journal, 143: 37-41, 1987.

PEREIRA, A.R.; BARROS, N.F. de & ANDRADE, D.C. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da idade, cultivado na região do cerrado. XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Curitiba, 1983.

PEREIRA, J. & PERES, J.R.R. Manejo da matéria orgânica. In: GOEDERT, W.J. Solos dos Cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, Nobel; Brasília, EMBRAPA, cap. 10, 1986. p.261-284.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 11.^a ed. Piracicaba, Nobel, 1985. 474p.

PITTA, G.V.E. Correção da acidez do solo utilizando o método de Al^{+3} trocável e efeitos dela decorrentes em seis unidades de solos. Piracicaba, 1974. 152p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

PRICE, C.A. Repression of acid phosphatase synthesis in *Euglena gracilis*. Science, 135: 46, 1962.

QUIJADA, R.M. Genotype-environment interaction. In: FAO. Forest tree improvement. Merida-Venezuela, FAO/DANIDA - Jan/Fev. 1980, Rome, FAO, 1985. 190p.

RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. 2.^a ed. Piracicaba, POTAFÓS, 1983. 142p.

RAIJ, B. van & PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Afisols of the Tropics. Soil Science of Society of America Proceedings, 36: 587-593, 1972.

- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Novos métodos de solos do Instituto Agronômico. Versão Preliminar. Campinas, IAC, 1982. 8p.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. & SILVA, N.M. da. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 17: 547-566, 1986.
- ROCHA FILHO, J.V. de C. Interação fósforo, boro, zinco e cálcio em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden) cultivadas em latossol vermelho escuro de cerrado. Piracicaba, 1979. 105p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- RODRIGUES, L.C. Relação entre parâmetros silviculturais e concentração de P, K, Ca e Mg em árvores de *Eucalyptus saligna* Smith em Brotas-SP. Piracicaba, 1986. 57p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SARRUGE, J.R. e HAAG, H.P. Análise química em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SANCHEZ, P.A. Suelos del tropico: características y manejo. San José, IICA, 1981. 634p.
- SCHOFIELD, R.K. & TAYLOR, A.W. The measurement of soil pH. Soil Science of Society of America Proceedings, 19: 164-167, 1955.
- SCHÖNAU, A.P.G. Seasonal changes in foliar nutrient content of *E. grandis*. IUFRO Symposium Brazil, 1980. South African Forestry Journal, 119: 1-4, 1981.

- SCHÖNAU, A.P.G. Fertilization in South African Forestry. South African Forestry Journal, 125: 1-19, 1983.
- *SHAYKH, M.M. & ROBERTS, L.W. A histochemical study of phosphatases in root apical meristems. Annual of Botany, 38: 165-174, 1974.
- SHAW, J.G. Acid phosphatase from tobacco leaves. Archives of Biochemistry and Biophysics, 117: 1-9, 1966.
- SILVA, H.D. da. Biomassa e aspectos nutricionais de cinco espécies do gênero *Eucalyptus*, plantadas em solo de baixa fertilidade. Piracicaba, 1983. 91p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. Statistical Methods. 6ª ed. Ames, Iowa St. Univ., 1974. 593p.
- SOUZA, E.C.A. de. Micronutrientes do Solo. In: BULL, L.T. & ROSOLEM, C.A. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu, FEPAF, 1989. p. 174-205.
- SNOWDON, P. & WARING, H.D. Between-tree and between-plot variations of nutrient levels in *Pinus radiata* foliage and their implications for field sampling intensity. Australian Forestry Research, 13: 45-56, 1982.
- SNOWDON, P. & WARING, H.D. Composite samples for foliar analysis. Australian Forestry Research, 14: 235-242, 1984.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. & BEATON, J.D. Soil fertility and fertilizers. 4ª ed. New York, Macmillan Pub., 1985. p. 350-413.

- UEKI, K. & SATO, S. Regulation of phosphatase synthesis by orthophosphate in cultured tobacco cells. Plant and Cell Physiology, 18: 1253-1263, 1977.
- VAN GOOR, C.P. & NASCIMENTO, R. Adubação em plantações florestais. Brasil Florestal, 1: 35-42, 1970.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (coord.). Melhoramento e Produção de Milho. I. Piracicaba, Cargill, 1987. p.137-214.
- WHITE, D.P. Variation in the nitrogen, phosphorus, and potassium of pine needles with season, crown position, and sample treatment. Soil Science of Society of America Proceedings, 18: 326-330, 1954.

A P Ê N D I C E S

Apêndice 1. Resumo de dados meteorológicos - Fazenda Rio Claro, Lençóis Paulista-SP.

Latitude: 22º45'; Longitude: 48º49'; Altitude: 600 m.

Parâmetros meteorológicos	Meses *											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Temperatura Média Máxima (°C)	30,0	29,6	29,9	28,2	24,2	23,6	24,7	26,2	27,2	30,0	30,0	30,1
Temperatura Média Mínima (°C)	16,3	16,3	15,3	14,1	10,0	6,1	6,1	6,9	9,7	11,9	13,6	14,9
Precipitação Média Mensal (mm)	225,9	231,5	153,5	74,1	101,3	61,6	18,1	53,2	54,7	78,5	120,5	144,8
Dias de Chuva	31	28	31	30	31	29	31	30	29	26	28	31

Fonte: DURATEX FLORESTAL

* Período: Junho de 1984 a Maio de 1989

Temperatura recorde no período: Máxima: 32,8°C (Jan/88)
Mínima: 4,9°C (Jul/88)

Precipitação recorde no período: Máxima: 389,8 mm (Jan/89)
Mínima: 0,0 mm (Jan/84, Jun. e Set./86, Jul. e Ago/88)

Apêndice 2. Informações sobre as matrizes, selecionadas para diversas características, empregadas nos ensaios.

Informações gerais	Número das matrizes selecionadas									
	G-0245	G-0246	G-0269	G-0250	G-0256	G-0258	G-0261	G-0251		
Espaçamento (m)	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5		
Área de Quadra (ha)	46,23	46,23	19,45	33,65	16,52	36,77	24,72	16,52		
Data de Plantio (Mês/Ano)	12/74	12/74	02/76	12/74	12/74	12/74	10/74	12/74		
Data de Corte (Mês/Ano)	09/82	09/82	01/83	09/82	09/82	09/82	02/83	09/82		
Idade (Anos, Meses)	7,9	7,9	6,1	7,9	7,9	7,9	8,4	7,9		
Altura Média - Quadra (m)	18,6	18,6	22,3	17,5	20,1	23,0	21,2	20,1		
DAP Médio - Quadra (cm)	12,2	12,2	13,1	11,5	13,0	15,1	14,2	13,0		
Falhas - Quadra (%)	13,9	13,9	3,8	15,3	15,9	21,0	24,2	15,9		
Produtividade-IMA(STCC/ha/ano)	49,6	49,6	98,2	44,7	56,6	73,4	57,5	56,6		
Média de Casca (%)	12,5	12,5	11,9	12,7	12,2	11,9	12,1	12,2		
Nº de Fustes p/Formar 1 ST	5,3	5,3	3,0	3,3	3,7	3,3	3,8	3,7		
Fator de Empilhamento	1,74	1,74	1,72	1,75	1,71	1,70	1,71	1,71		
Altura da Matriz (m)	28,0	29,2	34,2	33,7	32,0	36,6	35,0	31,2		
DAP da Matriz (cm)	28,4	28,9	27,8	30,5	31,2	34,0	33,2	29,1		
Vol. da Matriz (STCC)	0,7153	0,7707	0,8332	0,983	0,9769	1,3144	1,102	0,8328		
Índice de Seleção	25,65	25,68	10,804	24,901	6,117	20,425	10,935	6,117		
Dens. Básica Média - Matriz	0,392	0,485	0,38	0,407	0,41	0,429	0,376	0,478		

Fonte: BERTOLOTTI (1986)