

ALEXANDRE MARTINS FRAGOSO

**CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E PARÂMETROS GENÉTICOS DE
Eucalyptus grandis COM APLICAÇÃO DE SUB-DOSE DE 2,4-D**

Botucatu

2018

ALEXANDRE MARTINS FRAGOSO

**CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E PARÂMETROS GENÉTICOS DE
Eucalyptus grandis COM APLICAÇÃO DE SUB-DOSE DE 2,4-D**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Ciência Florestal

Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Coorientador: Prof. Dr. Léo Zimback

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

F811c Fragoso, Alexandre Martins, 1984-
Caracterização nutricional e parâmetros genéticos de *Eucalyptus grandis* com aplicação de sub-dose de 2,4-D / Alexandre Martins Fragoso. - Botucatu: [s.n.], 2018
70 p.: grafs., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Iraê Amaral Guerrini
Coorientador: Léo Zimback
Inclui bibliografia

1. Eucalipto - Melhoramento genético. 2. Auxinas. 3. Herbicidas. 4. Hormese. I. Guerrini, Iraê Amaral. II. Zimback, Léo. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E PARÂMETROS GENÉTICOS DE
Eucalyptus grandis COM APLICAÇÃO DE SUB-DOSE DE 2-4 D"

AUTOR: ALEXANDRE MARTINS FRAGOSO

ORIENTADOR: IRAÊ AMARAL GUERRINI

COORIENTADOR: LEO ZIMBACK

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. IRAÊ AMARAL GUERRINI
Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Prof.ª Dr.ª GISELA FERREIRA
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Profa. Dra. MAGALI RIBEIRO DA SILVA
Departamento de Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Profa. Dra. CLARICE BACKES
Zootecnia / Universidade Estadual de Goiás

Botucatu, 19 de junho de 2018.

A minha grande mãe Adélia,

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À coordenação do programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da FCA/UNESP do Campus de Botucatu, pela ajuda e realização do curso de Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo no doutorado (DS).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES), pela oportunidade de realizar doutorado sanduíche pelo Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE - Edital nº 19/2016 – Processo nº 88881.135469/2016-01) na The University of Northampton – Northampton, Reino Unido.

Ao Professor Dr. Iraê Amaral Guerrini pela paciência, ajuda e permissão na realização do presente trabalho, meu muito obrigado.

Ao Professor Dr. Léo Zimback pela orientação e colaboração na elaboração da minha tese.

À seção de Pós-Graduação, Departamento de Solos e Recursos Ambientais e aos funcionários da biblioteca pela atenção e serviços prestados.

Aos meus grandes amigos Prof. Dr. Waldemar Gastoni Venturini Filho, Dr. Ronaldo Alberto Pollo, Dr. Caio Vinicius Ferreira Marmontel, Walter Batista Vieira Júnior, Dr. Leandro Moscôso Araújo, Eduardo Souza Sidrão, Thiago Luiz de Moraes, Felipe Leite Lourenço, Noel Batista, Dr. André Stefanini Jim, Paul Akpoyovwaire e grandes amigas Selma Regina Lopes Miranda, Dra. Marina Sayuri e Dra. Suelen Alves Rocha.

A todos que de certa forma me auxiliaram durante a jornada na pós-graduação (doutorado), meus sinceros agradecimentos.

A minha mãe Adélia Martins Fragoso, que acreditou em mim e é a responsável por eu ter chegado até aqui.

“...Na minha angústia, invoquei o Senhor, gritei para o meu Deus; do seu templo ele ouviu a minha voz, e o meu clamor em sua presença chegou aos seus ouvidos...”

Salmo 17

RESUMO

A cultura do eucalipto é de ampla distribuição mundial bem como no território nacional. A possibilidade de obtenção de genótipos superiores principalmente relacionado a questão nutricional, são os objetivos dos profissionais de melhoramento florestal. O uso de herbicidas proporcionou ganhos de produtividades para as culturas agrícolas, porém sua utilização direta e benéfica a uma espécie em questão, conhecido recentemente pelo termo hormese, pode ser associado a aplicação de reguladores vegetais. O herbicida 2,4-D possui este efeito e a utilização em uma cultura dicotiledônea e florestal, como a de *Eucalyptus grandis*, é o objetivo do presente trabalho, bem como mensurar parâmetros genéticos, utilizados em programas de melhoramento para a produção final de clones e na manutenção da variabilidade em futuros cruzamentos. O delineamento do experimento foram blocos ao acaso com 3 blocos de 20 progênies. As análises estatísticas foram teste t de Student, análise agrupamentos, análise de componentes principais scores e ranqueamento. Os nutrientes analisados foram: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os resultados demonstraram que houveram diferenças significativas nos nutrientes abordados, macro e micronutrientes bem como no principal caractere produtivo, matéria seca. P, B, Mn e K foram os nutrientes melhores correlacionados com matéria seca. Pela análise de variância de matéria seca as progênies 1, 18 e 17 foram as melhores, com herdabilidade de 0,89. As progênies 10, 15, 20 e mais dois grupos atuariam na manutenção da variabilidade em cruzamentos futuros. As melhores correlações genéticas entre matéria seca e nutrientes envolveram fósforo, boro, manganês e potássio, nesta respectiva ordem. Utilizando o índice de seleção com matéria seca, fósforo, boro, manganês e potássio as melhores progênies foram 1, 3 e 15, com estimativa de ganho de 71,82%.

Palavras-chave: Auxina, Herbicida, Melhoramento e Eucalipto.

ABSTRACT

The eucalyptus crop is widely distributed worldwide as well as in the national territory. The possibility of obtaining superior genotypes mainly related to nutritional question, are the objectives of professionals of forest improvement. The herbicides uses provided yield gains for agricultural crops, but their direct and beneficial use to a species in question, recently known by the term hormesis, may be associated with the application of growth regulators. The 2,4-D herbicide has this effect and has use in a dicotyledonous and forest crops, like *Eucalyptus grandis*, the aim of the present work is to measure genetic parameters, used in breeding programs to the final clones productions and the maintenance of variability in the future crossings. Statistical tests used were Student's t test, cluster analysis, principal component analysis scores and rank. The analyzed nutrients were: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn. The results showed that there were significant differences between macro and micronutrients as well as in the main productive character, dry matter. P, B, Mn and K were the best nutrients correlated with dry matter. By the dry matter variance analysis progenies 1, 18 and 17 were the best, with a heritability of 0.89. Progenies 10, 15, 20 and two other groups would act to maintain future variability at future crosses. The best genetic correlations between dry matter and nutrients involved phosphorus, boron, manganese and potassium, in this respective order. Using the index of selection with dry matter, phosphorus, boron, manganese and potassium the best progenies were 1, 3 and 15, with a gain estimate of 71.82%.

Keywords: Auxin, Herbicide, Breeding and Eucalyptus.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Análise de Componentes Principais para determinação das melhores progênies para seleção advindas da interação entre 2,4-D e progênies de *E. grandis*.....58
- Figura 2** - Distâncias entre agrupamentos para fins de seleção, advindos de progênies de *E. grandis* e suas interações entre 2,4-D em subdosagens.....59

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Extração de macronutrientes de *Eucalyptus grandis* para determinação da melhor dose em função da matéria seca da parte aérea, 15 dias após aplicação.....39
- Tabela 2** - Extração de micronutrientes de *Eucalyptus grandis* para determinação de melhor dose em função da matéria seca da parte aérea, 15 dias após aplicação.....40
- Tabela 3** - Estimativa dos parâmetros genéticos com relação a nutrição, amostras da parte aérea, do teste de progênie de *E. grandis* avaliado a 2 semanas após aplicação do produto 2,4-D ($3,75\mu\text{L.L}^{-1}$).....45
- Tabela 4** - Estimativa dos parâmetros genéticos com relação a nutrição, amostras da parte aérea, do teste de progênie de *E. grandis* avaliado a 2 semanas após aplicação do produto 2,4-D ($3,75\mu\text{L.L}^{-1}$).....45
- Tabela 5** - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D ($3,75\mu\text{L.L}^{-1}$) em subdosagens.....47
- Tabela 6** - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D ($3,75\mu\text{L.L}^{-1}$) em subdosagens.....48
- Tabela 7** - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D ($3,75\mu\text{L.L}^{-1}$) em subdosagens.....49
- Tabela 8** - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D ($3,75\mu\text{L.L}^{-1}$) em subdosagens.....50
- Tabela 9** - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D ($3,75\mu\text{L.L}^{-1}$) em subdosagens.....51
- Tabela 10** - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D ($3,75\mu\text{L.L}^{-1}$) em subdosagens.....52
- Tabela 11** - Matriz de correlação genética de teores de nutrientes em progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D ($3,75\mu\text{L.L}^{-1}$) em subdosagens.....54

Tabela 12 - Seleção de genótipos em função da porcentagem de ganho a próxima geração após aplicação de 2,4-D em sub-dosagem em <i>E. grandis</i>	55
Tabela 13 - Matriz de correlações entre elementos com bases nos Scores de seleção em Progenies de <i>E. grandis</i> sob aplicação de 2,4-D em subdosagens.....	56
Tabela 14 - Estimativas dos autovalores.....	56
Tabela 15 - Conjunto de autovetores associados.....	56
Tabela 16 - Escores em relação aos componentes principais da interação entre <i>E. grandis</i> e 2,4-D em sub-dosagens.....	57
Tabela 17 - Agrupamento (Tocher) de Distâncias Euclidianas Quadradas Genéticas.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANDA	Associação Nacional para Difusão de Adubos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LISTA DE SÍMBOLOS

ATP	Adenosina trifosfato
B	Boro
Bex	Boro extraído
Ca	Cálcio
Caex	Cálcio extraído
Cu	Cobre
Cuex	Cobre extraído
DNA	Ácido desoxirribonucleico
Fe	Ferro
Feex	Ferro extraído
K	Potássio
Kex	Potássio extraído
Mg	Magnésio
Mgex	Magnésio extraído
Mn	Manganês
Mnex	Manganês extraído
N	Nitrogênio
Nex	Nitrogênio extraído
NADH ⁺	Dinucleotídeo de nicotinamida e adenina
NADPH	nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato
P	Fósforo
Pex	Fósforo extraído
RNA	Ácido ribonucleico
S	Enxofre
Sex	Enxofre extraído
Zn	Zinco
Znex	Zinco extraído

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1	Gênero <i>Eucalyptus</i>	26
2.2	Metabolismo do Nitrogênio (N)	27
2.3	Metabolismo do Fósforo (P)	28
2.4	Metabolismo do Potássio (K)	28
2.5	Metabolismo do Cálcio (Ca)	29
2.6	Metabolismo do Magnésio (Mg)	29
2.7	Metabolismo do Enxofre (S)	29
2.8	Metabolismo de Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco (B, Cu, Fe, Mn e Zn)	30
2.9	Diagnose foliar	30
2.10	Hormese	31
2.11	Hormônios Vegetais e Reguladores de Crescimento	32
2.12	Herbicidas Auxínicos	32
2.13	2,4-D e dinâmica de nutrientes	33
2.14	Melhoramento Florestal	34
2.15	Variabilidade Genética	35
2.16	Seleção de Genótipos	35
2.17	Teste de Progênie e Metodologia REML/BLUP	35
2.18	Parâmetros Genéticos	36
3	MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1	Escolha da Melhor Dosagem	39
3.2	Local de Estudo – Teste de Progênie	40
3.3	Variáveis Analisadas no Teste de Progênie	41
3.4	Transformações de Variáveis	42
3.5	Estatística ANOVA	43
3.6	Análise Estatística Multivariada	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	Parâmetros Genéticos	44
4.2	Herdabilidades e Acurácias	44
4.3	Correlações Genéticas	46

4.4	Análise Multivariada.....	53
4.5	Índice de Seleção.....	59
5	CONCLUSÕES.....	61
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é notoriamente um dos principais produtores de madeira, advindos de *Eucalyptus* do mundo. Seus respectivos índices de produtividade estão entre 45 a 50m³.ha⁻¹.ano⁻¹. Onde clima e solo permitem patamares acima de 60m³.ha⁻¹.ano⁻¹. Com participação de destaque nacional e global o setor florestal brasileiro apresenta maiores níveis de produção, principalmente no segmento de árvores plantada (IBGE, 2016).

O manejo nutricional é de extrema importância, pois quanto maior for o equilíbrio dos nutrientes, melhores serão as respostas a estresses, sejam eles por causas bióticas, sejam eles por fatores abióticos. O manejo da adubação, deve proporcionar alta produtividade pelo menor custo e danos ao meio ambiente (SILVA et al., 2012).

Herbicidas são de extrema importância para estabelecimento da cultura. O produto 2,4-D permite a cultura resultados no controle de plantas daninhas por ser seletivo, ou seja, só atuam em monocotiledôneas. Porém, há possibilidade da utilização do produto, em subdosagens, para que ocorra um efeito benéfico, ou seja, que seja aumentado o fluxo dos elementos a parte aérea e respectivos ganhos na matéria seca.

Os parâmetros genéticos permitem quantificar quais são as características a serem trabalhadas nos programas de melhoramento florestal e quanto das características irão para a próxima geração. A necessidade de produtividade elevada e novas associações a defensivos agrícolas, tornam a recomendação de genótipos adaptáveis e estáveis, nas estratégias dos programas de melhoramento florestal (LAVORANTI, 2003), abrindo novas possibilidades do uso da molécula 2,4-D nos usos nutricionais em subdosagens.

O presente trabalho tem como objetivo de quantificar a interação da subdosagem de 2,4-D na planta em macro e micronutrientes, sendo indicadores em programas de melhoramento e quais serão os respectivos parâmetros genéticos, para a obtenção de indivíduos que apresentem além de boa produtividade, alta eficácia na absorção e uso de nutrientes pós aplicação do produto em sub-dosagens.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gênero *Eucalyptus*

A seção Transversária, que pertence o gênero *Eucalyptus*, corresponde à família Myrtaceae, subfamília Leptospermoideae e subgênero Symphyomyrtus (PRYOR, 1976; ELDRIDGE et al., 1994). As espécies de eucalipto são naturalmente de cruzamento misto, mas predomina a alogamia, ou seja, a reprodução cruzada (MORAN, BELL, 1983). A polinização é realizada por abelhas, apresentando um mecanismo de reprodução, onde o estigma só fica receptivo após a liberação do pólen, denominado protogenia (PRYOR, 1985). Possui como centro de germoplasma (variabilidade), a Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania, nas latitudes de 32° 51' a 17' S. Possui desenvolvimento em solos vulcânicos e profundos, localizados nos estados de New South Wales e Queensland, que apresentam níveis de pluviosidade entre 1000 e 1800 mm anuais (BORGES; BRUNE, 1983; FONSECA et al., 2010; MORAES et al., 2014).

A introdução do gênero *Eucalyptus* no Brasil ocorreu no início do século XIX como planta ornamental, e posterior produção com fornecimento da matéria prima ao setor madeireiro. Em 1904 é datado o primeiro plantio comercial pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro (MARTINI, 2004; WILCKEN et al., 2008). O gênero é adaptado ao Brasil, com as mais diversas condições climáticas e usos de matéria primas. São elas carvão, celulose, serraria, produção de óleos essenciais, painéis de madeira, madeira reconstituída, painéis compensados, pisos laminados (SANTOS et al., 2012). A espécie *Eucalyptus grandis*, é a mais cultivada, sendo a de melhor desenvolvimento nos plantios comerciais nas regiões subtropicais (KAGEYAMA, 1980; MORAES, 1987). O gênero ocupa uma área de 6.951.145 hectares no Brasil em 2015, onde Minas Gerais é o maior estado produtor (IBGE, 2016). São utilizadas em cruzamentos interespecíficos com *E. urophylla* e *E. camaldulensis*, alcançando patamares de produtividade da ordem de $55\text{m}^{-3} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (FOELKEL, 2007; MORAES ET AL., 2015).

Em termos de silvicultura, os produtos madeireiros respondem por 97,7% do valor da produção total, onde segmento de papel e celulose cresceu 7,7% atingindo os patamares de R\$ 5,2 bilhões no ano. A produção de carvão vegetal em 2016 foi de 5,5 toneladas e a produção de lenha por extrativismo, colaborou com 31,9% de um total de 72 milhões de metros cúbicos, enquanto a silvicultura participou com 68,1%.

A área de maciços florestais totalizou 10 milhões de hectares, com incremento de 0,9% em relação ao ano anterior. A área plantada de eucalipto correspondeu a 7,5 milhões de hectares. Os estudos de macro e micronutrientes permitem uma melhor condução da cultura, identificando possíveis sintomas de deficiência e avaliação da produção, são eles Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco.

2.2 Metabolismo do Nitrogênio (N)

No ano de 2003, segundo Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA; 2003), foi utilizado uma média de 44 quilos de Nitrogênio por hectare (53.500.000 ha – 2.354.000 t). O nitrogênio quando se encontra em sua forma elementar é classificado como macronutriente primário. Segundo Arnon e Stout (1939), o elemento satisfaz o critério de essencialidade, o de completar ciclo de vida e ser insubstituível. O excesso faz com que ocorra o desbalanço nutricional. Seu transporte após absorção (raiz ou folha) se dá pelo xilema, devido ao processo de transpiração. NO_3^- em maior quantidade que NH_4^+ . Aminoácidos são as formas de movimentação pelo floema. É classificado como móvel (WOLSWINKEL, 1999).

Nitrogênio por fazer parte das proteínas, torna-se imprescindível nos processos enzimáticos. Componente de ácidos nucleicos, dinucleotídeo de nicotinamida e adenina (NADH^+), clorofila e atua como componente em reações do metabolismo secundário (ANDERSON; BOWEN, 1992; EPSTEIN; BLOOM, 2004; MALAVOLTA, 2006; GODOY et al., 2012; PERORARO et al., 2016). Encontrado em elevadas concentrações, pertence a biomoléculas, como hormônios e proteínas. Sua deficiência faz com que haja redução no desenvolvimento da parte aérea, com amarelecimento a partir das pontas nas folhas, sendo encontrada geralmente em solos arenosos, com elevados índices pluviométricos e com perdas por lixiviação (EPSTEIN; BLOOM, 2004; MALAVOLTA, 2006; GODOY et al., 2012; VERSINI et al., 2016).

Os sintomas de deficiência, se dão preferencialmente nas folhas mais velhas, em função da redistribuição. Ocorre o fenômeno denominado clorose, devido ao baixo teor de clorofila. Ocorre também diminuição na síntese proteica, com aumento dos níveis de açúcares, pressão osmótica e incidência de doenças (EPSTEIN; BLOOM, 2004, MALAVOLTA, 2006). As possíveis perdas, se dão em processos de adubação sem padrões técnicos. Processos de desnitrificação, lixiviação, erosão e imobilização,

também podem ocorrer (FAGERIA; BALIGAR, 2005; FURTINI et al., 2006; SANTOS; FAGERIA, 2008; LAGO et al., 2009).

2.3 Metabolismo do Fósforo (P)

O macro elemento fósforo se classifica em fosfato inorgânico, sendo o principal elemento encontrado isoladamente no vegetal. Em simples ésteres, atuando no metabolismo da planta em reações de óxido-redução ou em fosfolipídios, como constituintes de membranas celulares (ANDERSON; BOWEN, 1992; FERNANDEZ et al., 2000; EPSTEIN; BLOOM, 2004; MALAVOLTA, 2006; GODOY et al., 2012). Constituinte integral dos processos energéticos do vegetal através da molécula de ATP (adenosina trifosfato). Envolvido em ações de oxi-redução da fotossíntese, com a geração de gradiente de prótons (membrana do tilacóide). Atua na fosforilação junto a nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH) (RIBEIRO et al., 2010).

Participa do gasto energético da célula em processos ativos ou para a manutenção do equilíbrio celular que envolvam trabalho, energia convertida em calor e subprodutos. Modifica proteínas e atua como transportador. Integrante de moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA) e ácido ribonucleico (RNA). O fósforo apresenta a característica, ao contrário de ânions (ditos maiores em quantidade), de não passar por trocas de valências nas suas características bioquímicas na planta. Possui atividade penta valente, atuando como fosfato (PO_4^{3-}) e piro fosfato ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$) (ANDERSON; BOWEN, 1992; FERNANDEZ et al., 2000; EPSTEIN; BLOOM, 2004; MALAVOLTA, 2006; GODOY et al., 2012).

2.4 Metabolismo do Potássio (K)

A ocorrência de maiores concentrações de potássio, se dão em meristemas e nas células guarda. Atua no metabolismo de proteínas e carboidratos, ativando enzimas. Principal cátion do citoplasma, equilibra trocas aniônicas. Age na turgescência e no seu controle (ANDERSON; BOWEN, 1992). É o mais abundante elemento catiônico, representando cerca de 10% da matéria seca. Altas concentrações vacuolares, caracterizam “suprimento de contingência”, termo mais adequado do que “consumo excessivo”. Atua como agente osmótico e no transporte transmembrana (EPSTEIN; BLOOM, 2004). Segundo macronutriente exigido, superado apenas pelo N. Atua de forma livre não sendo constituinte de macromoléculas. Pode ocorrer um fenômeno denominado “Fome oculta”, onde não

há sinais de sua deficiência. Com ele, as plantas tendem a perder menos água e aumentar sua tolerância a seca, frio ou calor (GODOY, 2012).

2.5 Metabolismo do Cálcio (Ca)

Forma pectato de cálcio na lamela média (paredes celulares) e atua na forma de Ca^{2+} , em fosfolipídeos e membranas. Pequenas quantidades, são utilizadas na mitose. O cátion divalente, atua ativando enzimas como amilases, fosfolipases, quinases e ATPases (ANDERSON; BOWEN, 1992). No apoplasto, quantitativamente, é o nutriente mais proeminente. Interliga substâncias pécticas e age nas propriedades mecânicas do géll péctico. Atua na seletividade de íons da membrana plasmática. Converte sinais ambientais, como salinidade, choques de frio, calor e elevadas concentrações de metais (alumínio). Atua no controle da abertura estomática (EPSTEIN; BLOOM, 2004).

2.6 Metabolismo do Magnésio (Mg)

Componente da molécula de clorofila (a e b) e de outras proteínas. Ativa enzimas, pertencentes ao metabolismo de carboidratos, síntese de ácidos nucleicos e atua em processos enzimáticos de substratos fosforilados (ANDERSON; BOWEN, 1992). Magnésio ativa enzimas e executa funções na fotossíntese, constituinte da molécula de clorofila, com grande importância na formação e estruturas de RNA e DNA. (EPSTEIN; BLOOM, 2004).

2.7 Metabolismo do Enxofre (S)

Preferencialmente absorvido como SO_4^{2-} , porém encontrado em maiores proporções reduzidos a S^{-2} (sulfeto). Participa de estruturas secundárias proteicas e na ferredoxina (ligação Fe-S). Constituinte de aminoácidos metionina e cisteína, atuando como redutores na fotossíntese, através das tioredoxinas. Participa da síntese de gorduras e de ciclos bioquímicos como o da respiração e do nitrogênio (MALAVOLTA, 2006). Existe uma relação entre nitrogênio e enxofre, a deficiência de um reprime a assimilação do outro. Seu metabolismo ocupa cerca de 25% da transformação da energia respiratória (EPSTEIN, BLOOM, 2006).

2.8 Metabolismo de Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco (B, Cu, Fe, Mn e Zn)

O contato entre Boro e raiz se dá por fluxo de massa. Possui atividade regulatória enzimática. Ativador de ATPase de membrana. Atua na oxidase do ácido indol acético (AIA) e como inibidor da RNAase. Bem como no controle da entrada e saída de solutos por membrana, na síntese de proteínas, na fixação do nitrogênio, nos processos de fotossíntese e respectivo crescimento (ANDERSON; BOWEN, 1992; MALAVOLTA, 2006; EPTEIN, BLOOM, 2006).

As funções metabólicas do Cobre envolvem fotossíntese, atuando no crescimento influenciando na produtividade. Possui relação com lignina e na resistência a doenças. Constituinte estrutural do grão de pólen, permitindo menor esterilidade masculina. Atuando também na regulação hormonal e no metabolismo de compostos secundários (ANDERSON; BOWEN, 1992; MALAVOLTA, 2006; EPTEIN, BLOOM, 2006).

Ferro atua na fotossíntese, nos processos respiratórios, na fixação biológica do nitrogênio e no metabolismo de auxina. Bem como na assimilação do nitrogênio e enxofre. Através da ativação enzimática, Manganês atuará na absorção iônica, respiração e fotossíntese. Bem como na síntese de carboidratos, gorduras e proteínas. Atuando no controle hormonal e na resistência a doenças. Zinco atua na fotossíntese e respiração, diminuindo o nível de Ácido Indol Acético (AIA) em condições de carência (ANDERSON; BOWEN, 1992; MALAVOLTA, 2006; EPTEIN, BLOOM, 2006). Havendo ferramentas de análises de nutrientes, para determinações e avaliações no caractere produtividade, principalmente.

2.9 Diagnose foliar

Características essenciais da diagnose foliar, são que nos tecidos foliares acontecem a maior parte das reações de metabolismo (fisiológicos e bioquímicos), onde macro e micronutrientes, em conteúdo, representem a produção. Devido a concentração e relação entre os mesmos, pode-se determinar sintomas de falta, excesso ou toxicidade, de um ou mais nutrientes (MALAVOLTA, 2006; McKIERNAN et al., 2014). Fatores de alterações nos níveis de macro e micronutrientes, são pragas, doenças, material genético, condições ambientais e influência antrópica (McKIERNAN et al., 2014).

Segundo Malavolta (2006), a diagnose foliar é útil na avaliação do estado nutricional em diversas culturas, com destaque em perenes. Sintomas visuais de deficiência também auxiliam na diagnose momentânea de um determinado nutriente. Não substituindo uma adubação de plantio correta e medidas de manejo de solo, que visam aumentar a disponibilidade dos nutrientes e na diminuição da acidez e toxicidade de alumínio. Há uma relação entre oferta e níveis de nutrientes nas folhas. Ela avalia as condições da cultura em termos de nutrientes em função de material genético, posição das folhas e características do solo (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000). Elas seguem um padrão de desenvolvimento, caracterizado pelo período de crescimento, com folhas novas (jovens), com predomínio de desenvolvimento vegetativo com alta atividade fotossintética. Finalizando com folhas adultas (maduras), onde ocorre a migração de nutrientes, para as áreas mais novas (N, P, K e Mg).

Fatores de interferência são seus locais na copa, idade fenológica e flutuações sazonais do clima. O conteúdo do ápice é maior do que a base da copa, com uniformidade na posição mediana. Verão e outono, com temperaturas e umidade relativa elevadas, contribuem para um maior acúmulo de nutrientes. As flutuações de nutrientes seguem o padrão de 60% para P, 34% para K, 20% para Mg, 15% para Ca e 9% para N (GONÇALVES; BENEDETTI 2000).

2.10 Hormese

Derivada do termo hormoligose, hormese tem como significado a identificação de um fenômeno onde dose subletais, de agentes que causam estresse, são benéficas aos organismos (LUCKEY, 1968; MORSE, 1998). Sendo considerada por Calabrese e Baldwin (2001), como um comportamento, do tipo bifásico, dose-resposta, com estímulo em baixas dosagens e inibição em doses elevadas. As modificações, são tentativas da planta a superação do estresse químico (WIEDMAN; APPLEBY, 1972). Um exemplo de subdosagens, se dá na molécula de glyphosate, onde também em eucalipto, Velini et al. (2009), associaram o efeito, aos baixos níveis de fósforo no solo. Este, possui como antecessor glifosine, regulador de crescimento, com mesmo efeito, nas culturas do milho (WAGNER; KOGAN, 2003) e soja (GODOY, 2007). Carvalho et al. (2013) observaram incrementos na ordem de 27% na massa de matéria seca total, bem como diâmetro de caule e matéria seca foliar em cafeeiro, também com glyphosate. 2,4-D atua como efeito hormético, variando as respostas, com base no desenvolvimento e metabolismo do vegetal, sendo considerado um

regulador de crescimento, cuja produção é exógena e maiores são seus níveis de atuação, quando comparados a hormônios (endógenos).

2.11 Hormônios Vegetais e Reguladores de Crescimento

Hormônios vegetais, controlam etapas do desenvolvimento de um vegetal, como a germinação e o florescimento. O aspecto nutricional, elementos minerais, em excesso ou déficit, influenciarão processos desde absorção de íons até modificações morfofisiológicas (BATES; LYNCH, 1996; LANDSBERG, 1996; LÓPEZ-BUCIO et al., 2003). Os reguladores de crescimento são substâncias construídas sinteticamente, modificam o balanço hormonal nas plantas, atuam em processos vitais e estruturais com finalidades muitas vezes associadas a ganhos de produção (LAMAS, 2001; CASTRO; VIEIRA, 2001).

O ácido indol-3-acético (AIA), foi a primeira auxina identificada, sendo a mais abundante. Produzida em grandes quantidades nos tecidos meristemáticos aéreos (folhas jovens) ou gemas em brotamento (MEYER et al., 1983; TAIZ; ZEIGER, 2013). Cada tipo de auxina e respectiva concentração apresentam um tipo de efeito (TEALE et al., 2006). Usos comuns são o de enraizamento de estacas (STEFANCIC et al., 2006). E na divisão, expansão e diferenciação celular (BERLETH; SACHS, 2001). Avery et al. (1937) observaram aumento nos níveis de auxina nos ápices caulinares sob deficiência de nitrogênio. Walch-Liu et al. (2006), concluíram que excesso de nitrogênio, na forma de nitrato, pode inibir síntese ou transporte de auxina, da parte aérea em direção as raízes. Guo et al. (2005) concluíram que no transporte de auxina a partir do caule, a mesma atua como sinalizadora, permitindo alterações nas raízes laterais sob presença de NO_3^- (PRADO, WADT, 2014) concluindo que a aplicação exógena, pode vir a induzir mudanças na morfologia radicular, devido ao aumento da eficácia de absorção de outros micronutrientes.

2.12 Herbicidas Auxínicos

Os herbicidas auxínicos atuam na alteração bioquímica e metabólica do vegetal, levando-a morte. Modificando síntese de ácidos nucleicos, proteínas e de RNA-polimerase. O efeito de epinastia ocorre nas folhas e caule, com interrupção de fluxo de fotoassimilados, transportados pelo floema (TAIZ; ZEIGER, 2013; SANTOS et al., 2013). A utilização de 2,4-D (ácido diclorofenoxiacético), ocorreu inicialmente, na guerra do Vietnã, como desfolhante junto ao 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T) e

o pentaclorofenol (PCF), na formação do “agente laranja”. Atualmente, o produto é utilizado como herbicida sistêmico para as culturas de cana-de-açúcar, pomares, cereais e para a cultura do eucalipto. A recomendação, é de aplicação em pós-emergência. Por ser um produto volátil, deve haver cuidado com deriva, classificada por dois tipos, em forma de vapor e a aerotransportada. A velocidade de aplicação, portanto, deve ser inferior a $10\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ com umidade relativa superior a 55% e temperatura inferior a 30°C segundo o boletim da empresa fabricante Dow Agrosiences, fabricante (2018). Estudos sobre a molécula, baseiam-se nos efeitos deletérios, como derivas artificiais do produto e efeitos residuais no solo (HEMPHILL; MONTGOMERY, 1981; WALL, 1996; CONSTANTIN et al., 2007; REIS et al., 2008; NASCIMENTO; YAMASHITA, 2009).

2.13 2,4-D e dinâmicas de nutrientes

Reis et al. (2008), estudaram 2,4-D, pertencente ao grupo dos fenoxiacéticos, na nutrição mineral e crescimento da cultura da cana-de-açúcar em DAA, dias após aplicação. Com alterações em Mg, Ca e K. N, P e Mg não se alteraram. Houve redução significativa no acúmulo de S. As características avaliadas foram altura, massa seca da parte aérea, número de perfilhos, folhas e concentração de macro e micronutrientes em tecidos foliares. A escolha de 2,4-D como herbicida se dá em função dos baixos níveis de intoxicação em monocotiledôneas e por ser eficaz no controle de dicotiledôneas. Bem como fatores de escolha como rapidez em sua utilização, para cultivo em grandes áreas e na menor dependência de mão de obra.

A hipótese do trabalho de Reis et al. (2008) foi de que havia a possibilidade de intoxicação e que esta afetaria a absorção e utilização de nutrientes. Mishra e Kurchania (2001) e Rana (2000) observaram alteração em níveis de nutrientes com Butachlor (arroz) e Isoproturon (mostarda). Como resultados foram observados aumentos nos limites estabelecidos por Malavolta (1997) de K e Mn. N segundo Victória Filho e De Camargo (1980) não se alterou após aplicação de herbicidas também em cana-de-açúcar, K aumentou 35 e 41,8% aos 45 e 65 DAA em relação a testemunha, Ca também foi superior $5,51\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ com redução significativa de 30% em enxofre e aumento de 123% de Cu aos 45 DAA (Dias após aplicação).

Há uma tendência da diminuição dos nutrientes em função do fenômeno de diluição, crescimento do vegetal (JARRELL; BEVERLY, 1981; MISHRA; KURCHANIA, 2001), Constantin et al. (2007), estudaram efeitos de 2,4-D na produtividade de fumo

que tolerou até 4% de deriva e 2% no transplante onde a deriva foi simulada em níveis de resíduos nas folhas. Nos níveis de $0,050 \text{ mg.kg}^{-1}$ não apresentaram sintomas visuais. Segundo Wauchope et al. (1992) devido a 2,4-D apresentar meia vida de 10 dias ressaltaram a importância da tolerância pelo vegetal em função do estágio de desenvolvimento.

Wall (1996) observou que doses de 1,5% da comercial, diminuiu produtividade em canola. Bem como Schroeder et al. (1983), que independente da época, pureza, produtividade e teor de sacarose não foram alterados. Deriva de 2,4-D no solo foi estudada inicialmente por Renne e Wolf (1979). Concluindo que os fatores de deriva, vão desde a escolha do ingrediente ativo, alvo das aplicações, vento, resíduos de deriva e sua distribuição vertical. Há pesquisas também com culturas olerícolas (NASCIMENTO, YAMASHITA, 2009). Segundo Hemphill e Montdomery (1981) observaram que algumas olerícolas, aumentavam a sua produtividade.

Uma pergunta se dá se os teores de nutrientes estariam ligados a ganhos de matéria seca, podendo haver controle genético, podendo ser utilizado em programas de melhoramento florestal e respectivas avaliações nos caracteres produtivos, através dos parâmetros genéticos em condições de subdosagem de 2,4-D.

2.14 Melhoramento Florestal

Por se tratar de uma ciência fundamental, seus princípios agregam conhecimentos de genética e estatística. Baseia-se na manutenção e aumento dos parâmetros de produção, sempre de forma sustentável, principalmente nos aspectos que envolvem ecologia, abrangendo as cadeias produtivas de manufaturados e respectivas necessidades da sociedade atual com relação a produção de madeira. Em termos genéticos, segundo Pires et al., (2011), o melhoramento consiste na alteração da frequência de alelos favoráveis para características de interesse em nível populacional, após recombinação gênica (meiose).

O conhecimento das características do caractere a ser melhorado e as estratégias dos métodos de seleção, são essenciais para o desenvolvimento de uma progênie superior ou clone comercial, sempre visando aspectos produtivos e na homogeneidade do dossel (RESENDE, 2002). Segundo Zobel e Talbert (1994) a escolha de espécies para uma determinada área, a quantificação da variabilidade, com fins para reflorestamento e manutenção de uma população base, garantirão o avanço das próximas gerações, constituindo etapas do processo de melhoramento.

2.15 Variabilidade genética

Os princípios da vida, dentre eles encontrados no reino vegetal, consistem na existência de variabilidade genética, pois na sua ausência a sua respectiva complexidade, não existiriam (BORÉM; MIRANDA, 2009; DARWIN, 2011). Sempre com base no fenótipo, onde as diferenças, variabilidade genética, se dão por condições ambientais ou genéticas (FONSECA et al., 2010). O processo de aumento da variabilidade genética, consiste na utilização da variabilidade natural existente em uma região ou na introdução de novas populações (FERREIRA, 2006). Bem como no uso de mutações, recombinações gênicas, na utilização de técnicas do DNA recombinante e mutações somaclonais. Segundo Lopez (1994) as populações de melhoramento por progênies (famílias) com grande variabilidade, tornam-se necessárias para assegurar uma base de seleção adequada, na manutenção dos ganhos genéticos.

2.16 Seleção de genótipos

A seleção de árvores superiores se dá no aproveitamento da variabilidade genética total, ou daquela criada dentro da população, onde a seleção artificial, gerada pelo homem, induzem a reprodução apenas dos indivíduos que manifestem características desejáveis ao melhoramento e respectivos produtos finais (KAGEYAMA, 1980). O processo de melhoramento se dá através de seleção massas em um sexo ou ambos, na seleção estratificada, na seleção massal estratificada geneticamente, na seleção dentro de progênies, na seleção combinada, na seleção multi-efeito, entre outros (MORAES; MORI, 2007; FREITAS et al., 2011).

A seleção precoce em campo ou ambiente controlado é importante na redução de tempo de obtenção de novo material genético para os plantios comerciais (KAGEYAMA, 1983; REZENDE et al., 1994; GONÇALVES et al., 1998; WENG, 2007; MASSARO, 2008; MASSARO et al., 2010). Pois a redução do tempo é essencial na seleção de espécies de ciclos longos e respectivamente onerosos (KAGEYAMA; VENCOSKY, 1983).

2.17 Teste de Progênie e Metodologia REML/BLUP

Para determinar quais serão os indivíduos superiores, os testes de progênie de polinização aberta ou controlada, são instalados em delineamento estatístico,

avaliando progenitores masculinos e femininos, testando valores de genótipos (ALLARD, 1971). Separando a constituição genética superior de uma possibilidade de condição ambiental favorável (ASSIS, 1996). As características dos testes de progênies são de classificar parâmetros reprodutivos e respectiva estimativa genética. Todos os indivíduos são avaliados em suas características, como volume, diâmetro e altura (MORAES, 2001). A seleção apurada e recorrente dos indivíduos, pode apresentar um grau de dificuldade, devido ao tipo de polinização (DANIELS, 1984). As duas possibilidades, quando relacionadas a culturas florestais e populações melhoradas, são fins de diversidade gênica ou produção comercial. Com bancos de germoplasma e clonagem, respectivamente.

Pomares de segunda geração apresentam melhor avaliação dos indivíduos (KAGEYAMA, 1980), obtendo-se indivíduos superiores (ASSIS, 1996). Já a taxa de ganho genético, se dá em função das variâncias genéticas (NAMKOOG, 1966). A endogamia natural é caracterizada pela diminuição do valor da variância, no caso, aditiva, entre progênies (MORAES, 2001).

Segundo Resende e Dias (2000), a avaliação genética com modelos mistos REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada) possui grande importância na obtenção de valores genéticos, para fins de seleção. Com valores genéticos dos indivíduos, utilizados em sua seleção e no ajuste de dados. Bem como fatores não controlados, como efeitos de bloco e amostragem (RESENDE, 2002). O método REML, permite estimar e prever, com graus de acurácia, efeitos de tratamento bem como de possíveis "outliers". Adotando variâncias heterogêneas, com pré-estudos e aliados a estudos existentes (RESENDE, 2007a). Os parâmetros genéticos e a predição dos valores genotípicos são obtidos pela avaliação genética. REML/BLUP é uma metodologia de modelos mistos, adotando desbalanço de parâmetros genéticos e valores gênicos.

2.18 Parâmetros Genéticos

Para obtenção de uma matéria prima de melhor qualidade, bem como a busca por aumento nos níveis de produtividade ou nos níveis de elementos minerais, cabe a habilidade do melhorista, na identificação dos genótipos em uma população em estudo. Cabendo as ferramentas estatísticas quantificar os ganhos, sejam nos melhores indivíduos, progênies ou clones (CRUZ, 2001; RESENDE, 2006; RESENDE, 2007b), sejam através dos parâmetros genéticos (MORAES, 2007; MORAES et al.,

2008; MORAES et al., 2011). Criado em 1993 pelo pesquisador e professor Marcos Deon de Vilela Resende, o SELEGEN-REML/BLUP atende as demandas em experimentos balanceados ou não, nas espécies agrícolas e florestais. Fornecendo valores genéticos aditivos preditos, valores genotípicos preditos, estimativas de componentes de variância, ordenamento dos candidatos à seleção, segundo valores genéticos aditivos ou genotípicos, estimativas de ganhos genéticos, estimativas do tamanho efetivo populacional, estimativas da interação genótipo x ambiente e as estimativas do valor genético de cruzamentos (RESENDE, 2006).

Dentre os métodos de Melhor Predição – BP (“Best Prediction”), Melhor Predição Linear – BLP (“Best Linear Prediction”), Melhor Predição Linear Não - Viciada - BLUP (“Best Linear Unbiased Prediction”) o BLUP é o mais completo e conduz à maximização do ganho genético, por ciclo de seleção (RESENDE, 2007a), consistindo na predição de valores genéticos dos efeitos aleatórios do modelo estatístico associados às observações fenotípicas, pela metodologia de modelos mistos. O método BLUP apresenta uma limitação, onde na prática não são conhecidos os verdadeiros componentes da variância, sendo então estimados pelo procedimento da Máxima Verossimilhança Restrita (REML). A seleção pode envolver fenótipos quando este é o referencial ou genotípica, baseando-se nos valores genéticos dos indivíduos. Dentre os parâmetros genéticos há também os coeficientes de herdabilidade, pois há fatores que podem alterar as estimativas como o caráter, o método de estimação, o nível de endogamia da população e o tamanho da amostra avaliada, por exemplo (RESENDE; DUARTE, 2007; BORÉM, 2009; RAMALHO et al., 2012), medindo a eficiência esperada da seleção no aproveitamento da variabilidade genética (MORAES, 2001), no sentido amplo onde expressa a proporção da variância genética em relação à variância fenotípica total observada e no sentido restrito apresenta a quantidade relativa da variância genética a ser utilizada no melhoramento.

Com a obtenção de populações melhoradas, pode-se identificar genótipos superiores (KAGEYAMA, 1980), com estimativas de parâmetros genéticos e respectivas predições de ganhos, em função do potencial genético no novo ciclo do processo de seleção. (RESENDE, 1991; FERNANDES et al., 2004). Por se tratarem de caracteres quantitativos, é possível separar as variâncias em partes genéticas e não genéticas, útil-genética e não aproveitável-ambiental (FERREIRA, 2006). Fisher (1918) dividiu a variância genética em três componentes: aditiva (Diferença entre

homozigotos de cada “locus”); dominante (interação entre alelos) e epistática (interação de genes não-alelos). Segundo Vencovsky (1969), estes componentes da variação podem estimar o ganho genético, o melhor tipo de seleção e o tipo de ação quantitativa na ação genética. Por se tratar de modelos mistos, também pode-se estimar a variação fenotípica por quadrados médios, obtidos pela análise de variância, com diferenças entre tratamentos e plantas dentro de parcelas (FERREIRA, 2006).

Coeficientes de variação genética são denominados de envolvabilidade em genética quantitativa (HOULE, 1992), onde expressa a quantidade de variação genética proporcional à medida do caráter sendo constante, podendo-se relacionar a evolução ou capacidade de envolvimento dos organismos. Quanto maior for a influência ambiental na variação total, menor será a herdabilidade, quanto menor o coeficiente de herdabilidade do caráter, maior será a porcentagem de plantas selecionadas numa população segregante (FERREIRA, 2006), segregação e ambiente desfavoráveis, diminuem a herdabilidade.

O objetivo do trabalho é de avaliar a interação de 2,4-D e progênies de *Eucalyptus grandis* nos níveis de nutrientes para seleção genética em programas melhoramento florestal.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Escolha da Melhor Dosagem

O experimento foi instalado no viveiro de mudas do Departamento de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP - Campus de Botucatu/SP. O delineamento estatístico foi de blocos ao acaso, com *Eucalyptus grandis* cujas mudas, em tubetes, foram provenientes do Horto de Itatinga. Foram avaliados cinco tratamentos de 2,4-D: 0; 0,94; 1875; 3,75 e 7,5 $\mu\text{L.L}^{-1}$ segundo trabalho de FRAGOSO (2014): uma aplicação com cinco repetições (25 indivíduos por repetição), totalizando 150 indivíduos. **Dados da primeira aplicação:** Altura da planta: 0,30 m; Altura da barra: 0,90 m; Volume aplicado: 110 L. ha^{-1} ; Pressão: 1,95 bar; Velocidade: 5 km.h^{-1} . Umidade relativa: 65%; Temperatura: 25,1°C; Ponta XR110 015 US. **Recomendações técnicas utilizadas pelo viveiro: a) Adubação:** Nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$): 0,8 g.L^{-1} ; Sulfato de Magnésio: ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$): 0,4 g.L^{-1} ; MAP: ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$): 0,4 g.L^{-1} ; Cloreto de Potássio (KCl_2): 0,4 g.L^{-1} ; Uréia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$): 0,3 g.L^{-1} ; Solução de Micronutrientes 1 ml (Ácido Bórico: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - 5,4 g.L^{-1} ; Sulfato de Manganês: MnSO_4 - 2,4 g.L^{-1} ; Sulfato de Zinco: $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 1,2. L^{-1} ; Sulfato de Cobre: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 0,5. L^{-1} ; Molibdato de Sódio: $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 0,16 g.L^{-1} e Ferro (Fe 13% ; $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 25 g.L^{-1}). **b) Irrigação:** Lâmina de 8mm de água por metro quadrado, diária.

Tabela 1 - Extração de macronutrientes de *Eucalyptus grandis* para determinação da melhor dose em função da matéria seca da parte aérea, 15 dias após aplicação.

$\mu\text{L.L}^{-1}$ 2,4-D	Nitrogênio ($\text{g} \cdot 10^{-3}$)	Fósforo ($\text{g} \cdot 10^{-3}$)	Potássio ($\text{g} \cdot 10^{-3}$)	Cálcio ($\text{g} \cdot 10^{-3}$)	Magnésio ($\text{g} \cdot 10^{-3}$)	Enxofre ($\text{g} \cdot 10^{-3}$)
0	6,11404 a	1,90132 bc	5,45832 a	8,03327 a	2,71116 a	1,12726 b
0,94	7,15077 a	2,07272 abc	5,93282 a	8,10336 a	2,39083 a	1,16933 b
1,875	6,29197 a	2,24447 ab	5,90963 a	8,14101 a	2,19355 a	1,19132 ab
3,75	7,87893 a	2,40975 a	6,82650 a	9,09293 a	2,93787 a	1,41520 a
7,5	6,28975 a	1,83927 c	5,27370 a	7,62626 a	2,23478 a	1,05794 b
C.V%	27,14	13,90	20,72	14,73	16,82	15,24

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Extração de micronutrientes de *Eucalyptus grandis* para determinação de melhor dose em função da matéria seca da parte aérea, 15 dias após aplicação.

$\mu\text{L.L}^{-1}$ 2,4-D	Boro (mg)	Cobre (mg)	Ferro (mg)	Manganês (mg)	Zinco (mg)	MS (g)	AF (cm^2)
0	0,0309a	0,0043a	0,0745b	0,3777 ab	0,0251a	0,7791 b	47,6353b
0,94	0,0308a	0,0042a	0,0667b	0,3353 b	0,0214a	0,8285ab	47,5720b
1,875	0,0305a	0,0041 a	0,0590b	0,3310 b	0,0227a	0,8497ab	47,7630b
3,75	0,0347a	0,0048 a	0,0932a	0,4132 a	0,0263a	1,0019a	60,2883a
7,5	0,0287 a	0,0039 a	0,0597b	0,3179 b	0,0256a	0,7371 b	44,9353b
C.V%	18,33	19,66	26,90	13,72	26,08	16,08	14,16

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A dose escolhida foi a de 3,75 $\mu\text{L.L}^{-1}$ 2,4-D devido a diferenças significativas em concentrações de nutrientes e incremento de matéria seca.

3.2 Local de Estudo - Teste de Progênie

O experimento foi instalado no viveiro de mudas do Departamento de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP - Campus de Botucatu/SP nas coordenadas geográficas 48°26' de longitude W de Greenwich e 22°51' de latitude Sul e altitude de 740 m. Com classificação climática de Köeppen, clima predominante do tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, apresentando inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994).

O segundo teste foi implantado em delineamento em blocos ao acaso, 6 plantas por parcela, três repetições, um tratamento de 2,4 D, melhor dosagem 3.75 $\mu\text{L.L}^{-1}$ segundo teste de médias Tukey, em 20 progênies de *Eucalyptus grandis*, originárias do Horto Florestal de Itatinga, totalizando 360 plantas. Dados de aplicação do produto: Altura da planta: 0,30 m; Altura da barra: 0,90 m; Volume aplicado: 110 L.ha^{-1} ; Pressão: 1,95 bar; Velocidade: 5 km.h^{-1} ; Umidade relativa: 65%; Temperatura: 26°C; Ponta XR 110 015 US.

As técnicas de fertilização correspondem as utilizações de Molibdato de Sódio: $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 0,16 g. L^{-1} ; Nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$): 0,8 g. L^{-1} ; Sulfato de

Zinco: $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 1,2. L; Sulfato de Magnésio: ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$): 0,4 g.L^{-1} ; MAP: ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) : 0,4 g.L^{-1} ; Uréia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$): 0,3 g.L^{-1} ; Solução de Micronutrientes 1 ml (Ácido Bórico: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - 5,4 g. L^{-1} , Cloreto de Potássio (KCl_2): 0,4 g.L^{-1} ; Sulfato de Manganês: MnSO_4 - 2,4 g.L^{-1} ; Sulfato de Cobre: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -0,5. L e Ferro (Fe 13%; $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 25 g. L^{-1}). A lâmina de irrigação utilizada foi de 8mm de água por metro quadrado, diária.

3.3 Variáveis Analisadas no Teste de Progênie

a) Determinação da massa de matéria seca (MSA): da parte aérea das plantas sendo acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa com ventilação artificial forçada à temperatura de 65°C, com posterior estabilização do peso seco e aferição em balança digital (6 plantas por parcela amostra composta) realizada em 22 de novembro de 2013;

b) As análises foliares foram realizadas no laboratório do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP Botucatu-SP (amostra composta de cinco plantas por parcela), segundo metodologia de MALAVOLTA (1997). Foram analisados os seguintes elementos N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea das plantas.

No laboratório o procedimento de preparo foi de pré análise que consistiu em lavagem, secagem, moagem e posterior armazenamento. Com determinações analíticas pós digestão ácida a quente. Cada elemento foi analisado da seguinte maneira:

N	Semi-micro Kjeldahl
P	Colorimetria do Metavanadato
K	Fotometria de Chama de Emissão
Ca	Fotometria de Absorção
Mg	Fotometria de Absorção
S	Gravimetria do Sulfato de Bário
B	Colorimetria de Azometina - H
Cu	Fotometria de Absorção
Fe	Fotometria de Absorção
Mn	Fotometria de Absorção
Zn	Fotometria de Absorção

Fonte: Malavolta (1997).

Para as estimativas dos parâmetros genéticos quantitativos foi utilizado o programa computacional SELEGEN (Rezende, 2006). $y = Xr + Za + Wp + \varepsilon$; em que: y , r , a , p e ε são vetores de dados, repetição genéticos aditivos individuais, de parcelas e de erros, respectivamente. X , Z e W são matrizes de incidência dos respectivos efeitos (Resende, 2007). A partir desse modelo foi possível obter as seguintes estimativas:

Variância residual (ambiental + não aditiva): $\hat{\sigma}_e^2$

Variância ambiental entre parcelas: $\hat{\sigma}_c^2$

- Variância fenotípica média : $\hat{\sigma}_f^2 = (\hat{\sigma}_d^2 / n.r) + (\hat{\sigma}_e^2 / r) + \hat{\sigma}_p^2$

- Coeficiente de variação experimental : $CV_{exp.} = \frac{\sqrt{QMe}}{\bar{X}} . 100$

- Coeficiente de variação fenotípico : $CV_f = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_f^2}}{\bar{X}} . 100$

- Coeficiente de variação de progênes : $CV_f = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}}{\bar{X}} . 100$

- Coeficiente de herdabilidade entre médias de progênes de meios irmãos:

$$\hat{h}_m^2 = \frac{(1/4) \cdot \hat{\sigma}_a^2}{(1/4) \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \frac{\hat{\sigma}_c^2}{r} + \frac{(0,75 \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2)}{n.r}}$$

3.4 Transformações de Variáveis

Cu	arco seno de 1/x
Fe	raiz de x
Zn	log de x na base 10
Matéria Seca	1/x
Nex	raiz de x
Caex	x elevado a 0,5
Mgex	1/x
Sex	1/x
Cuex	1/x
Feex	1/x
Znex	1/x

3.5 Estatística ANOVA

ANOVA tem limitação para lidar com dados desbalanceados e com parentesco entre tratamentos (COCHRAN; COX, 1981; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; SAS, 1999; CRUZ, 2001). O método REML é uma generalização da ANOVA, onde situações mais complexas, permitem lidar com dados desbalanceados e podendo associar parentesco entre tratamentos, com maior eficiência (RESENDE, 2007). O método MHPRVG (média harmônica da performance relativa dos valores genéticos) predito através do BLUP, é uma metodologia estatística de fácil interpretação e com seleção simultânea para produtividade, estabilidade e adaptabilidade (RESENDE, 2007).

3.6 Análise Estatística Multivariada

Métodos preditivos que abrangem a divergência genética, são bastante utilizados, dispensando combinações híbridas, quando as respectivas avaliações possuem alto número de genitores. Dentre eles se encontra a distância euclidiana média (CARVALHO et al., 2003), com finalidade de reunir os genitores em grupos, tendo em vista critérios de observação (homogeneidade ou heterogeneidade). Será utilizada a análise de agrupamento, pois é adequada na identificação de genótipos divergentes, alcançando maiores probabilidades de sucesso nos cruzamentos (CARGNELUTTI FILHO et al., 2008). A distância euclidiana ao quadrado será utilizada como medida de dissimilaridade e na delimitação de grupos, a metodologia TOCHER. Progênie superiores serão identificadas pelo índice de *rank* médio, a avaliação realizada pelo Índice de *rank* médio, com adaptação de Mulamba e Mock (1978) irá avaliar ganhos genéticos nas características avaliadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros Genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais nos caracteres após uma aplicação encontram-se nas tabelas 3 e 4. As respectivas variâncias tem notória importância para realização dos cálculos quantitativos genéticos: CV_e %: coeficiente de variação residual; CV_{gp} %: coeficiente de variação genotípica entre progênies;; \hat{h}_m^2 : herdabilidade da média de progênies; CV_r : coeficiente de variação relativa e r_{aa} : acurácia da seleção de progênies entre outros, para planejamento em programas de melhoramento (MORAES et al., 2015). As criações de novas variabilidades terão importâncias futuras, onde a variância natural existente já tiver sido explorada.

Em termos de teores, cálcio e zinco foram os melhores nutrientes em termos de coeficientes de variação relativa (1,97 e 1,14 respectivamente) e em termos de extração fósforo e zinco (1,79 e 1,93 respectivamente). Os coeficientes de variação relativa, nas espécies florestais superiores a 1,0, de acordo com Garcia (1989) e Cruz et al. (2004) revelam boa precisão do experimento, devendo ser analisados separadamente sobre cada caractere avaliado. O coeficiente de variação genética permite um ganho adicional pela seleção dentro de progênies (SEBBENN et al., 1999), reforçando a hipótese de eficiência dos ganhos em projetos de melhoramento.

4.2 Herdabilidades e Acurácias

Em níveis nutricionais de médias de progênies, os coeficientes de herdabilidade (\hat{h}_m^2) (Tabelas 3 e 4) se apresentaram elevados para todos os caracteres (acima de 0,60), exceto para os teores de nitrogênio (0,19), cobre (0,37) e ferro (0,37). Estes resultados indicam que há transmissão das características herdáveis as próximas gerações em grandes proporções, indicando que é de origem genética, grande parte da variação fenotípica total e de média entre progênies. Martins et al. (2001) em estudos com progênies de meios-irmãos de polinização aberta de *E. grandis*, encontraram valores de herdabilidade média de ALT e DAP iguais a 0,68 e 0,69, bem como Zanata et al. (2010) com *E. pellita* 0,85% para altura e 0,90% para DAP, onde demais trabalhos com nutrientes não foram encontrados.

Os macro e microelementos apresentaram melhores progênies na sequência

Tabela 3 - Estimativa dos parâmetros genéticos com relação a nutrição, amostras da parte aérea, do teste de progênie de *E. grandis* avaliado a 2 semanas após aplicação do produto 2,4-D ($3,75\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$).

	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre	Boro	Manganês	Cobre	Ferro	Zinco	MS
\hat{h}_{m}^2	0,19	0,84	0,82	0,92	0,77	0,63	0,53	0,79	0,37	0,37	0,60	0,89
Acprog	0,44163	0,91921	0,90628	0,95981	0,87900	0,79802	0,73465	0,89324	0,61306	0,60928	0,77710	0,94559
CV _{gp} %	2,60051	7,28280	9,88091	13,4947	9,12029	1,19107	3,34990	11,97477	0,94335	2,52022	2,75193	19,01157
CV _e %	9,15035	5,40341	7,98144	6,83394	8,56911	1,55786	5,35830	10,43868	2,10558	5,68096	3,86033	11,32977
CV _t	0,28419	1,34781	1,23798	1,97466	1,06432	0,76455	0,62517	1,14715	0,44802	0,44362	0,71287	1,67801
Média geral	6,42475	2,52658	5,26606	12,66944	3,57049	1,41371	12,94759	303,35695	0,93213	5,79933	1,15059	0,99352

\hat{h}_{m}^2 : herdabilidade da média de progênie, Acprog: acurácia da seleção de progênie, assumindo sobrevivência completa; CV_{gp}(%): coeficiente de variação genética entre progênes; CV_e(%): coeficiente de variação residual; CV_t = CV_g/CV_e = coeficiente de variação relativa; Média geral do experimento. OBS: Unidade amostral macronutrientes g.kg⁻¹ e micronutrientes mg.kg⁻¹ Matéria seca (MS) gramas.

Tabela 4 - Estimativa dos parâmetros genéticos com relação a nutrição, amostras da parte aérea, do teste de progênie de *E. grandis* avaliado a 2 semanas após aplicação do produto 2,4-D ($3,75\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$).

	Nex	Pex	Kex	Caex	Mgex	Sex	Bex	Cuex	Feex	Mnex	Zn _{ex}
\hat{h}_{m}^2	0,85	0,90	0,82	0,86	0,70	0,88	0,89	0,86	0,86	0,69	0,91
Acprog	0,92375	0,95192	0,90628	0,93159	0,84033	0,94256	0,94578	0,93232	0,92974	0,83081	0,95831
CV _{gp} %	9,22229	14,56892	9,88091	10,7278	15,54734	18,68772	17,92351	20,13819	21,7025	14,13186	24,24064
CV _e %	6,62251	8,12015	7,98144	7,25031	17,37056	11,47035	10,66133	13,52911	14,88715	16,39707	12,5172
CV _t	1,39256	1,79416	1,23798	1,47963	0,89504	1,62922	1,68117	1,48850	1,45780	0,86185	1,93658
Média geral	2,58560	2,63093	10,53214	3,62299	0,28063	0,70249	0,01360	298,8608	29,98535	0,31660	71,45489

\hat{h}_{m}^2 : herdabilidade da média de progênie, Acprog: acurácia da seleção de progênie, assumindo sobrevivência completa; CV_{gp}(%): coeficiente de variação genética entre progênes; CV_e(%): coeficiente de variação residual; CV_t = CV_g/CV_e = coeficiente de variação relativa; Média geral do experimento. OBS: Unidade amostral macro g.10⁻³ e micronutrientes mg.

(Tabelas de 5 a 10): para N genótipos não houveram diferenças ; em P os melhores genótipos foram as progênies 8, 1 e 18 (Médias 3,14; 2,99 e 2,98 respectivamente); em K a 8, 16 e 18 (Médias 7,01; 6,41 e 6,36); em Ca a 14, 15 e 2 (Médias 16,90; 16,65 e 15,67); em Mg a 17, 1 e 15 (Médias 4,59; 4,14 e 4,13); em S a 8, 1 e 5 (Médias 1,45; 1,44 e 1,44); em B a 18, 7 e 17 (Médias 13,99; 13,86 e 13,86); em Cu a 5, 14 e 2 (Médias 0,95; 0,94 e 0,94); em Fe a 10, 9 e 15 (Médias 6,26; 5,99 e 5,98); em Mn a 15, 17 e 5 (Médias 448,53; 393,74 e 388,95); em Zn a 7, 10 e 11 (Médias 1,27; 1,26 e 1,18); em MS a 1, 18 e 17 (Médias 1,63; 1,46 e 1,33); em Nex a 10, 13 e 14 (Médias 3,44; 3,36 e 3,16); em Pex a 10, 14 e 19 (Médias 4,00; 3,76 e 3,58); em Kex a 8, 16 e 18 (Médias 14,03; 12,83 e 12,72); em Caex a 10, 14 e 13 (Médias 5,32; 4,94 e 4,57); em Mgex a 20, 26 e 3 (Médias 0,40; 0,36 e 0,36); em Sex a 1, 18 e 20 (Médias 1,11; 1,03 e 0,95); em Bex a 10, 11 e 13 (Médias 0,023; 0,02 e 0,02); em Cuex a 18, 17 e 20 (Médias 506,75; 467,17 e 456,83); em Feex a 1, 20 e 18 (Médias 53,14; 49,67 e 44,91); em Mnex a 10, 13 e 14 (Médias 0,50; 0,39 e 0,38); em Znex a 1, 20 e 18 (Médias 128,91; 115,02 e 112,09).

Quando o valor da acurácia seletiva é superior a 60% (r_{aa}), mostra boa precisão na seleção dos genótipos, sendo que em etapas iniciais de programas de melhoramento, o adequado são acurácias iguais ou superiores a 60% (RESENDE, 2007a). Apenas nitrogênio apresentou valor da ordem de 44%, considerando um bom teste para as características avaliadas e na precisão de obtenção de dados e respectiva fidedignidade das variáveis analisadas.

4.3 Correlações Genéticas

As correlações avaliam as relações entre os valores genotípicos verdadeiros e aqueles estimados a partir das informações dos experimentos (RESENDE, 2000). As melhores correlações (Tabela 11) abrangeram os elementos fósforo, potássio, boro, manganês e zinco em função da matéria seca e em termos de teores foliares. N x Ca (0,57), P e K (0,75) e Ca x Mg (0,70). A extração não foi levada em consideração por serem dependentes da matéria seca em critérios de não usualidade, portanto, o restante foi considerado nulo. Correlações baixas não significam que não existe relação entre variáveis, podendo haver relações não lineares, portanto. Para Pires et al. (2011) este parâmetro é importante pois a alteração de uma característica promove

Tabela 5 - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D (3,75µL.L⁻¹) em subdosagens.

Genótipo	N*	Teste t	Genótipo	P*	Teste t	Genótipo	K*	Teste t	Genótipo	Ca*	Teste t
16	6,6764	a	8	3,1486	a	8	7,0193	a	14	16,9021	a
15	6,64	a	1	2,996	ab	16	6,417	ab	15	16,6564	ab
4	6,5854	a	18	2,9875	ab	18	6,3622	ab	2	15,6737	ab
8	6,5399	a	17	2,8557	bc	1	6,2877	abc	3	15,6123	abc
14	6,5399	a	2	2,7532	bcd	3	5,8146	bcd	5	15,5509	abc
7	6,5035	a	3	2,7239	bcde	7	5,7599	bcd	17	15,4895	abc
6	6,4944	a	6	2,7166	bcde	20	5,7599	bcd	10	14,7525	abc
3	6,4853	a	5	2,6726	bcdef	6	5,6504	bcd	7	14,3226	bcd
2	6,4671	a	14	2,5481	cdef	12	5,4861	bcde	18	13,647	cde
13	6,4671	a	4	2,5115	def	15	5,4861	bcde	4	13,2171	de
1	6,4574	a	16	2,4822	defg	5	5,3218	cde	1	12,275	de
18	6,4489	a	20	2,4163	efg	17	5,2671	cde	12	12,2344	de
17	6,4034	a	9	2,409	efg	4	5,1575	de	16	11,9888	de
10	6,3397	a	15	2,409	efg	9	4,9933	def	6	11,9273	ef
20	6,2942	a	12	2,3943	fg	2	4,5552	efg	13	11,8045	f
12	6,2851	a	7	2,3651	fgh	14	4,5552	efg	8	11,5588	fg
5	6,2578	a	19	2,1747	ghi	13	4,0624	fg	20	9,5935	gh
11	6,2396	a	11	2,0575	hi	10	3,9529	g	11	9,1636	hi
19	6,2305	a	10	2,0136	ij	11	3,7886	g	9	6,0314	j
9	6,1394	a	13	1,8964	j	19	3,6243	g	19	4,9873	j

*Unidade amostral (g.kg⁻¹).

Comparações em níveis de médias pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D (3,75µl.L⁻¹) em subdosagens.

Genótipo	Mg*	Teste t	Genótipo	S*	Teste t	Genótipo	B*	Teste t	Genótipo	Cu*	Teste t
17	4,5948	a	8	1,4519	a	18	13,999	a	5	0,9522	a
1	4,1463	ab	1	1,4498	ab	7	13,8688	a	14	0,9497	a
15	4,1312	abc	5	1,449	abc	17	13,8688	a	2	0,9415	ab
10	4,1312	abc	17	1,449	abc	8	13,8038	a	3	0,9415	ab
18	4,0282	abc	11	1,4402	abcd	4	13,4135	ab	4	0,9415	ab
7	3,9767	abc	7	1,4372	abcd	20	13,4135	ab	12	0,9415	ab
12	3,9767	abcd	14	1,4285	abcde	2	13,2834	abc	16	0,9415	ab
5	3,8221	bcdef	4	1,4255	abcde	16	13,2183	abc	1	0,9372	ab
4	3,7706	bcdef	12	1,4197	abcdef	5	13,0232	abcd	6	0,9309	ab
8	3,7191	bcdefg	6	1,4138	bcdefg	12	12,9581	abcd	7	0,9309	ab
14	3,6676	bcdefg	18	1,4109	bcdefg	1	12,8127	abcd	8	0,9309	ab
13	3,5646	bcdefgh	10	1,408	bcdefg	6	12,5678	bcd	11	0,9309	ab
3	3,3585	defgh	19	1,4021	cdefg	9	12,5678	bcd	15	0,9309	ab
6	3,3585	defgh	9	1,3992	cdefg	11	12,5027	bcd	20	0,9202	b
16	3,1525	fghi	15	1,3904	cdefg	15	12,5027	bcd	9	0,9202	b
20	3,0495	ghi	16	1,3816	fg	19	12,5027	bcd	10	0,9202	b
2	2,998	hi	20	1,3816	fg	10	12,3726	bcd	13	0,9202	b
11	2,9465	hi	2	1,3816	fg	3	12,1775	cd	17	0,9202	b
9	2,5344	i	3	1,3816	fg	13	12,1775	cd	18	0,9202	b
19	2,4829	i	13	1,3728	g	14	11,9173	d	19	0,9202	b

*Unidade amostral Macronutrientes (g.kg⁻¹) Micronutrientes (mg.kg⁻¹).

Comparações em níveis de médias de médias pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D (3,75µl.L⁻¹) em subdosagens.

Genótipo	Fe*	Test t	Genótipo	Mn*	Test t	Genótipo	Zn*	Test t	Genótipo	MS	Test t
10	6,2622	a	15	448,5356	a	7	1,273	a	1	1,6367	a
9	5,9993	ab	17	393,747	a	10	1,2649	a	18	1,4617	ab
15	5,9882	ab	5	388,9597	ab	11	1,1814	b	17	1,3396	abc
17	5,9642	ab	4	343,2139	bc	4	1,1755	b	20	1,3077	bc
16	5,927	ab	12	334,703	bcd	19	1,1693	bc	15	1,2758	bc
6	5,885	abc	2	333,6392	bcd	8	1,1662	bc	8	1,2672	bcd
12	5,8848	abc	20	326,1922	bcd	9	1,1622	bc	3	1,2335	bcd
7	5,8389	abc	7	322,4687	bcd	13	1,1573	bcd	16	1,2119	bcd
14	5,7774	bc	3	313,4259	cd	12	1,1492	bcd	5	1,1429	cde
8	5,7747	bc	1	300,3496	cde	17	1,1443	bcd	4	0,9588	de
19	5,7747	bc	18	299,0638	cde	5	1,1424	bcd	12	0,9492	de
4	5,737	bc	6	294,2765	cde	14	1,1424	bcd	6	0,9222	e
11	5,7146	bc	8	294,2765	cde	3	1,1303	bcd	7	0,9191	e
5	5,7112	bc	10	285,2337	cde	1	1,1226	bcd	2	0,8719	e
18	5,7085	bc	14	277,7867	cde	6	1,1193	bcd	9	0,8693	ef
13	5,6925	bc	16	269,2759	de	16	1,1193	bcd	14	0,6115	fg
1	5,6765	bc	13	238,424	ef	18	1,1174	bcd	19	0,5288	g
3	5,6228	bc	11	222,4662	ef	15	1,1053	bcd	11	0,4955	g
2	5,5826	bc	9	194,8059	f	2	1,0913	cd	13	0,4744	g
20	5,4645	c	19	186,2951	f	20	1,0783	d	10	0,3926	g

*Unidade amostral (mg.kg⁻¹) Matéria Seca (g).

Comparações em níveis de médias pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

Tabela 8 - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D (3,75 μ L.L⁻¹) em subdosagens.

Ordem	Genótipo	Nex*	Testt	Genótipo	Pex*	Testt	Genótipo	Kex*	Testt	Genótipo	Caex*	Testt
1	10	3,4413	a	10	4,0029	a	8	14,0386	a	10	5,3201	a
2	13	3,3692	ab	14	3,7605	ab	16	12,8339	ab	14	4,9402	ab
3	14	3,1693	abc	19	3,5867	abc	18	12,7244	ab	13	4,5708	bc
4	11	3,1047	abc	11	3,5737	abc	1	12,5755	abc	2	4,1963	cd
5	19	3,0237	bcd	13	3,4196	bcd	3	11,6292	bcd	11	4,0825	cde
6	2	2,7216	cde	2	3,1342	cde	7	11,5197	bcd	7	3,8979	def
7	4	2,6855	de	6	2,8797	def	20	11,5197	bcd	4	3,6678	defg
8	7	2,6782	de	9	2,7138	efg	6	11,3007	bcd	5	3,6638	defgh
9	6	2,6639	de	4	2,5524	fg	12	10,9722	bcde	15	3,6004	defgh
10	16	2,4844	ef	7	2,5075	fgh	15	10,9722	bcde	12	3,5698	efgh
11	12	2,4575	efg	8	2,4685	fgh	5	10,6436	cde	3	3,5646	efgh
12	9	2,4184	efg	12	2,4536	fgh	17	10,5341	cde	6	3,5583	efgh
13	15	2,4052	efg	5	2,2792	gh	4	10,3151	de	17	3,3566	fgh
14	3	2,3209	efgh	3	2,186	ghi	9	9,9865	de	19	3,2398	ghi
15	8	2,3097	fgh	17	2,0463	ghi	2	9,1104	ef	16	3,1192	ghi
16	5	2,2089	fgh	18	1,9776	hi	14	9,1104	ef	18	3,0172	hi
17	17	2,1277	fgh	16	1,9521	hi	13	8,1248	f	8	2,9762	hi
18	18	2,0791	gh	15	1,761	i	10	7,9058	f	9	2,783	i
19	20	2,072	gh	20	1,6903	i	11	7,5772	f	20	2,6716	i
20	1	1,9712	h	1	1,673	i	19	7,2487	f	1	2,6638	i

*Unidade amostral (g.10⁻³).

Comparações em níveis de médias pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

Tabela 9 - Avaliação nutricional de progênes de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D (3,75µl.L⁻¹) em subdosagens.

Ordem	Genótipo	Mgex*	Test t	Genótipo	Sex*	Test t	Genótipo	Bex*	Test t	Genótipo	Cuex*	Test t
1	20	0,401	a	1	1,1144	a	10	0,0234	a	18	506,7587	a
2	26	0,3667	ab	18	1,0356	a	11	0,0207	a	17	467,1738	ab
3	3	0,3635	ab	20	0,953	ab	13	0,0203	ab	20	456,8315	ab
4	1	0,3585	abc	17	0,9193	ab	19	0,0198	ab	1	454,6521	ab
5	18	0,3421	abcd	15	0,9171	ab	14	0,0168	bc	15	384,8433	bc
6	9	0,3349	abcd	3	0,8949	ab	2	0,0153	c	8	384,4775	bc
7	8	0,3256	abcd	16	0,8843	ab	7	0,0152	c	3	317,8608	cd
8	15	0,2975	bcde	8	0,8642	ab	4	0,0139	cd	16	317,4881	cd
9	5	0,2945	bcde	5	0,7814	bc	9	0,0138	cd	9	314,7917	cd
10	2	0,2944	bcde	4	0,6712	c	12	0,0134	cde	6	285,9401	de
11	17	0,2816	bcde	12	0,6685	c	6	0,0129	cde	7	282,6374	def
12	6	0,2768	bcde	6	0,6528	c	5	0,0111	def	5	247,4072	defg
13	4	0,2566	cdef	2	0,6391	c	8	0,0108	def	4	246,8109	defg
14	12	0,2525	def	7	0,6359	c	16	0,0106	def	12	243,8011	defg
15	19	0,2481	def	9	0,6255	cd	17	0,0102	defg	2	219,4479	defgh
16	7	0,2401	def	14	0,427	de	20	0,0098	efg	19	204,4619	efgh
17	11	0,2045	efg	19	0,3824	e	18	0,0097	efg	13	186,8136	fgh
18	14	0,1875	fg	13	0,3586	e	15	0,0091	fg	11	160,7808	gh
19	13	0,1644	fg	11	0,3398	e	3	0,0089	fg	10	160,3225	gh
20	10	0,122	g	10	0,2848	e	1	0,0065	g	14	133,9145	h

*Unidade amostral Macronutrientes (g.10⁻³); Micronutrientes (mg).

Comparações em níveis de médias pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

Tabela 10 - Avaliação nutricional de progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D (3,75µl.L⁻¹) em subdosagens.

Ordem	Genótipo	Feex*	Test t	Genótipo	Mnex*	test t	Genótipo	Znex*	Test t
1	1	53,1144	a	10	0,5033	a	1	128,91	a
2	20	49,6706	ab	13	0,3955	b	20	115,02	ab
3	18	44,9134	ab	14	0,3882	b	18	112,09	ab
4	3	41,7321	abc	11	0,372	bc	15	103,73	abc
5	8	38,2186	bcd	2	0,3655	bcd	17	97,17	bcd
6	5	35,8113	bcde	15	0,3561	bcd	16	94,13	bcde
7	17	35,49	bcde	4	0,3469	bcd	3	91,48	bcdef
8	15	32,3394	cdef	12	0,346	bcd	8	84,65	cdefg
9	16	32,1285	cdef	5	0,341	bcde	5	82,43	cdefgh
10	2	30,8464	def	7	0,3402	bcde	2	76,15	defgh
11	4	29,6775	ef	19	0,3113	bcdef	6	71,75	efgh
12	7	26,7798	efg	6	0,3101	bcdef	12	68,51	efgh
13	6	26,5675	efg	17	0,2988	bcdefg	4	61,46	ghi
14	12	25,9332	efg	3	0,2704	cdefg	9	59,33	hi
15	9	22,5079	fg	20	0,259	defg	14	43,85	ij
16	14	18,7365	g	8	0,2394	efg	7	39,31	ij
17	19	16,5041	gh	9	0,2337	fg	19	32,11	jk
18	11	16,3482	gh	16	0,2323	fg	13	30,4	jk
19	13	16,2797	gh	18	0,2176	fg	11	27,77	jk
20	10	6,1079	h	1	0,2047	g	10	8,86	k

*Unidade amostral mg.

Comparações em níveis de médias pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

alterações em outras características correlatas. Zimback et al. (2011) obtiveram correlações acima de 0,81 de DAP, esperando boa resposta para volume (VOL). Estas comparações se devem a não possuir trabalhos com nutrientes e correlações genéticas existentes.

Como as correlações entre elementos P, B, Mn e K, atingiram maior grau de significância com MS, foram realizadas análises multivariadas com estas cinco características.

4.4 Análise Multivariada

Com finalidade de reunir os genitores em grupos, tendo em vista critérios de observação (homogeneidade ou heterogeneidade), a análise de agrupamento é adequada na identificação de genótipos divergentes, alcançando maiores probabilidades de sucesso nos cruzamentos (CARGNELUTTI FILHO et al., 2008). Os valores a serem utilizados a partir do gráfico de agrupamentos são aqueles acima do nível de 80% acumulado (primeira componente), considerados significativos em níveis de melhoramento levando em consideração a associação entre fatores, onde as progênies 10, 15 e 20 foram as melhores para manutenção da heterose seguidas de dois grupos de progênies (Figura 2) nas distâncias entre agrupamentos, pois indivíduos muito próximos pode haver endogamia, ou seja, a recomendação se dá entre cruzamentos dos indivíduos mais produtivos dos dois grupos e os três indivíduos mais distantes da população. Em termos de scores, a ordem das variáveis com melhores desempenhos foram $MS > P > B > Mn > K$. Com o conjunto de autovetores, obteve-se a melhor equação da primeira componente por peso de correlação, seguido da segunda componente. Os grupos devem ser analisados na medida em que a seleção deve abranger indivíduos de diferentes distâncias e agrupamentos, com maior variabilidade conforme a distância encontrada na tabela 13. As melhores progênies obtidas pelo teste de análise multivariada de componentes principais foram as de números 5, 15 e 17 pertencentes ao primeiro quadrante do gráfico da figura 1. Descrevendo a direção de máxima variância, além de selecionar um equilíbrio de indivíduos e progênies em termos de caracteres múltiplos, otimizando a seleção e permitindo ganhos simultâneos em todos os caracteres (MANFIO et al., 2012). Além de avaliar a variação total disponível, nos genótipos estudados.

Tabela 11 - Matriz de correlação genética de teores de nutrientes em progênies de *Eucalyptus grandis* sob aplicação de 2,4-D (3,75µl.L⁻¹) em subdosagens.

Variável	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	MS
N	1,0000	0,3096	0,4562	0,5778	0,3826	-0,1139	0,1478	0,3271	0,0059	0,3972	-0,1593	0,3107
P		1,0000	0,7595	0,3054	0,3109	0,3953	0,5211	0,2753	-0,2594	0,3756	-0,4330	0,7908
K			1,0000	0,2083	0,3350	0,1917	0,5706	0,1896	-0,1476	0,3793	-0,3140	0,8612
Ca				1,0000	0,7089	0,1198	0,0749	0,4915	0,0704	0,7491	-0,0479	0,2389
Mg					1,0000	0,4695	0,3123	0,0946	0,2968	0,6860	0,1854	0,3807
S						1,0000	0,3295	0,2199	0,1080	0,1739	0,3468	0,1815
B							1,0000	-0,1408	-0,1453	0,3501	-0,0053	0,5538
Cu								1,0000	-0,2368	0,3250	-0,1859	0,1239
Fe									1,0000	0,0125	0,5217	-0,2672
Mn										1,0000	-0,2491	0,5380
Zn											1,0000	-0,5265
MS												1,0000
Tipo	nulo	maior	maior	nulo	nulo	nulo	menor	nulo	nulo	maior	menor	maior

Tabela 12 - Seleção de genótipos em função da porcentagem de ganho a próxima geração após aplicação de 2,4-D em sub-dosagem em *E. grandis*.

Ordem	Genitor	Rank-Medio	Ganho	Ganho %
1	1	5,6667	5,6667	85,2941
2	3	6,1667	5,9167	77,4648
3	15	6,5000	6,1111	71,8182
4	18	7,1667	6,3750	64,7059
5	20	7,8333	6,6667	57,5000
6	17	8,5000	6,9722	50,5976
7	5	8,6667	7,2143	45,5446
8	6	8,6667	7,3958	41,9718
9	8	8,8333	7,5556	38,9706
10	2	9,3333	7,7333	35,7759
11	16	9,3333	7,8788	33,2692
12	12	10,5000	8,0972	29,6741
13	14	11,1667	8,3333	26,0000
14	4	11,5000	8,5595	22,6704
15	7	13,5000	8,8889	18,1250
16	9	14,0000	9,2083	14,0271
17	13	14,8333	9,5392	10,0719
18	10	15,6667	9,8796	6,2793
19	11	16,0000	10,2018	2,9235
20	19	16,1667	10,5000	0,0000

Tabela 13 - Matriz de correlações entre elementos com bases nos Scores de seleção em Progênies de *E. grandis* sob aplicação de 2,4-D em subdosagens.

	MS	P	B	Mn	K
MS	1,0	0,790	0,861	0,553	0,538
P		1,0	0,759	0,521	0,375
B			1,0	0,570	0,379
Mn				1,0	0,350
K					1,0

Tabela 14 - Estimativas dos autovalores

RAIZ	RAIZ (%)	% ACUMULADA
3,3410617	66,821235	66,821235
0,7314417	14,6288333	81,4500682
0,560663	11,2132596	92,6633279
0,2526142	5,052284	97,7156119
0,1142194	2,2843881	100,0

Tabela 15 - Conjunto de autovetores associados

0,5124	0,4749	0,4933	0,397	0,3332
-0,0204	-0,2493	-0,2583	-0,130	0,924
-0,2531	-0,2781	-0,1937	0,9061	-0,0073
-0,2668	0,7843	-0,5551	0,0479	0,0572
-0,7758	0,1412	0,5867	-0,0465	0,1784

Ordem das variáveis de maior peso nos últimos autovetores

MS - P - B - Mn - K

OBS.: A i-ésima linha corresponde ao autovetor associado ao i-ésimo autovalor

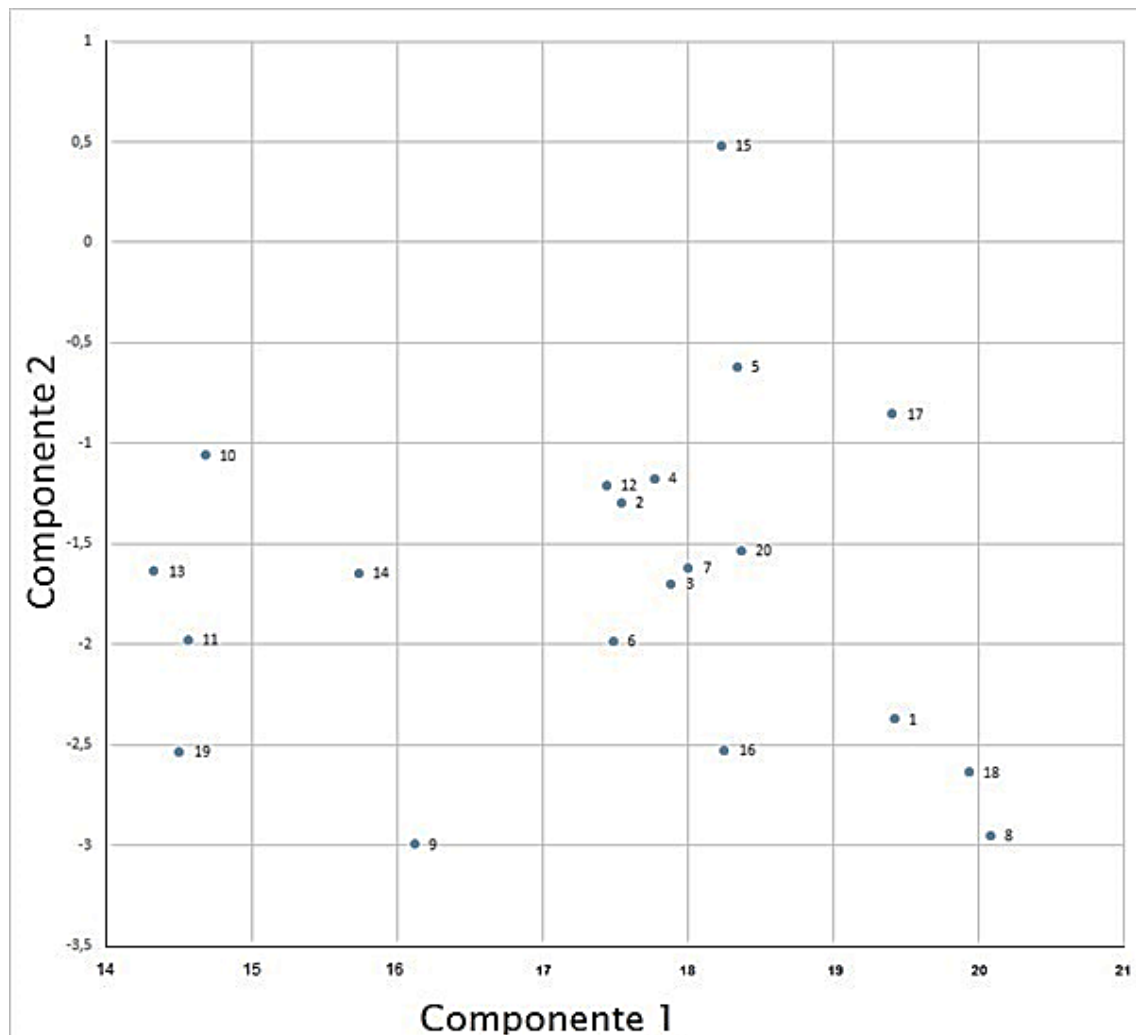
Tabela 16 - Escores em relação aos componentes principais da interação entre *E. grandis* e 2,4-D em sub-dosagens.

19,4266	-2,3718	13,3509	3,260	1,501
17,5446	-1,2945	15,1188	4,355	2,040
17,8865	-1,7011	13,0494	3,172	2,052
17,7758	-1,1764	15,3171	3,391	2,142
18,3441	-0,618	14,4572	3,542	2,066
17,4888	-1,9861	13,8699	3,497	2,542
18,0069	-1,6208	15,9949	2,742	2,452
20,0831	-2,954	14,7537	3,529	2,735
16,1238	-2,9953	14,3071	3,122	1,845
14,6809	-1,0598	14,896	3,239	2,331
14,5627	-1,9755	15,0136	3,315	1,841
17,4405	-1,2076	14,7031	2,891	2,329
14,3279	-1,6361	14,6385	2,785	2,058
15,7394	-1,6452	13,5267	3,920	2,467
18,2311	0,4809	13,7958	2,747	1,972
18,2555	-2,5302	14,6319	2,311	2,175
19,4095	-,8545	15,3859	3,921	1,632
19,9383	-2,6375	15,1619	3,416	1,834
14,5031	-2,5351	14,9313	3,628	1,615
18,3711	-1,5344	15,0259	2,539	1,672

Tabela 17 - Agrupamento (Tocher) de Distâncias Euclidianas Quadradas Genéticas.

Grupo	Genótipos
1	2 3 4 6 9 11 12 13 14 16 19
2	1 5 7 8 17 18
3	15
4	20
5	10

Figura 1 - Análise de Componentes Principais para determinação das melhores progênies para seleção advindas da interação entre 2,4-D e progênies de *E. grandis*.

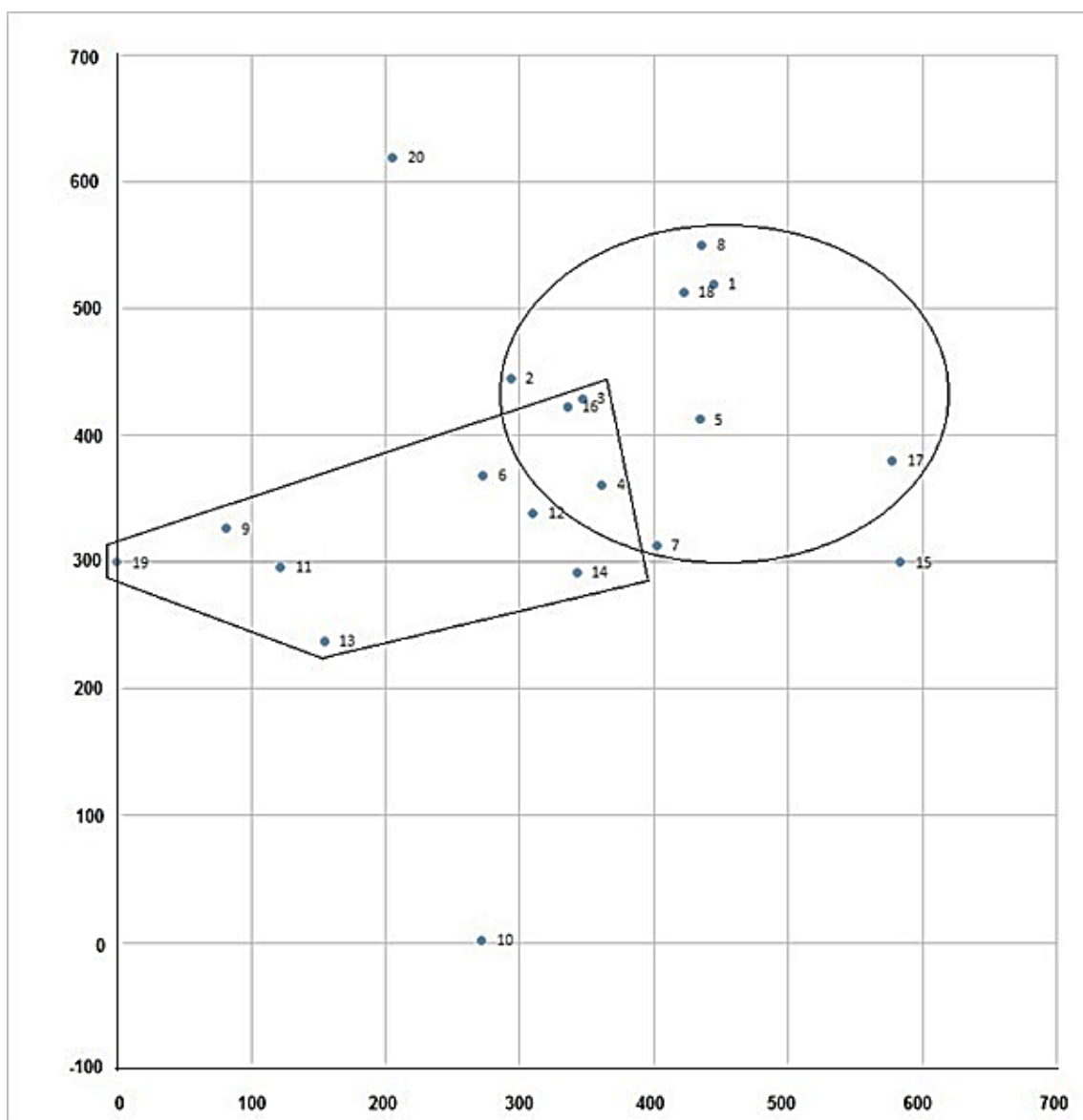


Em função da variabilidade genética existente entre as progênies para os caracteres avaliados, macro e microelementos, permitiu-se separá-las em 5 grupos (Tabela 17), considerando-os por meio dos valores genéticos preditos pelas progênies. Indicando a importância de se separar em grupos distintos, obtidos através da heterose nos caracteres quantitativos de interesse econômico, no cruzamento de progênies pertencentes a estes grupos, com distâncias Euclidianas. Manfio et al. (2012) avaliando crescimento de planta (CP) e número de folhas emitidas por planta (NFP) separou pelo método de Tocher, associando grupos por origens geográficas das progênies bem como Abreu et al. (2009) que estudaram variabilidade em 10 acessos de pinhão manso.

4.5 Índice de seleção

A avaliação realizada pelo Índice de *rank* médio (Tabela 16), com adaptação de Mulamba e Mock (1978), utilizando o índice de seleção com matéria seca, fósforo, boro, manganês e potássio as melhores progênies foram 1, 3 e 15, com ganho de 71,82%. Manfio et al. (2012) selecionaram indivíduos e progênies equilibrados em função dos vários caracteres, obtendo ganhos de seleção de 32,71 % para crescimento de planta e 36,31 % para número de folhas emitidas por planta, mostrando que este trabalho obteve bons resultados.

Figura 2 - Distâncias entre agrupamentos para fins de seleção, advindos de progênies de *E. grandis* e suas interações entre 2,4-D em subdosagens.



A necessidade de produtividade elevada e novas associações a defensivos agrícolas, tornam a recomendação de genótipos adaptáveis e estáveis, nas estratégias dos programas de melhoramento florestal (LAVORANTI, 2003), abrindo novas possibilidades do uso da molécula 2,4-D nos usos nutricionais em subdosagens.

5 CONCLUSÕES

As progênies 5, 15 e 17 demonstraram ganhos para as próximas gerações na interação com o produto 2,4-D em sub-dosagens, demonstrando variabilidade e respostas nutricionais tanto em nível de macro como micronutrientes, pela análise de componentes principais e pela análise de variância de matéria seca as progênies 1, 18 e 17, com herdabilidade de 0,89. As progênies 10, 15, 20 e mais dois grupos atuariam na manutenção da variabilidade em cruzamentos futuros. As melhores correlações entre matéria seca e nutrientes envolveram fósforo, boro, manganês e potássio, nesta respectiva ordem. Utilizando o índice de seleção com matéria seca, fósforo, boro, manganês e potássio as melhores progênies foram 1, 3 e 15, com ganho de 71,82%.

REFERÊNCIAS

ABREU, B. F. et al. Variabilidade genética entre subamostras de pinhão-manso na fase juvenil. **Magistra**, Cruz das Almas, n. 21, p. 36-40, 2009.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381 p.

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Nutrição da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Potafos, 1992. 40 p.

ARNON, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, Rockville Pike, v. 14, p. 371-375, 1939.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 189, p. 32-51, 1996.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes - 2002**. São Paulo: ANDA, 2003. 158 p.

AVERY, G. S. et al. Nutrient deficiencies and growth hormone concentration in *Helianthus* and *Nicotiana*. **American Journal of Botany**, New York, v. 24, p. 533-557, 1937.

BATES, T. R.; LYNCH, J. P. Stimulation of root hair elongation in *Arabidopsis thaliana* by low phosphorus availability. **Plant Cell and Environment**, Mississauga, v. 19, p. 529-538, 1996.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2009. 529 p.

BORGES, R. C. G.; BRUNE, A. Heritability estimates and correlations between characters in *Eucalyptus grandis*. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 31, p. 525- 527, 1983.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Hormesis: U-shaped dose responses and their centrality in toxicology. **Trends in Pharmacological Science**, Rockville Pike, v. 22, n. 285-291, 2001.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; DUKE, S. O. Hormesis with glyphosate depends on coffee growth stage. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 2, p. 813-821, 2013.

CARGNELLUTTI FILHO, A. et al. Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 2138-2145, 2008.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 588 p.

CONSTANTIN, J. et al. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade de fumo e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento.

Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, p. 30-34, 2007. Número especial.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

DARWIN, C. **A origem das espécies e a seleção natural**. São Paulo: Madras, 2011. 462 p.

DANIELS, J. D. Role of tree improvement in intensive forest management. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 8, n. 3/4, p. 161-165, 1984.

DOW AGROSCIENCES. **Boletim Técnico DMA 806 BR**. Parana, 2001. Disponível em: <<http://www.dowagro.com/pt-br/brasil/product-finder/herbicidas/dma806br>> Acesso: 01 mar. 2018.

ELDRIDGE, K. et al. **Eucalipt domestication and breeding**. Oxford: Edilord, 1994. 288 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. Londrina Editora Planta, 2004. 403 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 88, p. 97-185, 2005.

FAGLIARI, J. R.; CONSTANTIN, R. S. Impact of Sublethal Doses of 2,4-D, Simulating Drift, on Tomato Yield. **Journal of Environmental Science and Health**, Rockville Pike, B40, p. 201-206, 2005.

FERNANDES, J. S. C. et al. Estudo comparativo de delineamentos experimentais para estimativas de parâmetros genéticos em erva-mate. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 663-671, 2004.

FERNANDEZ, J. Q. P. et al. Productivity of *Eucalyptus camaldulensis* affected by rate and placement of two phosphorus fertilizers to a Brazilian Oxisol, **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 127, p. 93-102, 2000.

FERREIRA, V. P. **Melhoramento de plantas**. Maceió: EDUFAL, 2006.

FOELKEL, C. As plantações de florestas no Brasil. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biociologia florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 13-24.

FONSECA, S. M. et al. **Manual prática de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2010.

FRAGOSO, A. M. **Variações nos níveis de elementos minerais após aplicações de 2,4-D em progênies de *Eucalyptus grandis***. 2014. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

FREITAS, T. C. M. et al. Estimativa dos parâmetros genéticos em teste progênies de guapuruvu para formação de pomar de sementes. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 23., 2011, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Unesp, 2011. 1 CD-ROM.

FURTINI, I. V. et al. Resposta diferencial de linhagens de feijoeiro ao nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1696-1700, 2006.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12 p. (Circular técnica, 171).

GODOY, M. C. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção de fósforo pela soja**. 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

GODOY, L. J. G. et al. **Nutrição, adubação e calagem para produção de gramas**. Botucatu: FEPAF, 2012. 146 p.

GONÇALVES, P. S. et al. Early selection for growth vigor in rubber tree genotypes in northwestern São Paulo State (Brazil). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 4, p. 620-630, 1998.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.

GUO, Y. F. et al. Auxin transport from shoot to root is involved in the response of lateral root growth to localized supply of nitrate in maize. **Plant Science**, Amsterdam, v.169, p. 864-900, 2005.

HEMPHILL, D. D.; MONTGOMERY, M. L. Response of vegetable crops to sublethal application of 2,4-D. **Weed Science**, New York, v. 29, p. 632-635, 1981.

HOULE, D. Comparing evolvability and variability of quantitative traits. **Genetics**, Bethesda, v. 130, p. 195-204, 1992.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Brasília, 2016. v. 31.

JARRELL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 34, p. 197-224, 1981.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1980. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

KAGEYAMA, P. Y. **Seleção precoce a diferentes idades em progênies jovens de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.** 1983. 147 f. Tese (Livre Docência)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOSKY, R. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **IPEF**, Piracicaba, v. 24, p. 9-26, 1983.

LAGO, F. J. et al. Frações nitrogenadas e eficiência nutricional em linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 440-447, 2009.

LANDSBERG, E. C. Hormonal regulation of iron-stress response in sunflower roots: a morphological and cytological investigation. **Protoplasma**, Gewerbestrasse v. 194, p. 69-80, 1996.

LAMAS, F. M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e chlormequat aplicados no algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, p. 265-272, 2001.

LAVORANTI, O. J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “bootstrap” no modelo AMMI.** 2003. 166 f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água.** Campinas: CATI, 1994. v. 2, 168 p.

LOPEZ, J. A. **Nociones sobre mejoramiento genético forestal:** estratégias y selección de árboles superiores. EEA Bella Vista: INTA, 1994. 17 p. (Informe Técnico Número, 6).

LÓPEZ-BUCIO, J. et al. The role of nutrient availability in regulating root architecture. **Current Opinion in Plant Biology**, Bethesda, v. 6, p. 280-287, 2003.

LUCKEY, T. D. Insecticide hormoligosis. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 61, p. 7-12, 1968.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fósforo, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MANFIO, C.E. et al. Avaliação de progênies de macaúba na fase juvenil e estimativas de parâmetros genéticos e diversidade genética. **Brazilian Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 63-68, 2012.

MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade.** 2004 Dissertação de Mestrado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo São Paulo. 2004

MARTINS, I. S. et al. Comparação entre seleção combinada e seleção direta em *Eucalyptus grandis*, sob diferentes intensidades de seleção. **Floresta e Ambiente**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 36-43, 2001.

MASSARO, R. A. M. et al. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 597-609, 2010.

MASSARO, R. A. M. **Viabilidade de aplicação da seleção precoce e tamanho de parcelas em testes clonais de *Eucalyptus* spp.** 2008. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrícolas e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

MISHRA, J. S.; KURCHANIA, S. P. Nutrient content in mustard and associated weeds as influenced by nitrogen levels, planting geometry and weed control methods. **Indian Journal of Plant Physiology**, Rome, v. 6, n. 4, p. 386-389, 2001.

McKIERNAN, A. B. et al. Effect of limited water availability on foliar plant secondary metabolites of two *Eucalyptus* species. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 105, p. 55-64. 2014.

MEYER, B. S. et al. **Introdução à fisiologia vegetal.** 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1983. 710 p.

MISHRA, J. S.; KURCHANIA, S. P Nutrient content in mustard and associated weeds as influenced by nitrogen levels, planting geometry and weed control methods. **Indian Journal of Plant Physiology**., v. 6, n. 4, p. 386-389, 2001.

MORAES, C. B. et al. Genetic variability in *Eucalyptus* clones for rust *Puccinia psidii* resistance. **IUFRO** Improvement and of Culture *Eucalyptus*, 2011.

MORAES C. B. et al. Variabilidade genética em progênies de meios-irmãos de eucalipto para tolerância ao frio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1047-1054, 2015.

MORAES C. B. et al., Controle genético para a tolerância a geada em progênies de *Eucalyptus urophylla*, **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 373-381, 2016.

MORAES, M. L. T. **Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden e suas relações com as características de crescimento.** 1987. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

- MORAES, M. L. T. **Variação genética e aplicação da análise multivariada em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari.** 2001. 124f. Tese (Livre Docência)-Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- MORAES, M. L. T.; MORI, E. S. Métodos de melhoramento aplicados a espécies florestais. In: WORKSHOP EM MELHORAMENTO FLORESTAL, 3., 2007, Piracicaba. **Anais...**: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2007. 1 CD-ROM.
- MORAES, M. L. T. et al. Demonstração da utilização do software SELEGEN – “Seleção genética computadorizada” para o melhoramento de espécies perenes. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, n. 12, p. 1-22, 2008.
- MORAN, G. F.; BELL, J. C. Eucalypts. In: TANSLEY, D. S.; ORTON, T. J. (Ed.). **Isoenzimas in plant genetics and breeding.** Amsterdam: Elsevier, 1983. Part B, p. 423-441.
- MORI, E. S.; KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Variação genética e interação progênies x locais em *Eucalyptus urophylla*. **IPEF**, Piracicaba, v. 39, n. 1, p. 53-63, 1988.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco Maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, n. 7, p. 40-51, 1978.
- NASCIMENTO, E. R.; YAMASHITA, O. M. Desenvolvimento inicial de olerícolas cultivadas em solos contaminados com resíduos de 2,4-D + picloram. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 47-54. 2009.
- NAMKOONG, G. Inbreeding effects on estimation of genetic additive variance. **Forest Science**, Lawrence, v. 12, n. 1, p. 8-13, 1966.
- PIRES, I. E. et al. **Genética florestal.** Viçosa: Arka, 2011. 318 p.
- PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras.** Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2014. 507 p.
- PRYOR, L. D. **The biology of eucalypts.** London: Edward, 1976. 82 p.
- PRYOR, L. D. Eucalyptus. In: HALEVY, A. **CRC Handbook of flowering.** 1. ed. Boca Raton: Franklin Book Company Incorporated., 1985. v. 2, p. 476-482.
- RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas.** 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2012.
- RANA, S. S. et al. Effect of herbicides and interculture on nutrient uptake by puddle seeded rice and associated weeds. **Indian Journal of Weed Science**, Berlim, v. 32, n. 1, p. 70-73, 2000.

REIS, M. R. et al. Dinâmica de nutrientes em tecidos foliares de cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 175-184, 2008.

RENNE D. S.; WOLF M. A. Experimental studies of 2,4-D herbicide drift characteristics. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 20, p. 7-24, 1979.

RESENDE, M. D. V. Correções nas expressões do progresso genético com seleção em função da amostragem finita dentro de famílias de populações e implicações no melhoramento florestal. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 22/23, p. 61-77, 1991.

RESENDE, M. D. V. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 101 p. (Documentos Embrapa Florestas, 47).

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 362 p.

RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 359 p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RIBEIRO, M. A. V. et al. Resposta da soja e do eucalipto ao aumento da densidade do solo e a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1157-1164, 2010.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K. Características fisiológicas do feijoeiro em várzeas tropicais afetadas por doses e manejo de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 23-31, 2008.

SANTOS, L. C. et al. Properties of wood and estimates of mass and energy of eucalyptus clones from different sites. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 971-980, 2012.

SANTOS, M. C. et al. Forest Inventory Using Precision Forestry Techniques in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Stands. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, p.1-9, 2013.

SCHROEDER, G. L. et al. Sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) response to simulated herbicide spray drift. **Weed Science**, Champaign, v. 31, n. 6, p. 831-836, 1983.

SEBBENN, A. M. et al. Variação genética entre e dentro de populações de amendoim - *Pterogyne nitens*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 56, p. 29-40, 1999.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2009.
- VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W. E. **Melhoramento e genética**. São Paulo: Edições Melhoramentos; Editora da Universidade de São Paulo, 1969. p. 17-38.
- VERSINI, A. et al. Nitrogen dynamics within and between decomposing leaves, bark and branches in Eucalyptus planted forests. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 101, p. 55-64, 2016.
- VICTÓRIA FILHO, R.; DE CAMARGO, P. N. Efeitos de herbicidas nas concentrações de macronutrientes e nas características tecnológicas da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). I-Misturas de herbicidas em pós-emergência. **Planta Daninha**, Piracicaba, v. 3, n. 2, p. 96-107, 1980.
- WALL, D. A. Effect of sublethal dosages of 2,4-D on annual broadleaf crops. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa v. 76, n. 1, p. 179-85, 1996.
- WAGNER, R. M.; KOGAN, A. M. Parada Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.). **Weed Biology Management**, Danvers, n. 3, p. 228-232, 2003.
- WALCH-LIU, P. et al., Nitrogen regulation of root branching. **Annals of Botany**, Bethesda, v. 97, p. 875-881, 2006.
- WAUCHOPE, R. D. et al. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision-making. **Reviews of Environmental Contamination Toxicology**, New York, v. 123, p. 1-164, 1992.
- WENG, Y. H. et al. Age-related trends in genetic parameters for jack pine and their implications for early selection. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 56, n. 5, p. 242-252, 2007.
- WILCKEN, C. F. et al. **Guia prático de manejo de plantações de eucalipto**. Botucatu: FEPAF, 2008. 25 p.
- WOLSWINKEL, P. Long-distance nutriente transport in plants and movement into developing grains. In: RENGEL, Z. (Ed.). **Mineral nutrition of crops: fundamental mechanisms and implications**. New York: Food Products Press, 1999. p. 91-113.
- ZIMBACK, L. et al. Correlações entre caracteres silviculturais durante o crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 57-67, 2011.
- ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales**. Berlin: Editorial Limusa S.A. de C.V. México, 1994. 545 p.