

UFSM

PRODUÇÃO DE MUDAS DE ACÁCIA-NEGRA
(*Acacia mearnsii* De Wild.) ADUBADAS COM N-P-K

Neura Tedesco

DISSERTAÇÃO
EM
ENGENHARIA FLORESTAL

Março, 1999

NEURA TEDESCO

PRODUÇÃO DE MUDAS DE ACÁCIA-NEGRA (*Acacia mearnsii* De Wild.) ADUBADAS
COM N - P - K.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

UFSM

Santa Maria, RS - BRASIL

1999

PRODUÇÃO DE MUDAS DE ACÁCIA-NEGRA (*Acacia mearnsii* De Wild.)
ADUBADAS COM N - P - K

por

NEURA TEDESCO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal -
área de concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (RS).

Como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE em ENGENHARIA
FLORESTAL.

Santa Maria, RS - Brasil

1999

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

A COMISSÃO EXAMINADORA, ABAIXO ASSINADA, APROVA A
DISSERTAÇÃO

PRODUÇÃO DE MUDAS DE ACÁCIA-NEGRA (*Acacia mearnsii* De Wild.)
ADUBADAS COM N-P-K.

ELABORADO POR

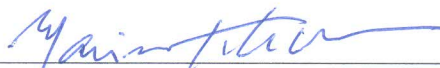
NEURA TEDESCO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM ENGENHARIA FLORESTAL

COMISSÃO EXAMINADORA:



Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher - Orientador



Ph.D Marino José Tedesco. - UFRGS



Prof. Tit.Dr. Lindolfo Storck - UFSM

Santa Maria , 05 de março de 1999.

HOMENAGEM PÓSTUMA

A meu pai Elpídio, a minha tia Ângela Scússel, e a Jones, que me fez acreditar que a existência de Deus está em cada ser que compõe a natureza e que a organização e a continuidade da vida estão na simplicidade e no trabalho, desde que esse seja realizado com amor, perseverança e honestidade.

DEDICAÇÃO

Dedico esse trabalho, às pessoas que muito contribuíram para a sua efetividade, mostrando que o ideal é um desafio e que somente se pode atingi-lo se tivermos força de vontade.

Ao meu namorado, prof^o Galvão Júnior, que através do exemplo de profissionalismo, força de vontade, dedicação e simplicidade, fez-me compreender que a grandeza do ser humano está no coração e no espírito, e que acima de tudo devemos ser a semente que desperta para a vida e a semente que ensina o que é a vida.

À minha família, que na simplicidade do dia-a-dia soube transmitir, os conhecimentos básicos da área e o amor que se deve ter pela floresta e seus componentes. Em especial: à minha mãe Elóide Scússel Tedesco, aos meus irmãos Aures, Dairo, Vera Lúcia, César, e aos meus padrinhos Annúncio e Zaira Tedesco.

Ao acadêmico de medicina Aluísio Dias Marques, que sempre soube dar o melhor de si, mostrou que ser amigo é muito mais que um sorriso, um abraço, um secar de lágrimas e sim, estar presente em qualquer momento da vida, sabendo respeitar, contribuir e valorizar o ser humano por aquilo que é, que faz, e pela confiança mútua que somente “amigos” verdadeiros sabem construir.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar meu sincero agradecimento às pessoas aqui relacionadas, que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao orientador, professor Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher, pela orientação prestada, pela amizade e dedicação.

Aos professores: MSc. Juarez Martins Hoppe, Professor Dr. Dalvan Reinert, pela co-orientação, apoio, amizade e sugestões prestadas.

Aos funcionários do Deptº de Ciências Florestais, em especial à Naira M. Segatto Oliveira, pelo sorriso, educação e profissionalismo. Aos funcionários do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, pela amizade, carinho e atenção, em especial a Lilia Lopes Ferreira pelo exemplo de responsabilidade e profissionalismo.

Aos funcionários do Centro Tecnológico de Silvicultura (CTS), Élio e Amauri pela ajuda, dedicação e amizade, e em especial a Cláudio Rosa que muito contribuiu para esse trabalho.

Aos colegas e amigos que sempre estiveram presentes, auxiliando, estudando, e acima de tudo, agradeço pela amizade sólida construída, em especial aos amigos Engenheiros Florestais Raul Vicente Pezzutti, Fábio Abel Moscovich, Luciano Weber Scheeren e à Tânia Boucinha pela amizade construída.

Ao amigo, Engº Florestal Marcos Vinicius Winckler Caldeira pela inestimável amizade, carinho, atenção e ajuda nos momentos difíceis enfrentados, não medindo esforços em auxiliar-me. Meu sincero agradecimento!

Ao Técnico de Laboratório de Solos/CCR/UFSM, Luis Francisco Alves Finamor, pela ajuda nas análises de solo, pelo carinho, atenção, amizade, e sobretudo pelo exemplo de força de vontade e respeito para com seu semelhante. Obrigada!

Ao Técnico Agrícola Artêmio Angheben, pelo empréstimo de material, amizade, carinho e dedicação.

À Bibliotecária Ana Rosa Casarin, pela correção bibliográfica, pela atenção, educação e competência profissional que sempre demonstrou. Meu sincero agradecimento!

À Empresa AGROSETA S.A, que por intermédio do Engº Florestal Elias Moreira dos Santos, forneceu as sementes para a realização do estudo.

Ao professor PhD. Lísias Coelho e ao professor Dr. Solon Jonas Longhi, pela atenção, compreensão, amizade e ajuda prestada. Meu sincero agradecimento!

Aos professores MSc. Sidinei Lopes e professor Dr. Lindolfo Storck pela amizade, atenção e pela indispensável ajuda prestada em Estatística. Obrigada!

A colega Engª Florestal Jocelaine Bolzan, pela amizade e pela ajuda prestada.

A todos os colegas de Agronomia pela amizade construída, pelo apoio e compreensão, carinho, respeito e ética que demonstraram ao longo do estudo, em especial ao professor Dr. José Miguel Reichert que sempre transmitiu estímulos para vencermos os próprios desafios.

A todas as pessoas que colaboraram para a realização desse trabalho, cujo seus nomes encontram-se no anonimato. Agradeço !

À CAPES pelo apoio financeiro.

A Deus, que é esta força que nos impulsiona e que nos faz acreditar que a cada caminhada percorrida e vencida, é exemplo de uma missão construída.

SUMÁRIO

RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	XI
LISTA DE TABELAS.....	XIII
LISTA DE FIGURAS.....	XIV
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1 O Gênero <i>Acacia</i>	04
2.2 Importância do Nitrogênio na planta	04
2.3 O Nitrogênio no solo	05
2.4 Importância do Fósforo na planta	07
2.5 O Fósforo no solo	08
2.6 Importância do Potássio na planta.....	09
2.7 O Potássio no solo	10
2.8 Produção de biomassa	12
2.9 A importância da adubação no crescimento de espécies florestais ...	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Clima	20
3.2 Material utilizado	21
3.3 Seleção das sementes	22
3.4 Manejo do Experimento	22
3.5 Delineamento Estatístico	22
3.6 Coleta de dados.....	25
3.7 Análise Estatística.....	25

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	A interação das doses N - P - K	26
4.2	Superfície de resposta.....	26
4.2.1	Altura	28
4.2.2	Diâmetro	31
4.2.3	Massa seca aérea	34
4.2.4	Massa seca radicular	38
4.2.5	Massa seca total	42
4.3	Teste da homogeneidade das variâncias.....	46
4.3.1	Número de plantas necessárias por tratamento	47
4.4	CONSIDERAÇÕES	50
5	CONCLUSÕES	51
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	ANEXOS	61

RESUMO

PRODUÇÃO DE MUDAS DE ACÁCIA-NEGRA (*Acacia mearnsii* De Wild.) ADUBADAS COM N - P - K.

Autora: Neura Tedesco

Orientador: Profº Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

O presente estudo foi realizado em casa de vegetação não climatizada do Centro Tecnológico de Silvicultura (CTS), pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria/RS. A espécie utilizada foi *Acacia mearnsii* De Wild. O substrato utilizado foi solo Podzólico Vermelho - Amarelo, coletado no horizonte A (0-20 cm), sob uma floresta de *Eucalyptus* sp. Após a coleta o solo foi seco ao ar livre e posto em local abrigado, não sofrendo desinfecção. Em seguida o mesmo foi passado em peneira de malha 5,0 mm, homogeneizado e caracterizado quimicamente no Laboratório Central de Análises do Solo - UFSM -RS. O ensaio seguiu a metodologia do Delineamento Central Composto Ortogonal para três fatores, distribuído de forma inteiramente casualizada. Cada parcela foi constituída de um vaso com capacidade de 3 dm³ de solo. Para o cálculo das doses de N -P - K, partiu-se de 5 níveis de cada fator (Xi) em ppm. Os níveis foram: N = 0; 40; 80; 120 e 160 ppm; P = 0; 150; 300; 450 e 600 ppm; K= 0; 100; 200; 300 e 400 ppm. O pH do solo foi elevado a 6,0. Para isto foi utilizada uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃ na relação 2:1. As sementes foram selecionadas através de peneiras de 2,38 mm e 2,00 mm, em seguida realizou-se a quebra de dormência. Aos 30 dias após a germinação foi realizado o raleio das mudas inferiores, permanecendo a de melhor vigor na parte central do vaso.

Após medidas as alturas e os diâmetros aos 120 dias, os componentes colhidos foram postos a secar em estufa com temperatura de 70 °C até atingir peso constante. Os dados dos fatores quantitativos Altura (H), Diâmetro (D), Massa Seca Aérea (MSA), Massa Seca Radicular(MSR) e Massa Seca Total (MST), foram ajustados à superfície de resposta, utilizando como função: $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_2 X_2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \varepsilon$, permitindo identificar os pontos de inflexão e os coeficientes de determinação ajustados. Os resultados evidenciaram que o potássio e suas interações não foram significativas a nível de significância de 5%, mas o nitrogênio e o fósforo sim. A interação entre nitrogênio e fósforo foi significativa para as variáveis MAS, MSR e MST. As doses de N, que permitiram os melhores resultados ficaram num intervalo de 0,66 a 2,32 g/planta de N. As doses de fósforo variaram entre 2,51 e 6,27 g/planta.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Autor: Neura Tedesco

Orientador: Profº Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

Título: Produção de mudas de Acácia - negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)
adubadas com N - P - K.

Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal

Santa Maria, 05 de março de 1999.

ABSTRACT

PRODUCTION OF BLACK WATTLE (*Acacia mearnsii* De Wild.) SEEDLINGS FERTILIZED WITH N - P - K.

Author: Neura Tedesco

Adviser: Prof^o. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

The present study was done in a greenhouse at the Sylviculture Technology Center of the Department of Forest Sciences of the Universidade Federal de Santa Maria, RS (UFSM-RS). The species used was *A. mearnsii* seedlings. The substrate used was a red - yellow podsol, from the A horizon (0-20 cm), under an *Eucalyptus* sp. forest. The soil was air dried and kept in a cool and dry place, without desinfestation. The soil was sieved in an 5.0 mm sieve and chemically characterized at the Central Laboratory for Soil Analysis of the UFSM -RS. The experiment followed the method of the Orthogonal Central Compost Design, in a completely randomized form, for three factors. Each sample was pot with 3 dm³ capacity. The determination of the N - P - K doses was done based on 5 levels for each factor (X_i): N = 0; 40; 80; 120; and 160 ppm; P = 0; 150; 300; 450 and 600 ppm; K = 0; 100; 200; 300 and 400 ppm. The soil pH was adjusted to 6.0 with a mixture of CaCO₃ and MgCO₃ in the proportion of 2:1. The seeds were selected through a set of sieves. Thirty days after emergence the smaller seedlings were removed, leaving only the most vigorous seedling per pot.

After the seedling height and stem diameter were measured 120 days after seeding, the seedlings were harvested and the above and below ground biomasses were dried at 70°C until constant weight. The data of the quantitative factors height (H), diameter (D), above ground (MSA), below ground (MSR) and total biomasses (MST) were adjusted to a surface response using the function: $Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_2X_2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{12}X_1X_2 + \beta_3X_3 + \beta_{33}X_3^2 + \beta_{13}X_1X_3 + \beta_{23}X_2X_3 + \varepsilon$, which allow the identification of the inflection and the adjusted determination coefficients. The results

indicated that potassium and its interactions were not significant at the significance level of 5%; however, nitrogen and phosphorus were significant for the above ground (MSA), below ground (MSR) and total biomasses (MST). The interaction of nitrogen and phosphorus were significant for all the variables. The best dosages of N, which allowed the best results were in the range of 0.66 to 2.32 g of N per plant. The dosage of P was in the range of 2.51 to 6.27 g of P per plant.

FEDERAL UNIVERSITY OF SANTA MARIA - UFSM

GRADUATE COURSE IN FOREST ENGINEERING

Author: Eng^a Neura Tedesco

Adviser: Prof^o. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

Title: Production of Black Wattle (*Acacia Mearnsii* De Wild.) Seedlings Fertilized
With N - P - K.

Dissertation of Master's degree in Forest Engineering.

Santa Maria, March 05, 1999.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1-	Temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$) e Umidade relativa do ar (UR) em percentagem, na casa de vegetação não climatizada e na Estação meteorológica, registradas no período de 05/11/97 a 05/03/98.....	20
TABELA 3-	Características químicas do solo utilizado como substrato.....	21
TABELA 4-	Diferentes níveis de (X_i) dos fatores N, P e K em ppm com suas respectivas doses codificadas e transformadas em mg dm^{-3} de solo, através do Delineamento central Composto Ortogonal.....	23
TABELA 5-	Doses aplicadas/ vasos dos elementos N (Uréia), P (Fosfato de potássio monobásico) e K (Cloreto de potássio).....	24
TABELA 6-	Equações ajustadas para Altura (H), Diâmetro do colo (D), Massa Seca Aérea (MSA), Massa Seca Radicular (MSR), Massa Seca Total (MST), seguidas de R^2 e da Máxima Eficiência Técnica (X_c).....	27
TABELA 7-	Valores médios estimados das alturas médias (H) de <i>Acacia mearnsii</i> De Wild. dos diferentes tratamentos	28
TABELA 8-	Valores médios do Diâmetro do colo (D), estimados através do modelo com diferentes doses de nitrogênio e fósforo.....	31

TABELA 9	Valores estimados de Massa Seca Aérea (MSA), com diferentes doses de nitrogênio e fósforo	35
TABELA 10-	Valores médios estimados de Massa Seca Radicular (MSR), em função de diferentes doses de nitrogênio e fósforo	39
TABELA 11-	Valores médios de Massa Seca Total (MST) estimados em função de diferentes doses de nitrogênio e fósforo	43
TABELA 12-	Análise da homogeneidade das variâncias entre os tratamentos, calculado através do método de Bartlett	47
TABELA 13-	Tamanho da amostra necessária para cada tratamento.....	48

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1- Localização do município de Santa Maria no Estado do Rio Grande do Sul..... 19
- FIGURA 2 - Representação gráfica das alturas dos diferentes tratamentos em função das doses de N e P..... 30
- FIGURA 3 - Representação gráfica do Incremento em Diâmetro em função de diferentes níveis de nitrogênio e fósforo 33
- FIGURA 4 - Representação gráfica da produção de massa seca aérea em função de diferentes níveis de nitrogênio e fósforo..... 33
- FIGURA 5 - Representação gráfica da produção de massa seca radicular em função de diferentes doses de nitrogênio e fósforo..... 41
- FIGURA 6 - Representação gráfica da produção de massa seca total em função da combinação de nitrogênio e fósforo 44

1 - INTRODUÇÃO

Atualmente, a necessidade de buscar alternativas para um crescimento adequado de espécies florestais, torna-se um desafio para a ciência, principalmente no que se refere aos fatores do desenvolvimento inicial. De fundamental importância, é a adubação, pois em tempos primórdios essa mesma era desconsiderada até mesmo por técnicos, pois estes consideravam as espécies florestais rústicas, isto é, poderiam se desenvolver em solos paupérrimos, não necessitando a aplicação de corretivos e tão pouco de nutrientes para abastecer as reservas nutricionais das mesmas para seus processos vitais. No entanto, essa prática, a adubação, vem sendo pesquisada há alguns anos e utilizada para as mais diversas espécies florestais nativas e exóticas.

Os solos do Brasil, no geral, são bastante intemperizados, ácidos, e de baixa fertilidade. A adubação em espécies florestais é uma necessidade que se faz presente desde a fase de muda até a fase de estabelecimento do vegetal em campo, dando-lhe condições para explorar o solo e produzir de forma que atinja os níveis econômicos, sociais e ambientais almejados.

Em 1918, Alexandre Bleckmann introduziu a *Acacia mearnsii* no município de Estrela - RS, região do Vale do Rio Taquari, propagando-se logo após para outros municípios.

O maior desenvolvimento dessa cultura deu-se no ano de 1935, crescendo logo após com os incentivos fiscais do governo (OLIVEIRA, 1960). Para tanto, alternativas tanto de recuperação do solo, como a de atender as exigências do mercado através da implantação de espécies exóticas, em especial a Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild), é uma realidade já concretizada no meio florestal. A espécie recupera áreas degradadas devido ser uma leguminosa, que vive em simbiose com bactérias do tipo

Rhizobium, e dessa forma capta o nitrogênio do ar devolvendo-o ao solo, contribuindo com a fertilidade do meio. Possui um crescimento rápido, o que a faz ser aceita por muitas empresas e também por muitos agricultores.

Conforme FRANCO & DÖBEREINER (1994), estimam que a *Acacia mearnsii*, fixa 200 kg de N/ ha⁻¹/ ano, sendo que geralmente o ambiente limita a fixação, embora a fixação varie com a espécie.

Essa espécie possui características desejáveis para celulose, compensados, lenha, carvão, aglomerados, tanino e derivados. É classificada por Brewbaker et al. apud SILVA & DÖBEREINER et al. (1982), como sendo intermediária para forragem e adubo verde, boa para lenha e postes, adaptação em locais frios, possuindo também uma adaptação intermediária à seca, sobrevivendo com uma precipitação mínima de 1000 mm.

No Brasil, é cultivada principalmente no Estado do Rio Grande do Sul, em aproximadamente em 30 municípios na Depressão central. Também é cultivada na Serra Gaúcha, nas proximidades de Caxias do Sul, porém em menor escala (EMBRAPA, 1986; 1988)

Segundo AZEVEDO (1991), os plantios de Acácia - negra e *Eucalyptus*, no início desta década, equipararam-se, com aproximadamente 150.000 ha, enquanto que o gênero *Pinus* atingia uma área de 180.000 ha aproximadamente.

Entretanto, muito pouco sabe-se sobre a nutrição dessa espécie, suas exigências, o qual dependendo do sitio em que vive pode comprometer a produção.

Todavia, o estudo da necessidade nutricional dessa espécie nos seus diferentes estágios de desenvolvimento deve ser pesquisado, principalmente no que diz respeito aos elementos absorvidos em maior quantidade, os macronutrientes primários, N, P e K que são responsáveis por diversas funções vitais.

1.1 - Objetivos

O presente estudo com *Acacia mearnsii* De Wild. teve por objetivos:

- a) Avaliar o efeito de diferentes doses de N - P - K sobre o crescimento inicial das mudas.
- b) Determinar a melhor dose de N - P - K para o crescimento em altura e diâmetro, e a produção aérea, subterrânea e total das plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Gênero Acácia

O gênero das acácias, segundo LAMPRECHT (1990), compreende 700 a 800 espécies, que em sua maioria habitam as áreas tropicais e subtropicais. Cerca da metade destas é da Austrália. São nativas dos trópicos tanto do velho Mundo como do Novo mundo, sendo designado gênero pantropical. A dispersão ultrapassa os limites tropicais para chegar os paralelos 30° N e 40° Sul. Caracterizam-se geralmente por folhas bipenadas e desprovidas de estipulas. As flores são pequenas, unissexuadas ou bissexuadas, sua cor é predominantemente amarela e raramente branca. Dispõem-se em capítulos esféricos ou cilíndricos. Muitas espécies estão providas de espinhos. Porém, New & McWilliam apud YAZAKI (1997) citam que esse gênero inclui, aproximadamente, 1200 espécies de árvores e arbustos da Família Mimosa (Mimosaceae) e sobretudo nativas de regiões mornas particularmente na Austrália, África, Ásia e nas Américas. Mais de 800 dessas espécies são endêmicas da Austrália, muitas são de crescimento rápido, incluindo a *Acacia mearnsii* De willd. e *Acacia mangium*, sendo que a primeira tem crescimento natural no Sul de Wales, Victoria, Sul da Austrália e Tasmânia. Plantações de *Acacia mearnsii* tem sido estabelecidas no Sul e Leste da África, e Sul da América.

Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De wild.) é nativa da Austrália. A região de ocorrência situa-se entre 34° e 44°S, em altitudes desde o nível do mar até 850 m. Essa espécie é plantada no Sul do Brasil, principalmente no RS; também existem plantações no Sul e Oeste do Paraná (EMBRAPA, 1988).

2.2 Importância do Nitrogênio na planta

O elemento gasoso N₂ constitui 78% do volume da atmosfera, sendo considerado o grande reservatório de nitrogênio (N). Mas, o nitrogênio nessa forma não se encontra diretamente disponível para as plantas verdes, sendo que a entrada desse elemento na atmosfera dá-se principalmente pela atividade de organismos fixadores

que vivem livremente ou em associação simbiótica com plantas. O nitrogênio fixado se torna disponível para a síntese do grupo amino dos aminoácidos e, por tanto das proteínas da planta hospedeira (EPSTEIN, 1975).

De acordo com Stocking e Ongun apud EPSTEIN (1975), o nitrogênio é comumente o quarto elemento mais abundante nas plantas. As proteínas contêm aproximadamente 18% de nitrogênio, sendo que até 70% do total de N da folha pode estar nos cloroplastos, e nas plantas folhosas cerca da metade do elemento possa estar nos plastídeos.

O amônio uma vez absorvido, pode servir imediatamente para a síntese de aminoácidos e de outros compostos que contêm nitrogênio reduzido. A assimilação é geralmente rápida de modo que não há muita acumulação de amônio no tecido. O nitrogênio nítrico tem que ser reduzido antes de sua assimilação. A demanda imediata por carboidratos é menor em relação ao amônio e por isso pode haver acúmulo apreciável de ácidos orgânicos (EPSTEIN, 1975).

O N na planta possui diversas funções tais como: fazer parte de muitos compostos, principalmente proteínas, aminoácidos, aminas, amidos, aminoaçúcares, purinas e pirimidinas, alcalóides, coenzimas, vitaminas, pigmentos). É um importante componente da clorofila, enzimas, ácidos nucleicos e outros compostos orgânicos. Promove rápido crescimento aumentando também a folhagem, alimenta microorganismos do solo que fazem a decomposição da matéria orgânica (MALAVOLTA, 1989 ; FERRI, 1985).

O nitrogênio retransloca-se dos tecidos mais velhos para as áreas de crescimento, por ser um elemento móvel (CARNEIRO (1995). O conteúdo deste elemento nas plantas varia de acordo com os tecidos; na folhagem o conteúdo é da ordem de 0,9% a 2,0% de N e a madeira geralmente possui menos de 0,5% (BINKLEY, 1995).

2.3 O Nitrogênio no solo

Aproximadamente 95% do N no solo está em formas orgânicas, sendo que 34,7% está sob a forma de N-aminoácidos, 19,9% N-amônio, 5,4% N-hexosaminas, 10,6% N-hidrolisado não identificado e 29,4% N- não hidrolisado (CERETTA, 1995; 1997).

De acordo com MELLO et al. (1989), a quantidade de N disponível no solo sempre é menor, comparada com a quantidade total mineralizada, geralmente 5% ou menos. Em solos sob floresta a fração de N total mineralizado anualmente na maioria dos casos é menos que 1%; isso varia especialmente e temporariamente com as condições de mineralização (qualidade do solo orgânico, relação de C/N, quantidade de lignina e combinações fenólicas, temperatura, umidade e atividade microbiana). O restante encontra-se em combinações orgânicas não aproveitáveis pelos vegetais. O abastecimento nutricional dos vegetais com N, fica na dependência da transformação do N orgânico em formas minerais disponíveis, que ocorrem através do processo de mineralização, realizado predominantemente por microrganismos.

A mineralização é composta pelos processos de amonificação e nitrificação. A amonificação é a conversão do N orgânico em amônio, processo que ocorre lentamente, não necessitando a presença de microrganismos específicos. Todavia, a nitrificação é o processo que sofre oxidação de amônio passando a nitrato, requerendo microrganismos que podem ser quimilitróficos (bactérias da família Nitrobacteriaceae) ou quimiorganotróficos (bactérias do gênero *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Corynebacterium* e *Achromobacter*). Por conseguinte, a imobilização envolve mecanismos que provocam decréscimo de N mineral disponível no solo, podendo incluir processos biológicos (fixação do amônio em determinados tipos de argila). A desnitrificação é definida como o processo de respiração anaeróbia, no qual há redução do nitrato ou nitrito a formas gasosas de N (N_2 e N_2O), resultando em perdas gasosas (VICTORIA et al., 1992).

Este elemento torna-se mineralizado, assimilável, mas facilmente perdido através da lixiviação, caso não seja absorvido ou incorporado (reaproveitável) pelos microrganismos. O amônio pode ser absorvido pelas partículas de solo, mantendo um intercâmbio iônico com as mesmas (partículas de argila ou húmus), e posteriormente vir a ser transformado em nitrato pelos microrganismos ou mesmo absorvido pelas plantas. Desta forma ele não é volatilizado, tão pouco lixiviado ou arrastado pela água da chuva (NOLLA, 1982).

O nitrato pode ser lixiviado no solo, porque além de muito solúvel, possui baixa energia de adsorção às partículas do solo. Seria conveniente que houvesse sistemas

de cultura, com plantas em crescimento durante a maior parte do ano, aumentando assim, a quantidade de nitrato absorvido e acumulado no tecido vegetal (CERETTA, 1997). No entanto BRADY (1989), enfatiza que o nitrogênio sob a forma de nitratos (adicionado aos fertilizantes) ou o formado por nitrificação poderá ser incorporado aos microrganismos, ser assimilado pelos vegetais, perder-se por lixiviação ou volatilizar do ciclo do N, sob a forma de gás.

2.4 Importância do Fósforo na planta

O fósforo (P) desempenha diversas funções na planta; é responsável por estimular o crescimento das raízes, garantir uma arrancada vigorosa, apressar a maturação, estimular o crescimento e ajudar a formação das sementes, a respiração, a absorção iônica de outros elementos, síntese e degradação de lipídeos e de proteínas. Na planta, o fosfato permanece na forma livre ou unido aos açúcares e lipídios, e desempenha uma importante função nas transformações de energia das células em forma de ATP (MALAVOLTA, 1989; FERRI et al., 1985; RAVEN et al., 1978).

Segundo RAIJ (1991), o P na planta é altamente móvel, translocando-se dos tecidos velhos para as regiões de sistema ativo. A deficiência desse nutriente afeta o crescimento, retardando-o.

Também VETORAZZO et al. (1993), estudando as concentrações e a redistribuição de nutrientes minerais nas folhas recém maduras e caducas de três espécies de *Eucalyptus* (*grandis*, *camaldulensis* e *torreliana*), concluíram que o *E. grandis* retranslocou maior quantidade de N, P e Mg antes da derrubada das folhas e que a concentração dos elementos móveis (N, P, K e Mg) diminuem nas folhas senescentes, devido serem transferidos para as partes em crescimento das árvores. Ainda segundo os mesmos autores, antes da abscisão foliar aproximadamente 50% do N, 60% de P, 40% de K e 15% de Mg, foram redistribuídos para outras partes das plantas, afirmando que o padrão de ciclagem do N, P, K, Mg, ocorrem através do ciclo bioquímico no *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. torreliana*.

Segundo CALDEIRA (1998), que estudou três procedências de *Acacia mearnsii*, a procedência Lake George, apresentou um elevado acúmulo de fósforo na madeira e nos demais componentes da parte aérea.

2.5 O Fósforo no solo

A litosfera é a fonte e reservatório de fósforo (P). O conteúdo do mesmo é de 0,12%, sendo que a maior parte dos fosfatos de ocorrência natural é pouco solúvel como os de Cálcio (Ca), Alumínio (Al), Ferro (Fe) e Manganês (Mn). O fosfato é também preso pelos minerais da argila do solo como um aniônio trocável, podendo ser fixado em formas não disponíveis para a planta (EPSTEIN, 1975).

Segundo MELLO et al. (1989), o conteúdo total de P nos solos minerais é variável, sendo o mesmo expresso em P_2O_5 , raramente excedendo a 0,5%, ou seja, geralmente está entre 0,12 e 0,15 %. O P orgânico acumula-se no perfil conforme a distribuição da matéria orgânica. Devido à absorção desse elemento pelo sistema radicular, ocorre um empobrecimento do subsolo, sendo que a acumulação de resíduos na camada superior provoca um enriquecimento do mesmo.

Os teores do P na solução do solo, em geral são baixos, da ordem de 0,1 mg/l de P, o que é conseqüência da baixa solubilidade dos compostos de P existente no solo e da alta capacidade de adsorção do elemento pelas partículas do solo. Esse elemento é absorvido sob a forma $H_2PO_4^-$. O ácido fosfórico apresenta-se em três formas distintas, sendo que a forma predominante nos solos com pH 4-8 é $H_2PO_4^-$. As formas HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} somente predominam quando aumenta a alcalinidade do meio, fora das condições de vida da planta (RAIJ, 1991; MALAVOLTA, 1975).

A única forma de P abundante nos ecossistemas é o ânion fosfato. No solo o P aparece nas rochas em forma de fosfato inorgânico (adsorvido nas superfícies ou precipitado como sais) e na matéria orgânica não decomposta (BINKLEY, 1993).

Segundo BARROS & NOVAIS (1990); TOMÉ Jr. (1997), na solução do solo encontra-se uma pequena fração de fósforo total que é prontamente disponível para as plantas. O fósforo restante, além do fósforo estrutural dos minerais primários bem como o imobilizado na matéria orgânica, encontra-se retido em compostos

juntamente com o Ca, Fe e Al. Devido o íon fosfatado possuir pouca mobilidade no solo, o processo principal pelo qual ocorre o transporte é conhecido por difusão. À medida que o sistema radicular absorve o íon fosfatado da solução do solo, um gradiente de concentração é criado nas proximidades da raiz para a solução, regulando a taxa de difusão do íon em direção à raiz da planta.

A nutrição das plantas é favorecida por diversas formas químicas de P no solo. O fósforo está presente na matéria orgânica do solo, em alguns fosfatos orgânicos solúveis como os fosfatos dos ácidos nucleicos e a fitina que podem ser absorvidos diretamente pelas plantas. A disponibilidade de fósforo inorgânico para as plantas depende principalmente da acidez do solo e seus efeitos sobre a solubilidade do Fe, Al e Mg que formam precipitados insolúveis em solos muito ácidos, a disponibilidade do Ca, a atividade dos microrganismos que controlam o meio e a quantidade de deposição de matéria orgânica (PRITCHETT, 1990).

A maioria do P assimilável, colocado no solo como adubo fosfatado, se insolubiliza, e aproximadamente, apenas 20% deste é aproveitado pela planta. O restante, passa rapidamente para as formas não assimiláveis. Somente quantidades próximas de 10 a 20 kg/ha, são absorvidas pelas culturas, sendo que a forma mais assimilável é o fosfato de cálcio, especialmente o fosfato monocálcico (NOLLA, 1982).

Entretanto, MALAVOLTA (1989), diz que as plantas não conseguem aproveitar mais que 10% do P total aplicado, devido os solos tropicais serem ácidos, ricos em Fe e Al, ocorrendo o fenômeno de fixação do fósforo.

2.6 - Importância do Potássio na planta

Os íons amoniacais ativam certas enzimas dos quais o potássio é normalmente o cátionio ativador. É o único cátionio monovalente essencial para todas as plantas superiores e para todos os seres vivos, com exceção de alguns microrganismos em que o Rubídio pode substituí-lo. É altamente móvel no floema e prontamente redistribuído das folhas mais velhas para os órgãos novos em crescimento. O Potássio é responsável pela síntese e pela ativação de numerosas enzimas,

aminoácidos e proteínas (EPSTEIN, 1975; RAVEN et al., 1978, FERRI et al., 1985, BRADY, 1989).

Segundo MALAVOLTA (1989), o potássio protege as plantas contra as doenças, ajuda na produção de amido, óleo, proteína, diminui a número de frutos chochos, aumenta a resistência a seca e à geada, melhora a qualidade dos frutos, ajuda a formação de raízes.

De acordo com Fujino apud ZELITCH (1971), as células guardas de várias espécies abrem na presença da luz e continuam grandes concentrações de K, e na escuridão possuem quantidades relativamente pequenas. Também ZELITCH (1971), cita que quando submersas tiras de epiderme de *Commelina communis* em 5×10^{-2} M de Cloreto de potássio, os estômatos abrem 7 micrômetros, e quando utilizado 10^{-2} M de ATP, somado ao meio, os estômatos abrem 14 micrômetros havendo acúmulo de K nas células guardas. Conexões de protoplasma (plasmodesmo) devem existir entre as células guardas e adjacentes, bem como a troca de potássio pode ser facilitada através destas conexões. Assim um mecanismo de transporte ativo de ions pode responder razoavelmente por estômatos que abrem na luz e provavelmente exerça funções em células guardas de folhas intactas para transportar este íon que se concentra.

O potássio possui alta mobilidade em plantas como dentro de células individuais, dentro de tecidos e em transporte no interior do xilema e floema. O potássio não compete em locais com cátions divalentes (Mg^{2+}), por outro lado, devido suas altas concentrações no citosol e no cloroplasto neutraliza os ânions dos ácidos orgânicos e inorgânicos solúveis e ânions de macromoléculas insolúveis, estabilizando o pH em 7 e 8 nesses compartimentos, o ótimo para a maioria das reações enzimáticas MARSCHNER (1993).

2.7 O Potássio no solo

O potássio (K) encontra-se abundantemente em rochas e em solos. Teores totais, podem superar 1% em solos boa fertilidade. Uma grande fração desse elemento encontra-se em minerais que contém o elemento nas estruturas cristalinas. Encontra-

se nos minerais primários das rochas ígneas, os quais são os feldspatos, muscovita e biotita (micas). Em minerais secundários encontra-se em argilas do tipo 2:1, illita e vermiculita. O potássio é absorvido pelas plantas da solução do solo, em sua forma iônica K^+ , sendo que a absorção depende principalmente da difusão do elemento, via solução do solo, e de fluxo de massa (proporção menor). Os sais de K geralmente apresentam alta solubilidade. Os teores de K na solução do solo podem atingir concentrações muito elevadas, dependendo do teor de ânions presentes, conferindo-lhe uma mobilidade superior em relação ao P, permitindo que a planta o esgote com maior facilidade (RAIJ, 1991).

De acordo com HUNGRIA & URQUIAGA (1992), o potássio está concentrado nos feldspatos, constituindo a principal reserva. Este nutriente aparece somente no estado monovalente em sistemas biológicos, não ocorrendo reações de oxidação e redução como no caso do N, S, Fe e Mn. Cerca de 1/3 da quantidade total de K contido nas células e ligado aos complexos orgânicos de plantas e microrganismos é mineralizado pelos microrganismos. Entretanto 2/3 do K, são imediatamente solúveis, pois encontram-se fracamente ligados aos complexos orgânicos de plantas e microrganismos.

Segundo MELLO et al. (1989), os minerais primários potássicos se intemperizam com razoável rapidez, formando muitas vezes argilas. O teor de potássio em solos argilosos deve ser maior que nos arenosos. Aliado a isso está a maior CTC dos solos argilosos.

Nos processos de lixiviação, o K pode ser esgotado por completo em substratos com pH 5,0 ou menos. Em substratos arenosos, poderá ser necessário realizar adubações em cobertura durante o período de rotação da cultura (May apud CARNEIRO, 1995). South & Davey, citados pelo mesmo autor, enfatizam que o uso de K além do nível crítico, pode causar sintomas de deficiência de Mg, principalmente em solos arenosos.

O potássio dos fertilizantes usados nas adubações, é geralmente solúvel e prontamente assimilável pelas plantas. Se a reação do solo não for muito ácida, sua lixiviação é muito pequena, pois, possui uma tendência de ser adsorvido pela argila e pelos elementos orgânicos através da troca de íons Thompson apud NOLLA (1982).

Entretanto este mesmo autor, recomenda que as quantidades de K adicionadas ao solo devem ser freqüentes (para cada cultura) e em doses menores, conforme as necessidades da planta, principalmente se houver pouca matéria orgânica e pH baixo no solo. Este fato deve-se as perdas de K solúvel por lixiviação que podem ser grandes, e também se há excesso de K no solo, poderá ser absorvido em demasia pela planta, não trazendo benefício algum a esta, acarretando desperdício deste elemento.

2.8 Produção de biomassa

Segundo EPSTEIN (1975), a planta fresca quando seca a 70°C durante 24-48 horas reduz seu peso para 10% a 20% do peso inicial. Os resultados da análise química do material vegetal geralmente são expressos com base na matéria seca, pois é menos variável que a massa fresca, a qual varia com a hora do dia, com a quantidade de água disponível no solo, com a temperatura, velocidade do vento e outros fatores. Cerca de 90% da matéria seca da planta consiste de Carbono, Oxigênio e Hidrogênio.

Geralmente as folhas contém aproximadamente 4% de K, ou uma concentração de 0,1 M em peso seco (Atam & Dittmer apud ZELITCH, 1971).

Para MARSCHNER (1993), a exigência de K para um ótimo crescimento da planta está na ordem de 2 a 5% do peso seco de partes vegetativas, de frutas carnosas e tubérculos.

Segundo ZELITCH (1971), a fotossíntese é responsável por 90 a 95% do peso seco das plantas, e somente 5 a 10% da cinza é N. O status mineral, e especialmente a concentração de K pode ter um grande efeito nas determinações das taxas de assimilação de CO₂.

O suprimento de nutrientes minerais pode afetar fortemente o crescimento radicular, a morfologia e a distribuição do sistema radicular no substrato. Nas zonas de respostas, aumentando o suprimento de N, aumenta o crescimento do broto e da raiz, mas geralmente há um maior crescimento do broto em relação ao crescimento

radicular, fazendo com que haja queda típica de peso seco da raiz/broto (MARSCHNER, 1993).

O peso da matéria seca das raízes finas tem um valor muito pequeno, embora exista nas mudas um grande número de raízes finas, com alta quantidade de pêlos absorventes, o valor do seu peso é quase desprezível. Sob o ponto de vista fisiológico, essas raízes tem extrema importância na sobrevivência e crescimento, pois possui a função de absorção de nutrientes na solução do substrato, após o plantio. Desta forma, deve-se dar ênfase a importância das raízes fisiologicamente ativas, comparativamente aos parâmetros morfológicos (CARNEIRO, 1995).

De acordo com PRITCHETT (1990), as raízes constituem o sistema de fixação para as árvores e efetuam as funções vitais da absorção e transporte de água e substâncias nutritivas. Não somente as variações das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo tem um efeito profundo sobre as raízes das árvores, mas a influência de fatores tais como a intensidade da luz, a temperatura do ar e o vento podem refletir em mesmo grau, no crescimento das raízes como no crescimento das plantas. As espécies que possuem raízes fibrosas com ramificações laterais e inclinadas, que nascem desde o colo da raiz, prosperam melhor em solos profundos e permeáveis, porém são capazes de aproveitar um maior grau de fissuras em um leito rochoso com maior efetividade que outros tipos de raízes. A intensidade das raízes finas na superfície do solo depende dos nutrientes do solo, umidade, temperatura e aeração bem como do seu controle genético.

Segundo Schimidt - Vogt apud CARNEIRO (1995), a matéria seca da parte aérea, é um indício da capacidade de resistência das mudas. Este mesmo autor, diz que o peso seco deve ser avaliado como um parâmetro de qualidade, aliado com o comprimento da parte aérea. Assim sendo, o peso seco da parte aérea é considerado.

2.9 A importância da adubação no crescimento de mudas de espécies florestais

Além da calagem, deve ser considerada a generalizada deficiência de fósforo da maioria dos solos brasileiros, o suprimento de fósforo via fertilizantes no processo de

produção de mudas de espécies florestais, como as de *Eucalyptus* tem sido uma constante (COSTA FILHO, 1992).

A adubação mineral constitui um fator imprescindível no aumento da produtividade, sendo que a maioria das culturas respondem principalmente às adubações nitrogenadas, exceto algumas leguminosas que obtêm o nitrogênio através da fixação simbiótica e as adubações fosfatadas (LOMBARDI NETO, 1994).

FARIA et al. (1995), afirmam que a elevada resposta de *Albizia lebbbeck* à aplicação de baixas doses de fósforo, comprova a importância desse nutriente na fase inicial de crescimento das mudas. Para as variáveis de crescimento analisadas (altura, diâmetro do colo, massa aérea e radicular), os maiores incrementos de resposta, foram obtidos com a aplicação de 30 mg/kg de P em solo. O teor e o acúmulo de N nas mudas inoculadas com rizóbio indicaram que a simbiose realizou-se, e também forneceu N adequadamente às mudas, porém em menor proporção do que a adubação nitrogenada, que proporcionou maior produção de matéria seca e maior acúmulo de N.

Em um experimento de adubação em Acácia-negra, BORSATTO et al. (1982), constataram que aos 12 meses de idade, a ausência do fósforo determinou uma perda de 27,51% (1,29 m) em altura, em relação à adubação completa, enquanto que o N diferiu 5,33% (0,25 m).

O crescimento de *Acacia mearnsii*, respondeu de forma positiva a dosagens de P + K, embora rendimentos semelhantes foram obtidos com dosagem ótimas de P, na presença ou na ausência de K (ICFR, 1995).

KEIL et al. (1998) trabalharam com *Acacia mearnsii* em vasos, e constaram que o desenvolvimento em altura e radicular não responderam significativamente à correção com calcário, tendo desenvolvimento inferior à testemunha nos tratamentos com doses mais elevadas de K, P e calcário. Porém o tratamento que recebeu 13,52 g de P_2O_5 + 4,5 g de K_2O teve maior desenvolvimento.

Thompson apud NOLLA (1982), afirma que as plantas podem adquirir um bom desenvolvimento, mesmo em pequenas quantidades de P assimilável, porém, estas deverão ser contínuas. Assim sendo, as plantas que não necessitam de grandes quantidades desse elemento, a qualquer instante estarão aproveitando a parte que

lhe é colocada a disposição. Para isto, é necessário que as condições sejam favoráveis para a formação do fosfato assimilável, a partir da matéria orgânica e dos compostos minerais.

No entanto, DANIEL et al. (1997), trabalhando com *Acacia mangium*, utilizando, 250 g de Sulfato de amônia e 500 gm⁻³ de KCl, e cinco tratamentos (testemunha, 200; 400; 600; 800 g m⁻³ de P₂O₅ de substrato), encontraram resposta significativa a aplicação de Superfosfato triplo, em substrato com um máximo de 200 gm⁻³ de P₂O₅, sendo que a partir de 400 gm⁻³ de P₂O₅, a relação entre a parte radicular e aérea (0,50) mostrou um bom padrão para a produção de mudas de qualidade (diâmetro do colo), bem como a dose ideal de P para o equilíbrio entre biomassa de raízes e parte aérea.

BALIEIRO et al. (1995), trabalhando com *Acacia holocericea*, em casa de vegetação, verificaram que o P foi o nutriente que mais proporcionou ganhos de crescimento comparados a testemunha.

DUBOC et al. (1996), trabalhando com Copaiba (*Copaifera lansgdorfii* Desf) e Guatambú (*Aspidosperma parvifolium* A.D.C), avaliando o efeito da omissão de nutrientes sobre o crescimento de plântulas. Os autores revelaram que o diâmetro não foi afetado com a omissão de N e P, porém a altura sim. Não obstante, a produção de massa seca aérea mostrou uma tendência de maior produção na omissão de K em relação ao tratamento completo. Na omissão de K e Mg houve maior produção de massa seca radicular. Verificaram também uma diminuição na absorção de N pelas plantas quando da omissão de P.

Em pesquisas realizadas com solução completa (N, P, K, Ca, Mg e S), SILVA et al. (1995) avaliaram as exigências nutricionais do Cedro (*Cedrela fissilis* Velloso). Verificaram que a omissão dos nutrientes afetou o desenvolvimento das plantas, sendo que os mais limitantes foram o N e P, enquanto que na ausência de K a altura foi superior.

Também DUBOC et al. (1996), usaram a técnica do nutriente faltante para Jatobá (*Himenea courbari*) em casa de vegetação. Essa espécie mostrou que na omissão de potássio, o crescimento em altura e diâmetro foram favorecidos. A espécie mostrou ser pouco exigente em K.

Entretanto, VALERI et al. (1993) aplicando 50 mg kg^{-1} de K em *Eucalyptus grandis*, relatam este não influir significativamente nos parâmetros de crescimento, porém o teor de K no solo original ($15,64 \text{ mg dm}^{-3}$), possivelmente estaria próximo ou acima do nível crítico para a fase de desenvolvimento que se encontravam as mudas.

De acordo com FURTINI NETO et al. (1996), a eficiência nutricional de Fósforo de mudas de *Eucalyptus cloeziana*, *E. grandis*, *E. pellita*, *E. pilularis*, *E. Urophylla*, mesmo com baixa disponibilidade de fósforo, translocavam baixa proporção do nutriente absorvido das raízes para a parte aérea e mantinham essa translocação em percentuais relativamente elevados e aproximadamente constantes em presença de alto suprimento de fósforo, se comparados com as outras espécies. O *Eucalyptus Cloeziana* teve um acentuado incremento na percentagem de translocação no aumentar das doses, especialmente na dose de 500 mg de P por kg de solo. Entretanto, esse comportamento foi classificado intermediário para *Eucalyptus grandis* e *pellita* em relação à eficiência de translocação em praticamente todos os níveis de fertilização.

Poggiani et al. apud HAAG (1983), pesquisando o *E. grandis* e *E. pellita*, usando 100 mg de P/kg de solo, encontraram maiores produções de biomassa total, mostrando que houve uma maior eficiência de utilização do nutriente absorvido.

Segundo Bouma apud FERREIRA et al. (1993), a demanda de nutrientes de qualquer parte de uma planta é suprida quase que totalmente pelo solo, porém, a taxa de absorção depende, em parte, da disponibilidade do nutriente no interior da planta. Plantas crescendo em meios com grande disponibilidade de nutrientes, utilizam preferencialmente os elementos pelos órgãos senescentes, por estes estarem mais acessíveis. No caso de nutrientes imóveis, a planta dependerá sempre de suprimento externo.

Uma parte do P adsorvido, após algum tempo transforma-se em uma forma não disponível (fixado), e a fração que se encontra adsorvida, que é reversível, é liberada de forma muito lenta em comparação aos cátions trocáveis (TOMÉ Jr, 1997).

Buckman & Brady apud NOLLA (1982), dizem que mesmo a maioria do P assimilável, colocado no solo como adubo fosfatado, insolubiliza-se, e aproximadamente 20% deste é aproveitável pela planta, sendo que o restante passa

rapidamente para formas não assimiláveis, e que quantidades de 10 a 20 kg/ha aproximadamente são aproveitados pelas plantas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação não climatizada, localizada no Centro Tecnológico de Silvicultura (CTS), pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS. O CTS está localizado na Depressão Central do Estado, cujo área possui uma altitude de 95 metros, tendo como coordenadas geográficas: Latitude 29° 43' Sul e longitude 53° 42' Oeste de Greenwich (Figura1).

A espécie utilizada foi para a realização do estudo foi *Acacia mearnsii* De Wild. (Acácia-negra). O experimento foi avaliada durante 120 dias.



FIGURA 1 - Localização do município de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul.

3.1 Clima

O clima em Santa Maria, segundo a classificação de Köppen é sub-tropical do tipo fundamental Cfa, caracterizando-se por chuvas em todos os meses do ano, temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. A precipitação média anual varia de 1404 a 1760 mm (MORENO, 1961).

Os valores meteorológicos referentes ao período de execução do experimento são apresentados na Tabela 1. Esses dados foram determinados através de um Termohigrógrafo no interior da casa de vegetação não climatizada e pela Estação Meteorológica do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (RS).

TABELA 1 - Temperatura média mensal (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em percentagem, na casa de vegetação não climatizada e na Estação meteorológica, registradas no período de 05/11/97 a 05/03/98.

MÊS	°C		UR (%)		RADIAÇÃO (Cal cm ⁻² mês ⁻¹)
	CV	*EM	**CV	***EM	
Novembro	25,8	21,4	77	82	158,1
Dezembro	25,6	24,2	73	75	196,5
Janeiro	25,4	24,2	89	78	172,5
Fevereiro	24,1	23,2	85	82	149,4
*Março	21,1	21,1	82	82	166,0

* Temperatura média determinada pela Estação meteorológica do Departamento de Fitotecnia - UFSM - RS

** Casa de Vegetação

*** Estação Meteorológica

3.2 Material utilizado

O substrato utilizado foi solo Podzólico Vermelho-Amarelo, coletado no horizonte A (0-20 cm) de profundidade, sob uma floresta de *Eucalyptus* sp. Anteriormente à coleta foi feita uma remoção da camada de serapilheira. Em seguida este foi passado em peneira com malha de 5,0 mm de diâmetro, homogeneizado e caracterizado quimicamente no Laboratório Central de Análises do Solo da UFSM-RS. Após, o solo foi seco ao ar livre e posto em local abrigado, não sofrendo desinfecção. A metodologia empregada na determinação das características químicas do solo foi descrita por TEDESCO et al. (1995).

As características químicas do solo amostrado podem ser observadas na Tabela 3.

TABELA 3 - Características químicas do solo utilizado como substrato.

% argila	% MO m/V	pH H ₂ O 1:1	P mg/L	K mg/L	Ca cmol _c /L	Mg cmol _c /l	Al cmol _c /L
20	2,7	4,5	4,8	62	2,1	2,7	2,6
CTC		Saturação					
efetiva	pH 7	Alumínio	Bases				
7,6	15,5	34	32				

A necessidade de calagem foi determinada pelo Índice SMP para a elevação do pH a 6,0. Para isto foi utilizada uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃ na relação 2:1.

O solo permaneceu por um período de aproximadamente 25 dias armazenado em local abrigado e escuro. Após, o mesmo foi acondicionado em vasos de polipropileno de 3,0 dm³ de capacidade, vedados na base. Todos os vasos receberam o mesmo volume de solo, 3,0 dm³.

A capacidade de campo (24%) foi determinada no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria -UFSM -RS, conforme o método descrito pela EMBRAPA (1979). O teor de umidade dos vasos foi mantido próximo a 80% da capacidade de campo.

3.3 Seleção das sementes

As sementes utilizadas foram fornecidas pela Empresa Florestal AGROSETA S.A, localizada no município de Butiá - RS.

Anteriormente à sementeira, as sementes foram passadas em uma peneira de 2,38 mm de diâmetro de orifício, buscando-se com isso selecionar as sementes por tamanho. A quebra de dormência foi efetuada pelo método da água quente, ou seja, as sementes sofreram um aquecimento em água fervente por aproximadamente 1 minuto, sendo que essas mesmas permaneceram por 26 horas na mesma água, até o completo resfriamento. Em seguida efetuou-se a sementeira, colocando-se 3 sementes na parte central de cada vaso.

3.4 Manejo do experimento

Aos 30 dias após a germinação foi realizado o raleio das mudas, permanecendo a de melhor vigor.

A reposição diária d'água perdida devido à evaporação e à evapotranspiração, foi determinada mediante a pesagem dos vasos em uma balança com capacidade para 10 kg. Foi utilizada água destilada para reposição da água perdida.

3.5 Delineamento Estatístico

O ensaio seguiu a metodologia do Delineamento Central Composto Ortogonal para três fatores, distribuído de forma inteiramente casualizada. Cada parcela foi constituída de um vaso com capacidade de 3 dm³ de solo.

O número de tratamentos foi calculado através da fórmula:

$t = 2^k + 2k + p$, onde: K= número de fatores e p= número de pontos centrais (p=2).

O número de fatores é igual a 3 (N, P e K), sendo que cada fator possui 5 níveis (5 doses). No caso $t = 2^3 + 2 \times 3 + 2 = 16$ tratamentos

O delineamento constituiu-se de 16 tratamentos com 8 repetições, totalizando 128 unidades experimentais.

A determinação das doses (X_i), para cada elemento (N, P, K) foi obtido a partir dos níveis x_i codificados (- α ; -1; 0; 1; α), sendo calculada através da fórmula:

$$X_i = (X_{\min} - \bar{X}) x_i / (-\alpha) + \bar{X}$$

Onde:

X_{\min} = menor dose avaliada; \bar{X} = mediana das doses; x_i = dose do tratamento codificado; α = código do tratamento axial, dado pela expressão:

$\alpha = \{ [(F(F+T))^{1/2} - F] / 2 \}^{1/2}$, onde: $F=2^k$ e $T= 2k+p$ o qual "k" representa número de fatores e "p" representa número de pontos centrais. No caso, $\alpha = 1,28$ e $F = 2^3$; $T = 2 \times 3 + 2 = 8$

A1) No estudo, as doses de N variam de zero a 160 ppm; P varia entre zero e 600 ppm; e, K varia entre zero e 400 ppm. Os valores exatos de cada nível, para cada elemento, estão na Tabela 4.

TABELA 4 - Diferentes níveis (X_i) dos fatores N, P e K em ppm com suas respectivas doses codificadas e transformadas em mg dm⁻³ de solo, através do Delineamento Central Composto ortogonal.

X_i	ppm de N	ppm de P	ppm de K
-1,28	0	0	0
-1	17,5	65,6	43,75
0	80	300	200
1	142,5	534,4	356,25
1,28	160	600	400

Com essas doses codificadas e com as fontes de fertilizantes pode-se realizar por regra de três, a transformação de mg dm^{-3} do fator (nutriente) em g dm^{-3} , como verifica-se na Tabela 5. As fontes de fertilizantes utilizadas foram: Uréia P.A (NH_2CONH_2), Fosfato de potássio monobásico P.A (KH_2PO_4) e Cloreto de potássio P.A (KCl).

O fósforo e o potássio foram colocados no ato da instalação do experimento, sendo que o nitrogênio foi colocado em quatro épocas distintas: trinta, sessenta, setenta e cinco e noventa dias após a germinação.

Na Tabela 5, estão representadas as doses codificadas e transformadas em g dm^{-3} de solo, em casa de vegetação não climatizada.

TABELA 5 - Doses aplicadas/ vaso dos elementos N (Uréia), P (Fosfato de potássio monobásico) e K (Cloreto de potássio).

Obs.	Dose codificada			Dose aplicada / vaso (gramas)		
	N	P	K	N	P	*K
1	-1	-1	-1	0,24	0,87	0,25
2	-1	-1	1	0,24	0,87	2,04
3	-1	1	-1	0,24	7,05	0,25
4	-1	1	1	0,24	7,05	2,04
5	1	-1	-1	1,84	0,87	0,25
6	1	-1	1	1,84	0,87	2,04
7	1	1	-1	1,84	7,05	0,25
8	1	1	1	1,84	7,05	2,04
9	0	0	0	1,04	3,96	1,14
10	0	0	0	1,04	3,96	1,14
11	-1,28	0	0	0	3,96	1,14
12	1,28	0	0	2,04	3,96	1,14
13	0	-1,28	0	1,04	0	1,14
14	0	1,28	0	1,04	7,97	1,14
15	0	0	-1,28	1,04	3,96	0
16	0	0	1,28	1,04	3,96	2,29

* gramas de potássio é referente somente a KCl

3.6 Coleta dos dados

Após 120 dias foram medidos os diâmetros de colo e a altura das plantas. Para a aferição do diâmetro usou-se um paquímetro e para a altura, uma régua graduada. Em seguida as plantas foram seccionadas próximo à região do colo.

Para a separação das raízes do solo e para a coleta das mesmas, utilizou-se um conjunto de peneiras de 2,0 e 1,0 mm de diâmetro de orifício. O solo era peneirado e as raízes ficavam retidas nessas peneiras. Após a coleta das raízes, as mesmas eram lavadas e transferidas para o Laboratório de Ecologia pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria - RS.

O material amostrado foi seco em estufa à temperatura de 70 °C até atingir peso constante. Para a determinação da massa seca utilizou-se uma balança analítica de precisão de marca "Sartorius".

3.7 Análise Estatística

No estudo dos efeitos dos fatores e seus respectivos níveis sobre os parâmetros avaliados (altura, diâmetro do colo, massa seca aérea, massa seca radicular e massa total), aplicou-se a análise de Superfície de resposta com um nível de significância de 5%, cujo modelo foi: $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_2 X_2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \varepsilon$, permitindo identificar os pontos de inflexão e os coeficientes de determinação ajustados.

As doses de Máxima Eficiência Técnica (MET), foram estimadas algebricamente, a partir das equações de regressão. Calculou-se também o teste de homogeneidade das variâncias e o número de plantas necessárias por tratamento.

Para a avaliação das análises de variância, regressões, equações ajustadas foi utilizado o pacote estatístico "Software Científico - SOC/EMBRAPA".

Para a confecção dos gráficos foi utilizado o pacote estatístico Sigma Plot (Exact Graphs for Exact Science - 1997).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a execução do experimento a temperatura no interior da casa de vegetação não climatizada teve oscilações diárias bastante significativas, isto é, variaram desde 20 °C a 40 °C. Estas oscilações de temperatura juntamente com a variação da UR do ar contribuíram para o desenvolvimento do fungo Oídio. As plantas foram severamente atacadas, sendo que em algumas plantas houve desfolhamento, conseqüentemente um atraso no seu desenvolvimento.

4.1 A interação das doses N - P - K

Segundo as tabelas de Análise de variância (Anexos I, II, III, IV, V), constatou-se que para as variáveis dependentes em estudo, ou seja, Altura (H), Diâmetro (D), Massa seca aérea (MAS), Massa seca radicular (MSR) e Massa seca total (MST) não houve interação entre as doses N e K; P e K a nível de 5% de significância. Entretanto, as interações dos fatores N e P foram significativas para Massa seca aérea, Massa seca radicular e Massa seca total.

4.2 Superfície de resposta

Para a superfície de resposta estimada, determinou-se os valores de X_1 (N) e X_2 (P) que determinam o valor de Y. Através da equação ajustada $Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_2X_2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{12}X_1X_2 + \varepsilon$, procurou-se otimizar as combinações dos 5 níveis dos 2 fatores (NP).

Observa-se através da Tabela 6, as doses estimadas de N e P (X_c), também conhecido por Máxima Eficiência Técnica (MET). Essa MET é uma estimativa para a função de resposta com validade dentro dos limites de doses estudadas.

TABELA 6 - Equações ajustadas para Altura (H), Diâmetro do colo (D), Massa Seca Aérea (MSA), Massa Seca Radicular (MSR), Massa Seca Total (MST), seguidas de R² e da Máxima Eficiência Técnica (Xc).

Variáveis	Equação Ajustada	R ²	MET (Xc) (g/ planta)	
			N	P
H (cm)	$y = 18,2680 + 13,5824 N - 4,0893 N^2 + 2,8628 P - 0,3247 P^2 - 0,2377 NP$	0,61	1,55	3,84
D (mm)	$y = 0,1211 + 0,0787 N - 0,0177 N^2 + 0,0298 P - 0,0031 P^2 - 0,0032 NP$	0,17	1,88	3,83
MSA (g)	$y = -0,1600 + 1,4050 N - 0,2729 N^2 - 0,0910 NP + 0,4948 P - 0,0486 P^2 - 0,0910 NP$	0,23	2,04	3,18
MSR (g)	$y = 0,0116 + 0,2000 N - 0,0116 N^2 + 0,0768 P - 0,0039 P^2 - 0,0328 NP$	0,23	0,66	6,27
MST (g)	$y = -0,1501 + 1,6087 N - 0,2882 N^2 + 0,5733 P - 0,5270 P^2 - 0,1232 NP$	0,23	2,32	2,51

$$N \text{ (g dm}^{-3}\text{)} = (0 \text{ a } 2,04) \quad P \text{ (g dm}^{-3}\text{)} = (0 \text{ a } 7,97)$$

Na Tabela 6, verifica-se que 61% da variação das médias de altura são explicadas através da função, enquanto que para o diâmetro a função explica apenas 17%. Provavelmente a heterogeneidade das plantas, contribuiu para o baixo resultado de diâmetro.

Verifica-se também que o R² para a Massa seca aérea, Radicular e Total é de 0,23, ou seja, 23% da variação das médias são explicadas pelas doses de N e P aplicadas.

4.2/Altura

Para a variável altura da planta, verificou-se que as doses estimadas (X_c) encontram-se no intervalo de doses utilizadas, sendo que a estimativa do fósforo foi inferior à dose intermediária usada ($3,96 \text{ g dm}^{-3}$).

Na Tabela 7, são apresentados os valores estimados das alturas médias dos diferentes tratamentos.

TABELA 7 - Valores médios estimados das alturas médias (H) de *Acacia mearnsii* De Wild. dos diferentes tratamentos.

Tratamento	Dose (g/planta)		Altura (cm)
	N	P	
1	1,84	7,05	30,4
2	1,84	7,05	30,4
3	1,84	0,87	31,3
4	1,84	0,87	31,3
5	0,24	7,05	24,9
6	0,24	7,05	24,9
7	0,24	0,87	23,5
8	0,24	0,87	23,5
9	1,04	3,96	33,2
10	1,04	3,96	33,2
11	0	3,96	24,5
12	2,04	3,96	33,3
13	1,04	0	28,0
14	1,04	7,97	28,2
15	1,04	3,96	33,2
16	1,04	3,96	33,2

A partir da Tabela 7, verifica-se que os maiores valores das alturas médias foram obtidos com os tratamentos 9, 10, 12, 15 e 16. Com relação ao tratamento 12 que recebeu 1,0 g a mais de N, se comparado aos outros quatro tratamentos, a diferença em altura foi mínima. Entretanto, os cinco tratamentos receberam a mesma dose de fósforo ($3,96 \text{ g/planta}$). Todavia, quando o P for em excesso como no caso do tratamento 14 ou em falta como no tratamento 13, há uma forte redução da altura, porém, quando o P estiver em baixos teores, a planta o absorve com mais êxito. Na

análise química inicial do substrato utilizado, o fósforo era muito baixo ($4,8 \text{ mg L}^{-1}$), mesmo assim, o substrato do tratamento 13 ao final do experimento, apresentou apenas $1,7 \text{ mg L}^{-1}$ desse elemento, ou seja, $3,1 \text{ mg L}^{-1}$ de P. No caso do tratamento 14, o solo ao final do experimento apresentou uma quantidade alta de fósforo, 61 mg L^{-1} . Provavelmente a espécie tenha se beneficiado com mais facilidade, estando o mesmo contido em maior proporção na massa seca aérea ou radicular (o tecido vegetal será analisado posteriormente, não sendo possível discutir a análise do mesmo neste trabalho).

Segundo Bielecki apud FURTINI NETO et al. (1996), geralmente as plantas mal nutridas de P, retêm maior quantidade do elemento nas raízes ao invés de transportá-lo para a parte aérea.

Através da Tabela 7 verifica-se que a diferença entre a maior dose utilizada de N e a dose ideal (MET), $0,49 \text{ g}$ a mais deste nutriente foi aplicado. A altura entre os cinco tratamentos anteriormente citados revelam não haver grande diferença entre eles, mesmo tendo sido aplicado $1,0 \text{ g}$ de N a menos em relação ao melhor tratamento. No entanto, evidencia-se a nítida diferença entre tratamentos com relação ao elemento P, pois, no caso dos tratamentos 5 e 6 que receberam altas doses de P e os tratamentos 7 e 8 que receberam pequenas doses deste elemento, a diferença é mínima. Vê-se também que o tratamento 13 recebeu a dose zero de P e o tratamento 14 recebeu a maior dose de p ($7,97 \text{ g/ planta}$), não revelando grande diferença com relação aos tratamentos anteriormente citados. Isto nos demonstra que para a variável altura, os elementos N e P contribuem significativamente quando próximos a MET. Porém, quando o P apresenta-se em excesso ou em falta, há uma forte redução da altura. Fato este que revela a essencialidade desses nutrientes no metabolismo da planta.

De acordo com Poggiani et al. apud HAAG et al. (1983), quando o suprimento de P é limitado nas espécies de *Eucalyptus grandis*, *E. pellita*, *E. urophylla*, o maior transporte favorece o desenvolvimento da parte aérea e o estabelecimento das espécies. Quando é excessivo, o menor transporte do elemento impede a toxicidade.

Na figura 2, é mostrada a representação gráfica das alturas dos diferentes tratamentos em função das doses de N e P.

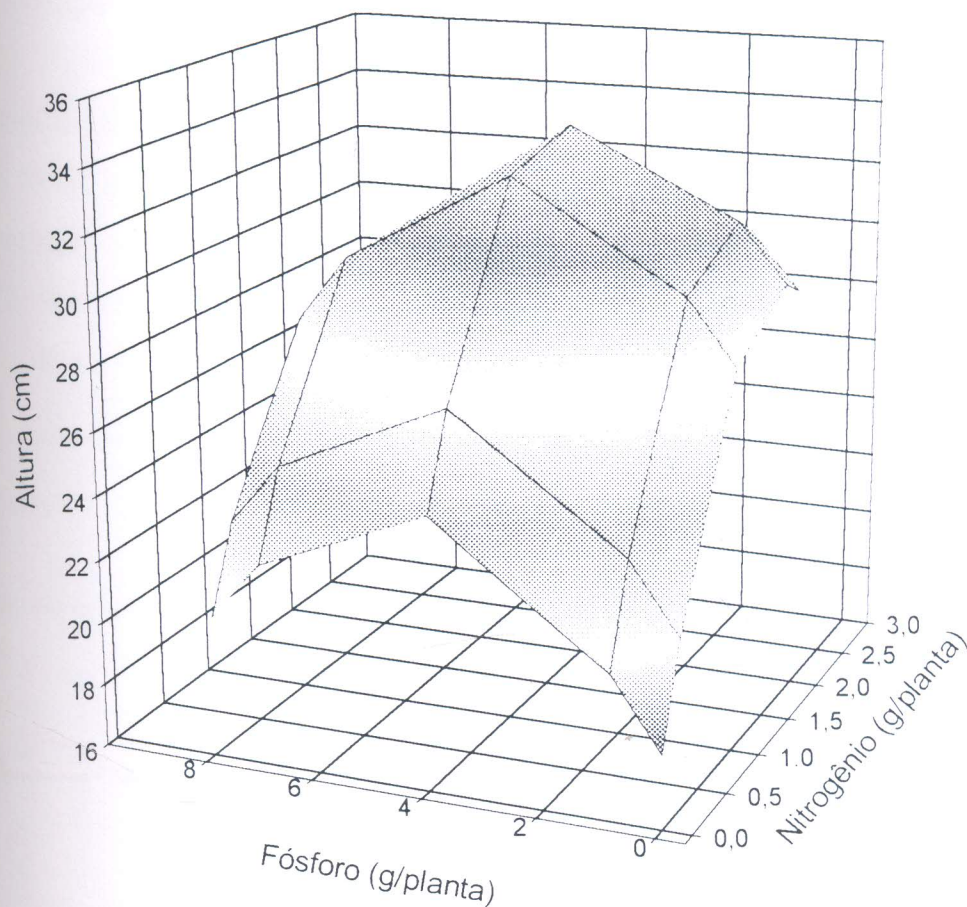


FIGURA 2 - Representação gráfica das alturas dos diferentes tratamentos em função das doses de N e P

O ponto mais acentuado refere-se ao melhor tratamento da interação N - P (T12), e o segundo mais acentuado aos tratamentos 9, 10, 15 e 16.

Pesquisas realizadas por OLIVEIRA et al. (1995) e FARIA et al. (1995), demonstraram que as espécies *Denizia excelsa* ducke e *Albizia lebbeck*. responderam positivamente em altura e massa seca, quando aplicado 0,65 g e 30 mg kg de P_2O_5 respectivamente.

DANIEL et al. (1997), determinaram a dose ideal para o equilíbrio entre biomassa radicular e aérea para *Acacia mangium*, como sendo igual a 400 g m^{-3} de P_2O_5 . Provavelmente a exigência da planta em relação ao P, acentuou de forma mais significativa no incremento em altura nestes 5 tratamentos.

4.2.2 Diâmetro

Conforme a Tabela 6, verifica-se que a otimização da dose de N para a variável diâmetro foi de 1,88 g/ planta, sendo necessário 0,33 g/ planta a mais do que a espécie necessitaria em relação a altura.

TABELA 8 - Valores médios do Diâmetro do colo (D), estimados através do modelo com diferentes doses de nitrogênio e fósforo.

Tratamento	Doses (g/planta)		Diâmetro (mm)
	N	P	
1	1,84	7,05	2,2
2	1,84	7,05	2,2
3	1,84	0,87	2,2
4	1,84	0,87	2,2
5	0,24	7,05	1,9
6	0,24	7,05	1,8
7	0,24	0,87	1,6
8	0,24	0,87	1,6
9	1,04	3,96	2,4
10	1,04	3,96	2,4
11	0	3,96	1,9
12	2,04	3,96	2,5
13	1,04	0	1,8
14	1,04	7,97	2,0
15	1,04	3,96	2,4
16	1,04	3,96	2,4
Xc	1,88 g	3,83 g	

Como podemos observar na Tabela 8, o diâmetro do colo das mudas que receberam diferentes doses de N e P, tiveram um incremento bastante diferenciado, isto é, tiveram uma amplitude de 0,9 mm. Entretanto os tratamentos que indicaram os melhores diâmetros, foram os mesmos da altura, ou seja, tratamentos 9, 10, 12, 15 e 16.

Nota-se que o incremento em diâmetro do colo da espécie foi baixa em relação a idade que possuía (120 dias).

Dados semelhantes em diâmetro do colo foram encontrados por CALDEIRA et al. (1998), aos 90 dias para essa espécie. Os diâmetros variaram de 1,0 a 2,6 mm, entretanto usaram diferentes doses de vermicomposto, em tubete e em casa de vegetação climatizada.

O diâmetro do colo para essa espécie apresentava-se bastante lignificado e com aspecto saudável, como pode ser observado na Figura 1 em anexo (B, C e D). Pesquisas demonstraram que há uma forte correlação entre o diâmetro do colo e a percentagem de sobrevivência de mudas após o plantio (Stoekeler & Slabauch apud MONTEIRO, 1990; Schubert & Adams apud CARNEIRO, 1983).

Na figura 3 estão representados graficamente os diâmetros médios referentes aos tratamentos 9, 10, 12, 15 e 16.

O ponto mais acentuado refere-se a dose extrapolada ($1,84 + 3,96 = 2,52$ mm). O segundo mais acentuado é referente ao melhor tratamento ($T_{12} = 2,51$ mm), e o terceiro ponto refere-se aos tratamentos 9, 10, 15 e 16.

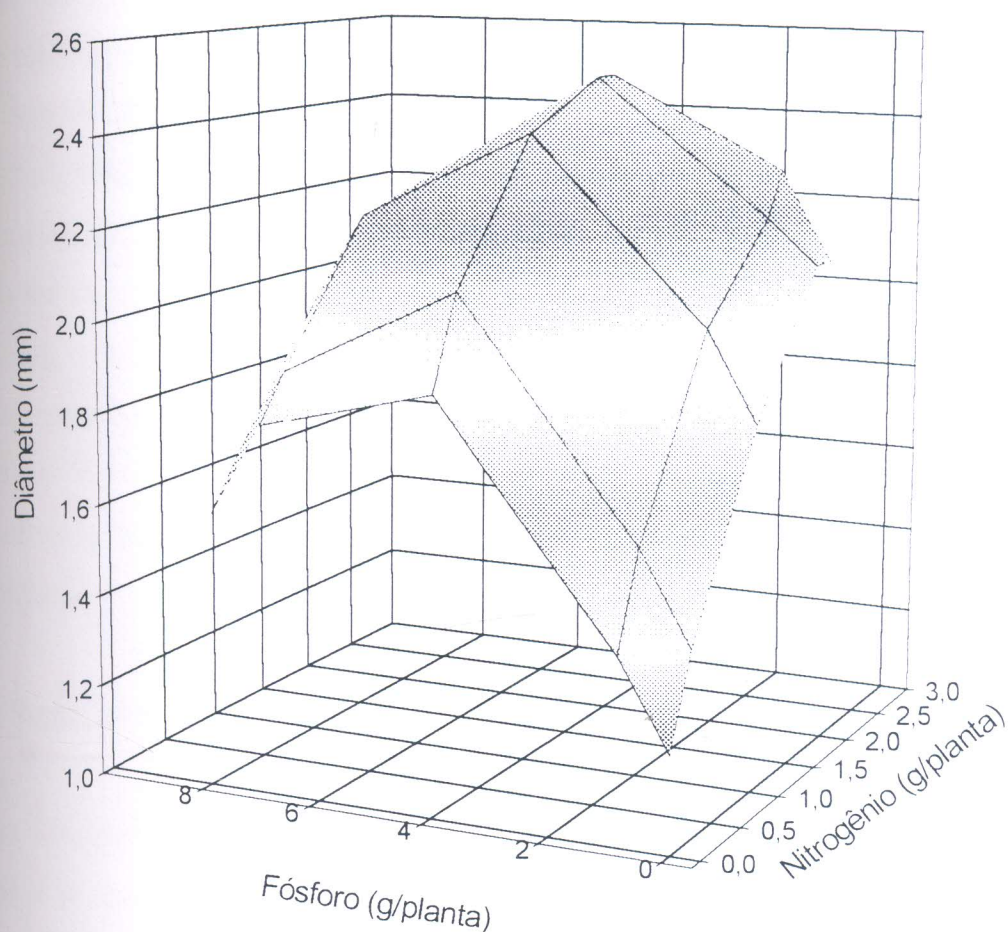


FIGURA 3- Representação gráfica do Incremento em Diâmetro em função de diferentes níveis de nitrogênio e fósforo.

Como o diâmetro é um dos parâmetros fundamentais na sobrevivência da muda a campo, provavelmente a espécie teria um bom desenvolvimento a campo. O diâmetro de colo geralmente é o parâmetro mais observado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo, bem como auxiliar na definição das doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas (Daniel et al., 1997).

As dosagens aplicadas de N para os tratamentos 9, 10, 15 e 16 foram inferiores ao que realmente necessitaria, entretanto para o melhor tratamento (T12) a dosagem aplicada foi superior. Todavia, a otimização para o P foi inferior a dose utilizada (Tabela 8).

Segundo CARDOSO et al. (1985), os melhores resultados em diâmetro do colo para a espécie Bracatinga, foram obtidos quando utilizaram a dosagem de 30 ppm de P (30 mg/dm³). O fósforo é fundamental para o desenvolvimento dessa espécie, tendo respostas significativas às dosagens crescentes deste elemento.

Para DANIEL et al. (1997), a partir de 400 g m⁻³ de P₂O₅ em *Acacia mangium*, a relação entre a parte radicular e aérea (0,50) mostrou um bom diâmetro, padrão para a produção de mudas de qualidade, bem como a dose ideal de P para o equilíbrio entre biomassa de raízes e parte aérea.

De acordo com FARIA et al. (1995), a *Acacia mangium* mostrou um crescimento inicial eficiente, quando utilizada a adubação nitrogenada em relação à inoculação com rizóbio.

4.2.3 - Massa seca aérea

Para a variável massa seca aérea, a otimização dos fatores mostrou que a dose ideal de N foi igual a 2,04 g/ planta, o que indica ser esta ideal, pois a maior dose usada foi exatamente 2,04. Entretanto, a otimização de fósforo indicou 3,18 g/ planta, encontrando-se na faixa da dose intermediária usada (3,96 g/ planta), porém as mudas receberam 0,78 gramas a mais do que necessitaria.

Na Tabela 9, são dados os valores estimados da massa seca aérea dos diferentes tratamentos.

TABELA 9 - Valores estimados de Massa Seca Aérea (MSA) com diferentes doses de nitrogênio e fósforo.

Tratamento	Doses (g/planta)		Massa Seca Aérea (g/planta)
	N	P	
1	1,84	7,05	1,39
2	1,84	7,05	1,39
3	1,84	0,87	1,75
4	1,84	0,87	1,75
5	0,24	7,05	1,08
6	0,24	7,05	1,08
7	0,24	0,87	0,54
8	0,24	0,87	0,54
9	1,04	3,96	1,83
10	1,04	3,96	1,83
11	0	3,96	1,04
12	2,04	3,96	2,03
13	1,04	0	1,0
14	1,04	7,97	1,11
15	1,04	3,96	1,83
16	1,04	3,96	1,83
	Xc = 2,04	3,18	

Através da Tabela 9, observa-se que os maiores valores de massa seca aérea foram obtidos com os tratamentos 9, 10, 12, 15 e 16. As doses de N e P aplicadas para esses tratamentos foram 1,04 g e 3,96 g respectivamente. Mas, para o tratamento 12 a dose de N foi 2,04 e a de P, 3,96g/ planta.

Na Figura 4 pode-se observar que a combinação das doses extrapoladas (1,84 + 3,96 g/ planta) teve uma produção de 2,03 g/ planta. Esse valor foi igual a combinação das doses de N e P usadas (2,04 e 3,96 g/ planta), ou seja, proporcionaram maior produção de massa seca aérea. Essa combinação é referente ao tratamento 12 (ponto mais acentuado).

Verifica-se também através da Figura 4, que em terceiro lugar vem a combinação de 1,04 g de N + 3,96 g de P referente aos tratamentos 9, 10, 15 e 16. A tendência é

que se tenha uma produção maior, quando utilizadas doses maiores em relação às doses intermediárias utilizadas (1,04 g de N + 3,96 g de P).

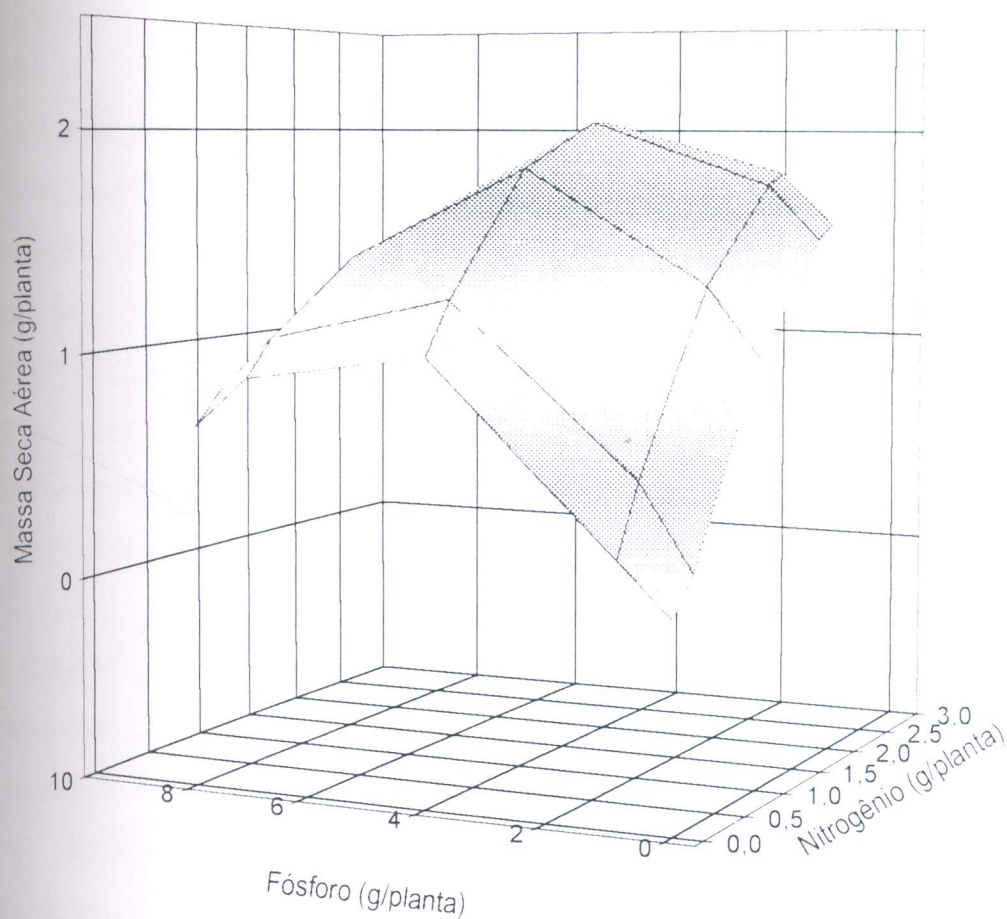


FIGURA 4 - Representação gráfica da produção de massa seca aérea em função de diferentes níveis de nitrogênio e fósforo.

A parte aérea da planta necessita mais de N para os seus processos vitais, sendo que a fotossíntese é intensa nesta região, conseqüentemente necessita de uma dose adequada deste elemento.

A espécie não foi inoculada com estirpe de *Rhizobium*. Porém, a fixação de N via aérea em alguns tratamentos indicou alguns nódulos e em outros tratamentos nenhum nódulo. Provavelmente a espécie utilizou o N disponível no solo, ou seja, beneficiou-se do N que lhe foi fornecido. Também poderia ter ocorrido que as plantas de alguns tratamentos que receberam as menores doses de N e P, tais como os tratamentos 7 e 8, sentiram a necessidade de N e passaram a produzir alguns nódulos.

Concentrações entre 0,5 a 1 mg de N/ planta/ dia estimulam a nodulação; mas concentrações médias a altas de uréia, NO_3^- , NH_3 etc. são prejudiciais tanto ao crescimento do nódulo quanto à atividade da nitrogenase (FRANCO, 1982). Segundo o mesmo autor, o nitrato pode diminuir a produção de pêlos absorventes, e vários autores afirmam que o nitrato ou nitrito pode ser a causa da destruição do Ácido Indol Acético (AIA), necessário ao processo de infecção.

Também baixas concentrações de nitrato (dependendo da planta), podem inibir ou estimular a nodulação (Dart; Vincent apud FRANCO, 1982).

FARIA et al. (1995), obtiveram maior produção de massa seca aérea com a aplicação de 30 mg kg de fósforo com *Albizia lebbbeck*. Todavia, o teor e o acúmulo de N nas mudas inoculadas com *Rhizobium* proporcionaram a simbiose, bem como o fornecimento de N às mudas de forma adequada. Porém, a adubação nitrogenada proporcionou maior produção de matéria seca e maior acúmulo de N na biomassa.

No caso da massa seca aérea o tratamento 12 que recebeu 2,04 e 3,96 g/ planta de N e P respectivamente, mostrou maior produção (2,03 g/planta), seguida dos tratamentos (9, 10, 15 e 16) com 1,83 g/ planta respectivamente. Os tratamentos 3 e 4 tiveram uma produção de 1,74 g/ planta respectivamente, e os tratamentos 1 e 2 com 1,39 g/planta. Esses valores indicam que para os tratamentos 1 e 2, a dose de fósforo foi mais que o dobro do que na real necessitaria e a de N, foi inferior. Mas, o contrário ocorreu com os tratamentos 3 e 4 que a dosagem utilizada foi muito inferior. Mesmo assim, a produção dos tratamentos 9, 10, 15 e 16 com 1,83 g/ planta (Tabela 9).

Isto nos leva a crer que a espécie já responde ao fósforo mesmo em pequenas quantidades, mostrando que à medida que se aproxima de doses maiores, há uma

diminuição considerável de matéria seca como pode ser visto na Tabela 9, anteriormente apresentada.

De acordo com Thompson apud NOLLA (1982), a aplicação de P na solução do solo, mesmo sendo baixa, as plantas podem ter um bom desenvolvimento, mas estas aplicações deverão ser contínuas, pois a planta faz uso do que lhe é colocado à disposição.

SILVEIRA et al. (1995), encontraram para 2 clones de Eucaliptos a necessidade de 26 mg de N e 1,4 mg de P para a produção de 1 g de massa seca. Na ausência de N, DUBOC et al. (1996), encontraram um crescimento relativo de 80% em massa seca aérea em Jatobá.

A produção de massa seca aérea aos 120 dias foi baixa. Provavelmente, as condições climáticas desfavoráveis (Tabela 1), tenham interferido na produção em massa seca aérea, visto que os dias nublados se destacaram em relação aos dias ensolarados. As temperaturas na maioria dos dias ensolarados eram intensas, ocasionando uma evapotranspiração intensa, chegando a perder mais de 200 ml/ dia de água em cada vaso. Assim, o vegetal sofreu interferência em seus processos metabólicos e na taxa fotossintética ocasionando forte redução de crescimento aéreo e como conseqüência redução de massa seca aérea. No entanto, pesquisando a espécie *Acacia mearnsii* por 90 dias em casa de vegetação, CALDEIRA et al. (1998), determinaram uma produção média de biomassa aérea que variou de 2,23 a 4,17 g/ planta.

4.2.4 Massa seca radicular

No caso da massa seca radicular, a otimização dos fatores para uma boa produção foi 0,66 g/ planta de N e 6,27 g de P/ planta. Os tratamentos que melhores resultados apresentaram foram: tratamentos 3, 4, 5, 6 e 12 com 0,35 g/ planta respectivamente, seguidos dos tratamentos 9, 10, 15 e 16 com 0,31 g/ planta.

Na Tabela 10, são dados os valores estimados de massa seca radicular em função de diferentes doses de N e P.

TABELA 10 - Valores médios estimados em Massa Seca Radicular (MSR) em função de diferentes doses de nitrogênio e fósforo.

Tratamento.	Doses (g/planta)		Massa Seca Radicular (g/ planta)
	N	P	
1	1,84	7,05	0,26
2	1,84	7,05	0,26
3	1,84	0,87	0,35
4	1,84	0,87	0,35
5	0,24	7,05	0,35
6	0,24	7,05	0,35
7	0,24	0,87	0,12
8	0,24	0,87	0,12
9	1,04	3,96	0,31
10	1,04	3,96	0,31
11	0	3,96	0,25
12	2,04	3,96	0,35
13	1,04	0	0,21
14	1,04	7,97	0,30
15	1,04	3,96	0,31
16	1,04	3,96	0,31
Xc	0,66	6,27	

Neste caso, a otimização das doses de N e P revelou que para a produção de massa seca radicular, a espécie exige pouco N (0,66 g/planta), sendo que os tratamentos 5 e 6 receberam apenas 0,24 g/planta desse elemento e os tratamentos 3 e 4 receberam 1,84 g/planta, dose alta se comparada aos tratamentos citados. Contudo, os tratamentos 14, 15 e 16 também receberam doses altas de N, 1,04 g/planta (Tabela 10).

Verifica-se que os tratamentos 5 e 6 receberam 7,05 g de P/planta, doses superiores à dose otimizada, enquanto que os tratamentos 3 e 4 receberam 0,87 g de P/planta, 5,4 g a menos do que seria o ideal. Esses quatro tratamentos (3, 4, 5 e 6) apresentaram os mesmos valores de Massa seca radicular (MSR). Mas, os tratamentos 9, 10, 15 e 16, receberam 2,31 g de P/planta a menos do que o ideal. Tiveram sua produção muito próxima aos outros tratamentos, com exceção do

tratamento 14 que recebeu 7,97 g de P/planta, revelando uma pequena queda na produção em relação aos tratamentos 9, 10, 15 e 16.

Isto mostra que esse elemento é necessário para a produção do sistema radicular, mas a planta possui um limite, revelando um melhor aproveitamento em caso de dosagens baixas em relação às dosagens altas.

NACHTIGAL et al. (1994), obtiveram efeito linear na produção de massa seca aérea e radicular em mudas de Goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana* Berg), com o uso de P.

Para a massa seca radicular, a otimização para o N é igual a 0,66 g/ planta, mostrando ser bem inferior à dose intermediária usada (1,04 g/ planta), enquanto que o fósforo aproximou-se da dose 7,05 g/planta.

Na Figura 5 visualiza-se a produção de massa seca radicular. A Figura mostra que os extremos são os melhores, ou seja, as combinações de N e P (0 de N + 7,97 de P; 2,04 de N + 0,87 g de P com produção de 0,38 g/ planta).

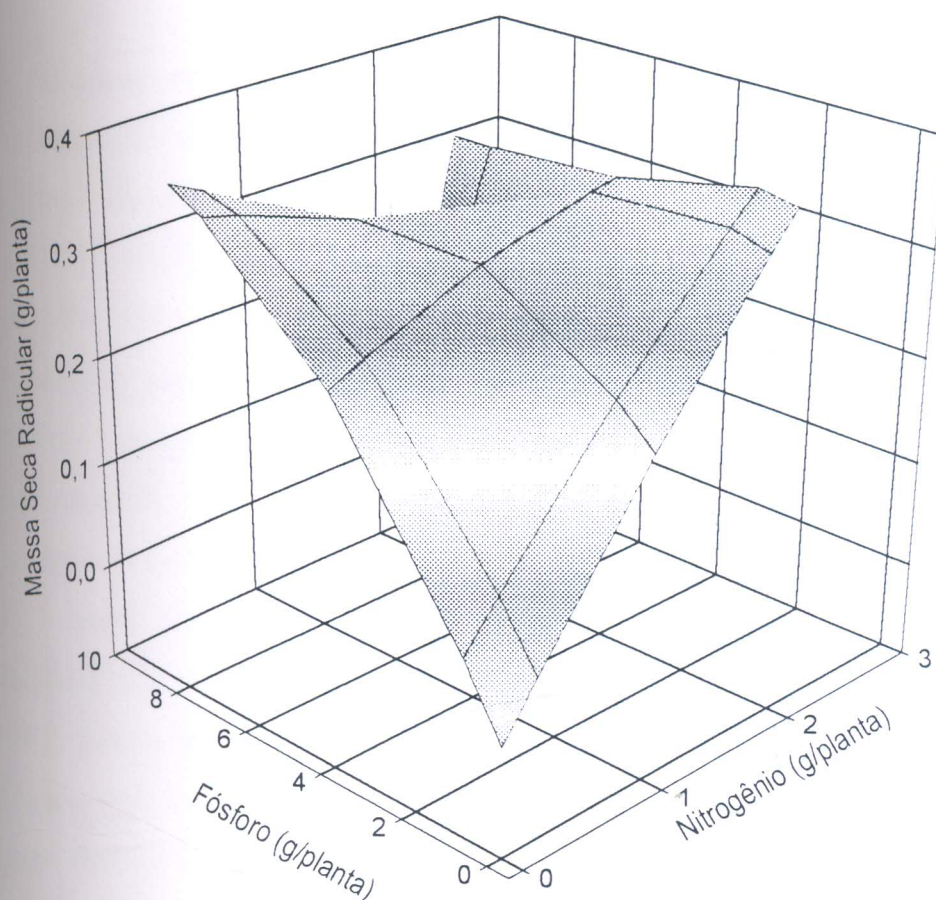


FIGURA 5 - Representação gráfica da produção de massa seca radicular em função de diferentes doses de nitrogênio e fósforo.

Neste caso o sistema radicular demonstrou que o elemento fósforo é essencial para o seu desenvolvimento, enquanto que o N é mais exigido na parte aérea.

Deve-se considerar também que havia disponibilidade de fósforo para o sistema radicular em todo volume de solo, podendo absorvê-lo com eficácia, aliado a capacidade inerente que a espécie possui para desenvolver o sistema radicular.

Como pode ser visto na Tabela 10 anteriormente apresentada, a massa seca radicular representa uma pequena fração em relação aos outros componentes. A planta, quando possui um sistema radicular abundante, viçoso, saudável, características que visualmente demonstram que a planta terá maior condição de sobrevivência e crescimento a campo, certamente responderá de forma muito significativa. Evidentemente que a espécie, já possui características inerentes para que isso ocorra, por outro lado, fatores edafoclimáticos contribuem para que a espécie se desenvolva com maior êxito.

A cultura de *Acacia mearnsii* é cultivada em solos geralmente pobres, principalmente deficientes em P. Como essa espécie é pouco estudada no País e no Estado, fica difícil concluirmos a respeito desse assunto. Mas, um estudo realizado por CALDEIRA et al. (1998), em casa de vegetação climatizada, com substrato e época diferentes, porém com a mesma espécie, sementes do mesmo lote, e com a mesma procedência mostrou um sistema radicular abundante, viçoso, com aspecto bem nutrido e com associação simbiótica por *Rhizobium* bem avançada. A massa seca radicular média variou de 2,08 a 3,78 g/ planta aos 90 dias de idade, sendo muito superior em relação aos dados deste trabalho.

O sistema radicular contribui muito pouco para a massa seca total. Contudo, os resultados referentes a essa variável concordam com os obtidos por CARNEIRO (1995), que se refere ao peso da matéria seca das raízes como um valor muito pequeno, possuindo um grande número de pêlos absorventes (valor do seu peso quase desprezível), tendo essa uma grande importância na sobrevivência e crescimento, devendo-se dar ênfase a importância das raízes fisiologicamente ativas, comparadas aos parâmetros morfológicos.

4.2.5 Massa seca total

A massa seca total, apresentou uma otimização de 2,30 g de N/planta e 2,51 g de P/ planta respectivamente. A otimização do N mostrou ser superior à dose máxima usada (2,04 g/ planta), o que indica ser necessário a aplicação de mais N para satisfazer as necessidades da planta, conseqüentemente uma produção de massa seca total adequada.

Na Tabela 11 são dados os valores estimados de massa seca total em função de diferentes doses de N e P

O tratamento 12 revelou ser o melhor, apresentando um valor médio de 2,38 g de massa seca/ planta, seguido dos tratamentos 9, 10, 15 e 16 que apresentaram 2,15 g/ planta respectivamente, e os 3 e 4 com 2,09 g/planta.

TABELA 11 - Valores estimados em massa seca total (MST) em função de diferentes doses de nitrogênio e fósforo.

Tratamento.	Doses (g/ planta)		Massa Seca Total (g/planta)
	N	P	
1	1,84	7,05	1,66
2	1,84	7,05	1,66
3	1,84	0,87	2,09
4	1,84	0,87	2,09
5	0,24	7,05	1,43
6	0,24	7,05	1,43
7	0,24	0,87	0,65
8	0,24	0,87	0,65
9	1,04	3,96	2,15
10	1,04	3,96	2,15
11	0	3,96	1,29
12	2,04	3,96	2,38
13	1,04	0	2,15
14	1,04	7,97	1,41
15	1,04	3,96	2,14
16	1,04	3,96	2,14
Xc	2,32	2,51	
Limite máx.	(0 - 2,04)	(0 - 7,05)	

Quanto a esta variável, nota-se que o tratamento 13 não mostrou destaque em termos de produção, em relação às outras variáveis, sendo que este apresentou 2,15 g/ planta, igualando-se aos tratamentos 9, 10, 15 e 16. Este fato revela que a espécie produziu mesmo sem a aplicação de fósforo, indicando que esse mesmo foi suprido com o que existia no substrato, apenas 4,8 mg L⁻¹, considerado baixo.

Nota-se que para a produção de massa seca total, a otimização da dose de N saiu dos limites estudados. Todavia, a diferença não é tão superior à máxima dose utilizada, mas revela que para um novo estudo deve-se utilizar doses mais próximas, e que as doses de fósforo utilizadas para essa variável estiveram muito distantes da estimativa de dose máxima.

Na Figura 6 pode-se visualizar a massa seca total, em função das diferentes combinações de N e P.

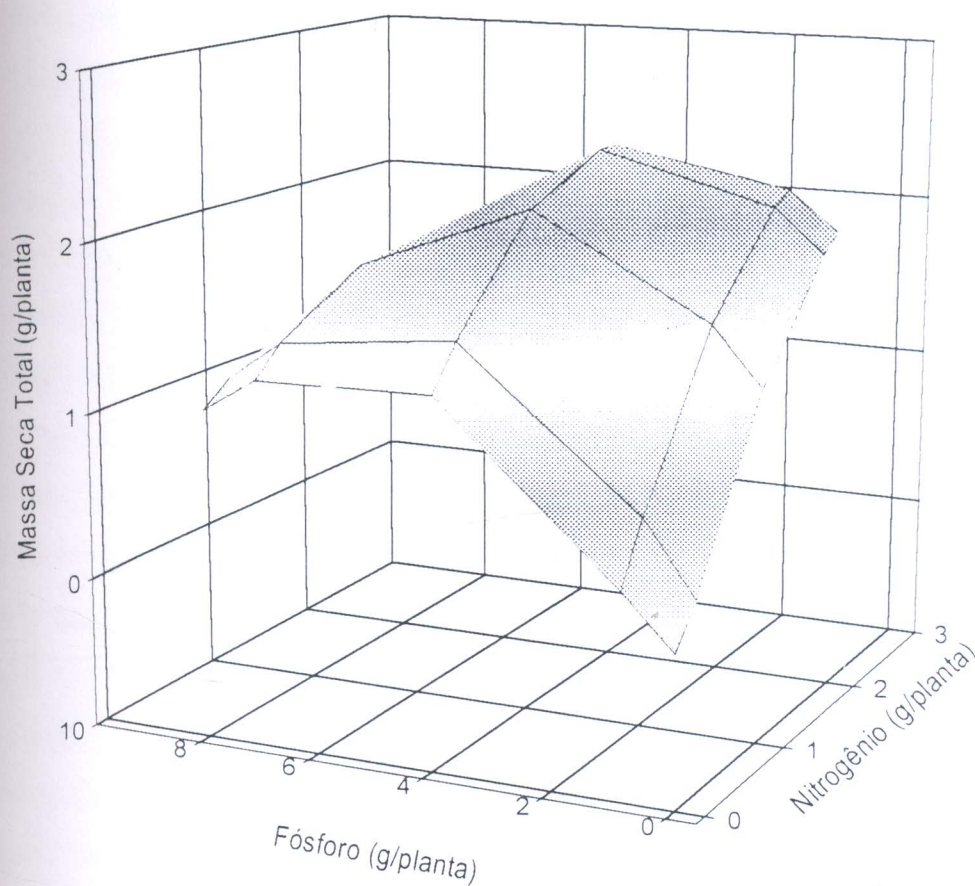


FIGURA 6 - Representação gráfica da produção de massa seca total em função da combinação de doses de nitrogênio e fósforo

Através do gráfico nota-se que 1,84 g de N + 3,96g de P (dose extrapolada), e 2,04 g de N + 3,96 g de P (doses utilizadas), revelaram maior produção, ou seja, 2,38 g/ planta (pontos mais acentuados).

CARDOSO et al. (1985), obtiveram melhor relação de peso seco radicular e peso seco aéreo para Bracatinga com a aplicação de 46 e 30 ppm de fósforo respectivamente.

Também, analisando os tratamentos 1 e 2, a dosagem de fósforo foi superior ao necessário, apresentando $D=2,2$ mm (Tabela 11), o que provavelmente devido ao excesso a planta não o tenha absorvido satisfatoriamente, ou esse mesmo tenha sido retido pelos minerais de argila, não tornando-o completamente disponível. Uma parte do P, após algum tempo transforma-se em uma forma não disponível (fixado), e a fração que se encontra adsorvida, que é reversível, é liberada de forma muito lenta em comparação aos cátions trocáveis (TOMÉ Jr, 1997). Buckman & Brady apud NOLLA (1982), dizem que mesmo a maioria do P assimilável colocado no solo como adubo fosfatado, insolubiliza-se e aproximadamente 20% deste é aproveitável pela planta. O restante passa rapidamente para formas não assimiláveis, e quantidades de 10 a 20 kg/ ha aproximadamente são aproveitados pelas plantas.

Os tratamentos 3 e 4 que receberam 0,87 g de P/ planta apresentaram os mesmos valores, o que pode indicar que a dosagem mesmo sendo menor, a planta responde de forma satisfatória, muito mais que o excesso deste, podendo ter resultados significativos se usado próximo a dose ideal. A espécie revela que esse elemento é fundamental para alguns parâmetros como altura, diâmetro, massa seca aérea.

Através da Tabela 6, pode-se observar que apenas 23% da variação na massa seca radicular e da massa seca total são explicadas pelas doses de N e p, revelando que mesmo o resultado sendo baixo, é significativo. Mas, não poderíamos deixar de levar em consideração que a heterogeneidade das plantas, relacionados a outros fatores contribuíram para esses resultados. Porém, os resultados poderiam chegar a um valor máximo se também as condições climáticas tivessem sido favoráveis, e conseqüentemente os elementos N e P teriam sido absorvidos com maior eficiência.

Isto não quer dizer que a espécie não tenha feito uso desses mesmos com êxito, mas, outros fatores também contribuíram, entre eles: mudanças bruscas diárias de temperatura, radiação, vento Norte e diferentes dosagens aplicadas dos elementos (N e P), fizeram com que o vegetal não correspondesse a um ótimo de massa seca.

Verifica-se que a produção em massa seca total foi muito baixa se comparado a idade de 120 dias. Resultados de biomassa total revelados por CALDEIRA et al. (1998), para a mesma espécie, substrato diferente e em casa de vegetação

climatizada, atingiu valores médios que variaram de 4,30 a 7,85 g/ planta. Uma produção muito superior ao que foi encontrado neste experimento.

Segundo GONÇALVES et al. (1998), pesquisando a nutrição de *Inga marginata*, revelou que o N aumentou o peso e o número de nódulos, bem como a altura da planta e diâmetro colo.

Sabemos que a campo ou mesmo em viveiro a espécie fixa N através do *Rhizobium*, e por isso muitos autores revelam que não é necessária a aplicação de N, mas, em viveiro a aplicação faz-se necessária sob o ponto de vista que o substrato utilizado geralmente não possui as estirpes de *Rhizobium* adequado para a espécie, a não ser que esse mesmo seja inoculado na semente.

O P é muito importante na fase inicial da muda, visto que esse mesmo contribui de forma significativa nos processos metabólicos da planta e principalmente atua no desenvolvimento radicular, fator de extrema importância para o estabelecimento e sobrevivência da planta a campo.

4.3 Teste da homogeneidade das variâncias

Para cada uma das variáveis, foi calculada a variância entre as oito repetições de cada tratamento. Na hipótese de que os 16 variâncias, com sete graus de liberdade cada uma, fossem homogêneas, foi aplicado o teste de Bartlett (Steel e Torrie, 1960). Na Tabela 12 observa-se o resultado deste teste.

Para as variáveis MSA, MSR e MST as variâncias dos erros entre tratamentos são heterogêneas, causando falha na pressuposição dos testes de hipótese. Para alguns tratamentos a variância foi maior, isto é, dependendo das doses de N, P, a massa seca (Aérea, Radicular e Total) tem maior variação. Este fato pode ser o motivo dos baixos valores nos coeficientes de determinação da Superfície resposta.

TABELA 12 - Análise da homogeneidade das variâncias entre os tratamentos, calculado pelo teste de Bartlett.

Tratamentos		Variâncias					Gl
N	P	Altura	Diâmetro	Massa seca aérea	Massa seca radicular	Massa seca total	
0	3,96	84,7707	0,0047	0,2593	0,0021	0,2914	7
0,24	0,87	26,9892	0,0015	0,1398	0,0053	0,1771	15
0,24	7,05	109,8493	0,0062	0,8614	0,0438	1,1863	15
1,04	0	28,1123	0,0011	0,2798	0,0029	0,3142	7
1,04	3,96	85,7624	0,0052	1,0393	0,0204	1,2819	31
1,04	7,97	70,9992	0,0017	0,3850	0,0070	0,4827	7
1,84	0,87	45,9860	0,0026	0,9520	0,0409	1,2197	15
1,84	7,05	121,1254	0,0066	0,8438	0,0103	0,9712	15
2,04	3,96	48,2830	0,0066	*1,5627	*0,0384	*1,9597	7

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade da distribuição χ^2

É provável que devido as diferentes variabilidades dentro das parcelas, as mesmas também sejam diferentes entre as parcelas que possuem diferentes tratamentos, conseqüentemente a estimativa do efeito do tratamento pode ser afetada.

4.3.1 Número de plantas necessárias por tratamento

Quando o número de Unidades amostrais é pequeno, a variabilidade entre as médias é maior. À medida que aumenta o tamanho das unidades experimentais, a produção em massa seca aumenta, de forma mais homogênea, fazendo com que as estimativas tenda a um resultado mais preciso. Assim, a precisão do experimento pode ser adquirida, aumentando-se o número de repetições.

Através da fórmula $n = t^2 \times CV^2 / D^2$, calculou-se o número de plantas necessárias para cada tratamento. Onde: n = tamanho da amostra; t = valor tabelado em nível de

5%; CV = Coeficiente de variação; D = Semi amplitude do Intervalo de confiança (IC) em % da média.

Normalmente, a precisão em experimentos a campo é obtida através de 4 a 8 repetições. Mas, verifica-se que para esse experimento em casa de vegetação, 8 repetições por tratamento para MSA, MSR e MST não foram suficientes.

Pode-se ver através da tabela 13 que o número de plantas necessárias para essas variáveis são 39, 27 e 34 respectivamente.

TABELA 13 - Tamanho da amostra necessária para cada tratamento.

Variáveis	GI do QME	Semi amplitude do IC 95%	
		10%	20%
H	112	33	8
D	112	37	9
MSA	112	157	39
MSR	112	109	27
MST	112	136	34

Através de alguns procedimentos tais como: escolha do material experimental, seleção das Unidades amostrais, seleção dos tratamentos, aumento do número de repetições, agrupamentos das unidades experimentais, técnicas mais refinadas, pode-se aumentar a precisão (BANZATO & KRONKA, 1995). Todavia, entende-se que a necessidade de um material mais homogêneo faz-se necessário, por outro lado, esse material utilizado reflete a realidade do meio empresarial no Estado, pois esse mesmo é usado na prática para a formação de florestas homogêneas de Acácia, que tem principalmente a finalidade de extração do tanino, usado para curtir couro. A heterogeneidade dos fatores ambientais determina o desenvolvimento das árvores à medida que aumenta a área de referência, incluindo-se as variações de sítio, assim, quanto menor a unidade amostral, menor será a variação interna e maior a variação entre as Unidades e experimentais (Loetsch apud PÉLLICO NETTO & BRENA, 1993).

Desta maneira, esse estudo indicou que o número de repetições por tratamento para as variáveis já mencionadas é alto. Considerando que este estudo de nutrição realizado em casa de vegetação necessita ser repetido a campo, o custo deverá ser alto, bem como o dispêndio de tempo. Isto quer dizer que para obter uma precisão de 20% em torno da média, ou seja, para que haja diferença entre duas médias de Massa Seca Aérea será necessárias 624 plantas, Massa Seca Radicular 432 plantas, enquanto que para a Massa Seca Total seriam necessárias 544 plantas. No caso de 10% vê-se que esse número aumentaria muito. Para a variável altura, o número de 8 plantas utilizadas, indicou ser suficiente, mas, para o diâmetro o número de plantas ficou em nove, dezesseis plantas a mais deveriam ser usadas para obter um bom resultado.

4.4 CONSIDERAÇÕES

Para que se possa chegar a uma conclusão definitiva sobre a nutrição da espécie em questão, será necessário um estudo mais aprofundado, de forma que envolvam as questões não respondidas e que serão de grande utilidade para o manejo da espécie em viveiro e a campo.

Para que a pesquisa tome outros rumos, será necessário averiguar:

O desenvolvimento e a arquitetura do sistema radicular, visto que a espécie apresentou um sistema radicular bastante frágil, o que pode ser um indicativo de deficiência nutricional.

Repetir o experimento em casa de vegetação e a campo com doses próximas a MET.

Estudar os macro e micronutrientes ao mesmo tempo, principalmente os micronutrientes que as leguminosas necessitam para a nodulação.

Nos próximos estudos, usar o mesmo delineamento, porém com maior número de plantas por tratamento.

Estudar a nutrição da espécie usando as melhores doses de N e P encontradas neste trabalho, variando-se apenas as dosagens de potássio.

5 CONCLUSÕES

A interação entre nitrogênio e fósforo foi significativa para as variáveis Massa seca aérea, Radicular e Total.

As melhores combinações de N e P para as variável altura (H) são: 1,55 g de N/planta + 3,84 g de P/planta.

Para a variável diâmetro (D), as combinações mais significativas de N e P são: g de N/planta + 3,83 g de P/planta.

Para a Massa seca aérea (MSA), as melhores combinações de N e P são: 2,04 g de N/planta + 3,18 g de P/planta.

As melhores combinações de N e P para Massa seca radicular (MSR) são: 0,66 g de N/planta + 6,27 g de P/planta.

Para a variável Massa seca total, as melhores combinações de N e P são: 2,32 g de N/planta + 2,51 g de P/planta.

O elemento potássio não apresentou nenhum efeito e nem interação como o N e P para as variáveis estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, T. A. de. Florestas privadas implantadas. In: SEMINÁRIO SOBRE A SITUAÇÃO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL, 1. 1991. Anais... Santa Maria: UFSM/ CEPEF/ FATEC: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Rio grande do Sul, 1991. P. 16-20, 179p.
- BALIEIRO, F. de. C., OLIVEIRA, I. G., DIAS, E. Formação de mudas de *Acacia holocericea* : resposta à calagem, fósforo, potássio e enxofre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa - MG. Anais... Porto Alegre, 1995. p. 830-832.
- BANZATO, D. A., KRONKA, S. DO N. Experimentação agrícola. 3.ed. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 1995. 247 p.
- BARROS, N. F., NOVAIS, R. F. de. Relação solo - eucalipto. Viçosa. Ed. Folha de Viçosa, 1990. 330 p.
- BINKLEY, D. Nutrición forestal: prácticas de manejo. México: Limusa, 1993.
- BORSATO, J., RAVEN, V., GONÇALVES, A. B. B. Adubação fundamental em *Acacia* (*Acacia mearnsii* DE WILD.). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982 Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1982 p. 189-191.
- BRADY, N. C. Natureza e propriedades dos solos. 7. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 898 p.

CALDEIRA, M. V. W., SCHUMACHER, M. V., TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* De Wild. em função de diferentes doses de vermicomposto. IPEF, Piracicaba, 1998. (no prelo).

CALDEIRA, M. V. W. Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). Santa Maria-RS: UFSM, 1998. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, 1998.

CARDOSO, D. J., DURIGAN, M. E., SANQUETTA, C. R. et al. Comportamento da Bracacatinga (*Mimosa scabrella* Benth) sob cinco níveis de fósforo - informe preliminar. Floresta. v.15. n.1- 2, 1985.

CARNEIRO, J. G DE A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF/UENF, 1995. 451 p.

_____. Variações na metodologia de produção de mudas florestais que afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam sua qualidade. Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1983. 40. (FUPEF, Série Técnica, 12).

CERETTA, C. A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia/milho, no sistema plantio direto. In: curso de atualização e recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 130 p.

_____. Fracionamento de N orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos de solo em sistemas de cultura sob plantio direto. Porto Alegre: UFRGS,

- Faculdade de Agronomia. 127f. (Tese Doutorado em Ciências do Solo).
Universidade federal do Rio Grande do Sul, 1995.
- COSTA FILHO, T. da. Crescimento de mudas de aroeira (*Astronium urundeuva* (FR. ALL. ENGL.) em resposta à calagem, fósforo e potássio. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. Anais ... São Paulo: Instituto Florestal, 1992.
- DANIEL, O., VITORINO, A. C. T., ALOVISI, A. A. et al. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. Revista Árvore, Viçosa, v.21, n.2, p. 163-168, 1997.
- DUBOC, E., VENTURIN, N., VALE, F. R. do, et al. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Óleo Copaiba). Cerne, v.2, n.2, p. 31-47, 1996a.
- DUBOC, E., VENTURIN, N., VALE, F. R. do. et al. Nutrição do Jatobá (*Himeneae courarii* L. var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. Cerne, v.2, n.1, p. 138-152, 1996b.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina. Curitiba, 1988. 113 p. (EMBRAPA - CNPF - Documentos, 21).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Zoneamento para plantios florestais no Estado d Paraná. Brasília: EMBRAPA - DDT., 1986. 89 p. (EMBRAPA - CNPF - Documentos, 17).
- _____. Manual e métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, v.1.1979. (EMBRAPA - SNLCS).
- EPSTEIN, M. Nutrição mineral das plantas. Rio de Janeiro: Universidade de São Paulo, 1975. 340 p.

- FARIA, M. P. de., SIQUEIRA, J. O., VALE, F. R. do, et al. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo Micorrízico e Rizóbio. I. *Albizia lebbbeck* (L.) BENTH. Revista Árvore, Viçosa, v.19, n.3, p. 293-307, 1995.
- FERREIRA, C. A., BELLOTE, A.F.J., SILVA, H.D. Concentração de nutrientes minerais no lenho de *Eucalyptus saligna* e sua relação com a aplicação de fertilizantes. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., e CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: 1993. p.227 - 31.
- FERRI, M. G. Fisiologia vegetal. São Paulo: EPU, 1985.
- FRANCO, A. Simbiose leguminosas - *Rhizobium* ciclo de Nitrogênio. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: Associação Biológica entre espécies florestais e microrganismos para o aumento da produtividade econômica dos reflorestamentos, 7, 1982. 95 p. (EMBRAPA - URPFCS - Documento, 12). Curitiba - PR.
- FRANCO A. A., DÖBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. Summa phitopathologica, v. 20, n.1, p. 68 - 74, 1994.
- FURTINI NETO, A. E., BARROS, N. F. de., GODOY, M. F. et al. Eficiência nutricional de mudas de *Eucalyptus* em relação a fósforo. Revista Árvore, Viçosa, v. 20, n.1, p.17-28, 1996.
- GONÇALVES, C. A de., GOI, S. R., JACOB - NETO, J. Resposta de *Inga marginata* à adição de nitrogênio e fósforo. In: FERTBIO 98, 1998, Caxambu - MG. Resumos ... Caxambu - MG: UFL. 1998.

- HAAG, H. P.; SANSIGOLO, C. A.; PEREIRA, R. S. Nutrição mineral de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Araucaria* e *Gmelina* no Brasil. Campinas. Fundação Cargill. 1983, 202 p.
- HUNGRIA, M.; URQUIAGA, S. Transformações microbianas de outros elementos (potássio, micronutrientes e metais pesados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 1992, Campinas. Anais ... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 329 - 340.
- ICFR Annual Research Report. Fertilizing *Acacia mearnsii*. [online] disponível na Internet via www. URL: <http://www.icfrnet.unp.ac.za/bulletin/10-95/watle.htm>. Arquivo capturado em 24 de julho de 1998.
- KEIL, S. S., CURSIO, G. R., RACHWALL, M. et al. Efeito de diferentes níveis de calcário, adubação fosfatada e potássica no desenvolvimento aéreo e radicular da Acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild). In: FERTBIO 98, 1998, Caxambu - MG. Resumos ... Caxambu - MG: UFL. 1998.
- LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen. 1990, 343 p.
- LOMBARDI NETO, F. Práticas de conservação do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 10, 1994, Florianópolis. Resumos... Florianópolis, 1994. p.
- MALAVOLTA, E. ABC da adubação. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1989. 292 p.
- _____. Nutrição mineral das plantas. Rio de Janeiro: Universidade de São Paulo, 1975. 340 p.

- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. Great Britain. Academic Press, 1993. 888 p.
- MELLO, F. DE A. F. de, BRASIL, M. DE O. C do SOBRINHO, ARZOLLA, S, et al. Fertilidade do solo. São Paulo. Nobel, 1989. 400 p.
- MONTEIRO, E. M. da S. Resposta de leguminosas arbóreas à inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solo ácido. Itaguai, 1990. 221p. (Tese – Doutorado – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro).
- MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria das Agricultura, 1961.
- NACHTIGAL, J. C., KLUGE, R. A., ROSSAL, P. A. L., et al. Efeito do fósforo no desenvolvimento inicial de mudas de goiabeira serrana. Scientia Agricola. Piracicba, v. 51, n.2, p. 279-283, 1994.
- NOLLA, D. Erosão do solo: o grande desafio. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1982. 412 p.
- OLIVEIRA, H. A. Acácia -negra e tanino no Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Tipografia Mercantil, 1960, 116 p. v. 1.
- OLIVEIRA, J. M. F., da SILVA, A. J., SCWENGER, D. R, et al. Resposta de Angelim - pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) a nitrogênio e fósforo na fase de muda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa - MG. Anais... Porto Alegre, 1995. p.

- PELLICO NETO, S., BRENA, D. A. Inventário florestal. Curitiba: UFPR/UFMS, 1993. 245p.
- PRITCHETT, W. L. Suelos Forestales. propiedades, conservación y mejoramiento. Mexico, 1990. 633 p.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba : POTAFOS, 1991, 343 p.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; CURTIS, H. Biologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. 724 p.
- SILVA, E. M. R. da., DÖBEREINER, J. O papel das leguminosas no reflorestamento. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 7., 1982, Curitiba. Anais... Curitiba: EMBRAPA, 1982 (Documento, 12).
- SILVEIRA, R. L., CAMARGO, M. A. F., EDGAR, F de L. et al. Absorção e exportação de micronutrientes pelas brotações de clones de *saligna Eucalyptus*, e *Eucalyptus grandis* em Jardim clonal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. Anais... Viçosa: SBCS, 1995. P. 845 - 847.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics company. Toronto. Book Company. P. 346 - 351. 1960.
- TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).
- TOMÉ JÚNIOR, J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1997. 247 p.

- VALERI, S. V, PIRES, A . L.. B, BANZATTO, D. A. et al. Efeitos da adubação NPK no desenvolvimento inicial de progênies de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maidem em condições de casa de vegetação. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.,1993, Curitiba. Anais ... Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p. 246-248.
- VETTORAZZO, S. C., POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto de três espécies de *eucalyptus*. In: 1º CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO E 7º CONGRESSO BRASILEIRO, 1993. Curitiba. Anais ... Curitiba, v.1. p. 231 - 234. 1993.
- VICTORIA, R. L., PICCOLO, M. C., VARGAS, A. A. T. O ciclo do nitrogênio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 1992, Campinas. Anais... Campinas, 1992. P 105 - 119.
- YAZAKI, Y. Acacia Story: a potential tannin - producing species. Australian Forestry, Camberra, v. 60, n.1, p. 24-28, 1997.
- ZELITCH, I. Photosynthesis, photorespiration, and plant productivity. Connecticut: Departament of Biochemistry. The Connecticut Agricultural Experiment Station New Haven, 1971. 347 p.

ANEXOS

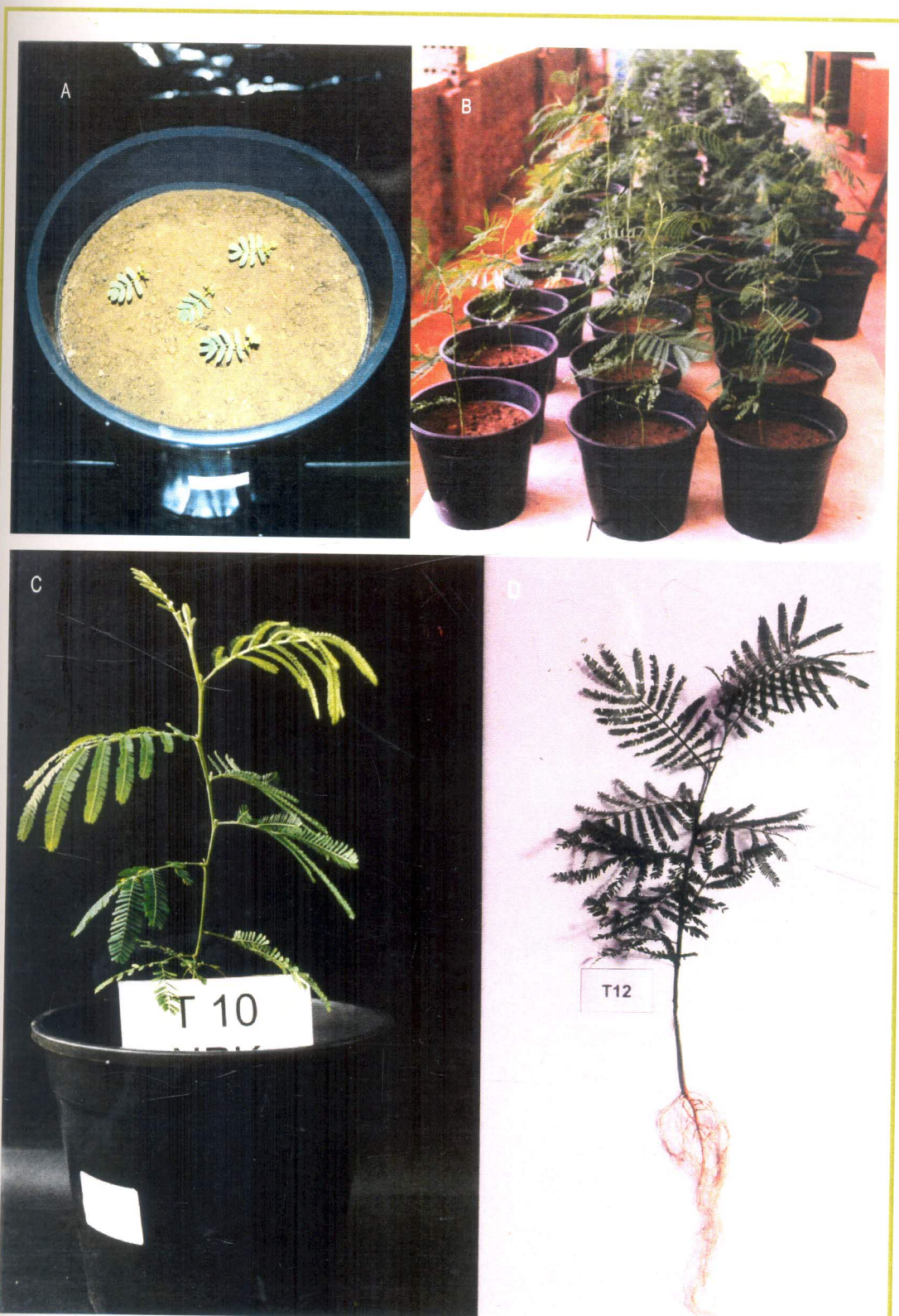


FIGURA 1 - A- Mudas de *Acacia mearnsii* De Wild com 30 dias de idade B - Vista do experimento com 120 dias de idade C - Aspecto da parte aérea da muda com 90 dias de idade D - Aspecto da parte aérea e radicular da muda com 120 dias de idade .

ANEXO I - Seção 4.1

Resumo da análise de variância dos valores de altura de *Acacia mearnsii* De Wild. aos 120 dias da semeadura.

Fonte de variação	Gl	SQ	QM	Valor F	PR > F
Modelo	9	1683,39397	187,04377	2,5254	0,0110
Residuo	118	8739,80103	74,06611		
Total	127	10423,19500			

Parâmetros	Estimativas	Desvio Padrão	Valor T	PR > T
Coef. linear	16,46654	4,32257	3,8094	0,000
N	14,61873	5,1270	2,9163	0,004
N x N	-3,90721	2,04995	1,9060	0,059
P	2,86239	128412	2,2291	0,028
P x P	-0,31248	0,13570	2,3027	0,023
K	1,63384	4,45439	0,3668	0,714
K x K	-0,08976	1,63268	0,0550	0,956
N x P	-0,35144	0,43518	0,8076	0,421
N x K	-1,05914	1,50247	0,7049	0,482
P x K	0,07496	0,38899	0,1927	0,848

Média	29,33125
CV	29,34129
R ²	0,6150
R ² ajustado	0,13

ANEXO II - Seção 4.1

Resumo da análise de variância dos valores de diâmetro de *Acacia mearnsii* De Wild. aos 120 dias da semeadura

Fonte de variação	Gl	SQ	QM	Valor F	PR > F
Modelo	9	0,10727	0,01192	2,7431	0,060
Resíduo	118	0,512700	0,00434		
Total	127	0,61997			

Parâmetros	Estimativas	Desvio Padrão	Valor T	PR > T
Coef, linear	0,09685	0,03310	2,9254	0,004
N	0,08286	0,03839	2,1582	0,033
N x N	- 0,01758	0,01570	1,1198	0,265
P	0,03183	0,00983	3,2360	0,002
P x P	- 0,00310	0,00104	2,9861	0,003
K	0,03028	0,03412	0,8876	0,377
K x K	- 0,00554	0,01250	0,4430	0,659
N x P	- 0,00322	0,00333	0,9671	0,335
N x K	- 0,00374	0,01151	0,3250	0,746
P x K	- 0,00175	0,00298	0,5881	0,558

Média	0,21101
CV	29,34129
R ²	0,6150
R ² ajustado	0,13

ANEXO III - Seção 4.1

Resumo da análise de variância dos valores de massa seca aérea (MSA) de *Acacia mearnsii* De Wild. aos 120 dias da sementeira

Fonte de variação	GI	SQ	QM	Valor F	PR > F
Modelo	9	28,74949	3,19439	4,0288	0,002
Resíduo	118	93,56020	0,79288		
Total	127	122,30969			

Parâmetros	Estimativas	Desvio Padrão	Valor T	PR > T
Coef. linear	- 0,31610	0,44724	0,7068	0,481
N	1,41720	0,51864	2,7325	0,007
N x N	- 0,27083	0,21210	1,2769	0,204
P	0,47784	0,13286	3,5965	0,000
P x P	- 0,04855	0,01404	3,4582	0,001
K	0,35189	0,46087	0,7635	0,447
K x K	- 0,13090	0,16893	0,7749	0,440
N x P	- 0,09102	0,04503	2,0215	0,045
N x K	- 0,01400	0,15545	0,0901	0,928
P x K	0,01464	0,04025	0,3637	0,717

Média	1,37656
CV	29,34129
R ²	0,6150
R ² ajustado	0,19

ANEXO IV - Seção 4.1

Resumo da análise de variância dos valores de massa seca radicular (MSR) de *Acacia mearnsii* De Wild. aos 120 dias da semeadura

Fonte de variação	GI	SQ	QM	Valor F	PR > F
Modelo	9	0,81117	0,09013	3,9326	0,0002
Resíduo	118	2,70438	0,02292		
Total	127	3,51555			

Parâmetros	Estimativas	Desvio Padrão	Valor T	PR > T
Coef. linear	0,05668	0,07604	0,7454	0,458
N	0,22158	0,08818	2,5130	0,013
N x N	- 0,01237	0,03606	0,3431	0,732
P	0,07046	0,02259	3,1192	0,002
P x P	- 0,00389	0,00239	1,6307	0,106
K	- 0,11239	0,07835	1,4344	0,154
K x K	0,04435	0,02872	1,5443	0,125
N x P	- 0,03287	0,00765	4,2936	0,000
N x K	- 0,17669	0,02643	0,6685	0,505
P x K	0,00568	0,00684	0,8296	0,408

Média	0,28559
CV	29,34129
R ²	0,6150
R ² ajustado	0,17

ANEXO V - Seção 4.1

Resumo da análise de variância dos valores de massa seca total (MST) de *Acacia mearnsii* De Wild. aos 120 dias da semeadura.

Fonte de variação	GI	SQ	QM	Valor F	PR > F
Modelo	9	36,06183	4,00687	4,0081	0,0002
Resíduo	118	117,96497	0,99970		
Total	127	154,02680			

Parâmetros	Estimativas	Desvio Padrão	Valor T	PR > T
Coef. linear	- 0,26466	0,50219	0,5270	0,599
N	1,63990	0,58237	2,8159	0,006
N x N	-0,28683	0,23816	1,2044	0,231
P	0,55052	0,14919	3,6901	0,000
P x P	- 0,05268	0,01576	3,3417	0,001
K	0,24718	0,51750	0,4776	0,634
K x K	- 0,08937	0,18968	0,4412	0,638
N x P	- 0,12325	0,05056	2,4379	0,016
N x K	- 0,02949	0,17455	0,1689	0,866
P x K	0,01975	0,04519	0,4370	0,663

Média	1,66016
CV	29,34129
R ²	0,6150
R ² ajustado	0,19

ANEXO VI - Seção 4.3

Análise da homogeneidade das variância entre oito repetições de cada tratamento, para a variável altura.

		Altura										
Tratamentos	Repetições								Média	S ²	GI	
	1	2	3	4	5	6	7	8				
1				--					22,4750	84,7707	7	
--				--					24,7125	26,9892	15	
--				--					25,2500	109,8493	15	
--				--					25,3875	28,1123	7	
--				--					33,4344	85,7624	31	
--				--					28,4375	70,9992	7	
--				--					31,9188	45,9860	15	
--				--					30,1063	121,1254	15	
16				--					33,0375	48,2830	7	
										$\Sigma = 621,8775$	Total = 119	
χ^2 calculada									--	13,98		

ANEXO VII - Seção 4.3

Análise da homogeneidade das variância entre oito repetições de cada tratamento, para a variável Diâmetro.

Tratamentos	Diâmetro								Média	S ²	GI
	Repetições										
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1					--				0,1725	0,0047	7
--					--				0,1688	0,0015	15
--					--				0,1956	0,0062	15
--					--				0,1763	0,0011	7
--					--				0,2409	0,0052	31
--					--				0,1925	0,0017	7
--					--				0,2238	0,0026	15
--					--				0,2188	0,0066	15
16					--				0,2575	0,0066	7
										$\Sigma = 0,0362$	Total = 119
χ^2 calculada										18,06	

ANEXO VIII - Seção 4.3

Análise da homogeneidade das variância entre oito repetições de cada tratamento, para a variável Massa seca aérea.

Tratamentos	Repetições								Massa seca aérea		
	1	2	3	4	5	6	7	8	Média	S ²	GI
--					--				0,7250	0,2593	7
--					--				0,6625	0,1398	15
--					--				1,1563	0,8614	15
--					--				0,9625	0,2798	7
--					--				1,8156	1,0393	31
--					--				1,2250	0,3850	7
--					--				1,6438	0,9520	15
--					--				1,2375	0,8438	15
16					--				2,4500	1,5627	7
										$\Sigma = 6,3231$	Total = 119
χ^2 calculada					--					25,44	

ANEXO VIX - Seção 4.3

Análise da homogeneidade das variância entre oito repetições de cada tratamento, para a variável Massa seca radicular.

		Massa seca radicular									
Tratamentos	Repetições										
1	1	2	3	4	5	6	7	8	Média	S ²	GI
--					--				0,1250	0,0021	7
--					--				0,1500	0,0053	15
--					--				0,4125	0,0438	15
--					--				0,2000	0,0029	7
--					--				0,3219	0,0204	31
--					--				0,2125	0,0070	7
--					--				0,3313	0,0409	15
--					--				0,2688	0,0103	15
16					--				0,3875	0,0384	7
										$\Sigma = 2377$	Total = 119
χ^2 calculada					--					43,05	

ANEXO X - Seção 4.3

Análise da homogeneidade das variância entre oito repetições de cada tratamento, para a variável Massa seca total.

Massa seca total											
Repetições											
Tratamentos	1	2	3	4	5	6	7	8	Média	S ²	GI
--					--				0,8500	0,2914	7
--					--				0,8125	0,1771	15
--					--				1,5688	1,1863	15
--					--				1,1625	0,3142	7
--					--				2,1406	1,2819	31
--					--				1,4375	0,4827	7
--					--				1,9688	1,2197	15
--					--				1,5063	0,9712	15
16					--				2,8375	1,9597	7
										$\Sigma = 7,8842$	Total = 119
χ^2 calculada					--				--	25,58	