

UFSM

UTILIZAÇÃO DA CINZA DE BIOMASSA DE CALDEIRA
COMO FONTE DE NUTRIENTES NO CRESCIMENTO
DE PLANTAS DE ACÁCIA-NEGRA
(*Acacia mearnsii* De Wild.)

Jaime Sandro Dallago

DISSERTAÇÃO
EM
ENGENHARIA FLORESTAL

Janeiro, 2000

**UTILIZAÇÃO DA CINZA DE BIOMASSA DE CALDEIRA COMO FONTE
DE NUTRIENTES NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE ACÁCIA-NEGRA
(*Acacia mearnsii* De Wild.)**

Por

JAIME SANDRO DALLAGO

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

2000

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

A COMISSÃO EXAMINADORA, ABAIXO ASSINADA, APROVA A
DISSERTAÇÃO

UTILIZAÇÃO DA CINZA DE BIOMASSA DE CALDEIRA COMO FONTE DE
NUTRIENTES NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE ACÁCIA-NEGRA
(*Acacia mearnsii* De Wild.)

ELABORADO POR

JAIME SANDRO DALLAGO

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

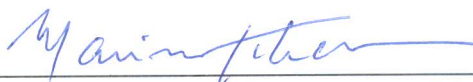
COMISSÃO EXAMINADORA:



Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher – Orientador



Dr. Solon Jonas Longhi - UFSM



PhD. Marino José Tedesco - UFRGS

Santa Maria, 12 de janeiro de 2000.

A minha esposa Jesarela
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade, força e ajuda durante todos os momentos da minha vida.

Aos professores do Colégio Agrícola de Camboriú pela permissão do afastamento para realização do mestrado.

Ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de realização do curso.

Ao orientador, professor Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher, pelo incentivo, orientação, amizade e dedicação.

Aos professores: MSc. Juarez Martins Hoppe, Dr. Dalvan José Reinert, PhD. Lísias Coelho, pelo apoio, e sugestões prestadas.

Ao professor Dr. Solon Jonas Longhi, pela confiança e amizade.

Aos alunos do curso de graduação em Engenharia Florestal Leonir Rodrigues Barichello e Hamilton Luiz Munari Vogel pela ajuda na coleta dos dados.

Aos técnicos de Laboratório de Ecologia Florestal e de Solos / CCR/ UFMS, Tarso Michelotti e Luiz Francisco Alves Finamor, pelo auxílio nas análises de tecido vegetal e de solo.

Aos funcionários do Centro Tecnológico de Silvicultura (CTS), pertencente ao Departamento de Ciências Florestais pela ajuda prestada

À empresa Agroseta S.A., que por intermédio do Engº Florestal Elias Moreira dos Santos, forneceu as sementes e a cinza para realização deste estudo.

Aos colegas da Pós-Graduação pela convivência e amizade durante todo o período.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Objetivo.....	03
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1 Características e distribuição geográfica do gênero <i>Acacia</i>	04
2.2 O nitrogênio.....	05
2.3 O fósforo.....	06
2.4 O potássio.....	08
2.5 O pH do solo.....	09
2.6 A cinza.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Localização.....	14
3.2 Clima.....	14
3.3 Material utilizado.....	14
3.4 Sementes.....	16
3.5 Manejo.....	17
3.6 Delineamento estatístico.....	17
3.7 Coleta dos dados.....	17
3.8 Análise dos dados.....	18

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 Equações Ajustadas e Máxima Eficiência Técnica (MET)	19
4.2 Altura da planta.....	20
4.3 Diâmetro do colo da planta	21
4.4 Massa seca aérea da planta	23
4.5 Massa seca radicular da planta	25
4.6 Massa seca e número de nódulos da planta	26
4.7 Massa seca total da planta	28
4.8 Relação entre a massa seca das raízes e da parte aérea da planta	30
4.9 Efeito comparativo entre as doses de cinza e adubação NPK	31
4.10 Efeito da cinza sobre as características químicas do solo.....	33
4.11 Efeito da cinza sobre os teores de nutrientes nas plantas de <i>Acacia mearnsii</i>	38
4.11.1 Nitrogênio.....	40
4.11.2 Fósforo.....	41
4.11.3 Potássio.....	42
4.11.4 Cálcio.....	43
4.11.5 Magnésio.....	44
5 CONCLUSÕES	45
6 CONSIDERAÇÕES	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	56

RESUMO

UTILIZAÇÃO DA CINZA DE BIOMASSA DE CALDEIRA COMO FONTE DE NUTRIENTES NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE ACÁCIA-NEGRA (*Acacia mearnsii* De Wild.)

Autor: Jaime Sandro Dallago

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

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes doses de cinza no crescimento de plantas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) O estudo foi realizado no Laboratório de Nutrição de Espécies Florestais, pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria. Foi utilizado o solo Podzólico Vermelho – Amarelo, coletado da camada superficial (0-20 cm). Após a coleta, o solo foi seco ao ar livre, peneirado em malha de 5,0 mm, homogeneizado e caracterizado quimicamente no Laboratório de Análises de Solo da UFSM – RS. Após seca à temperatura de 65°C até peso constante, a cinza foi homogeneizada e pesada conforme dosagem adequada para cada tratamento. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 8 tratamentos e 15 repetições. Os tratamentos foram 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 t ha⁻¹ de cinza e NPK (30 N, 120 P₂O₅ e 20 K₂O Kg ha⁻¹). Os vasos de polipropileno utilizados no experimento possuíam capacidade de 3,0 dm³. A reposição de água foi feita por pesagem dos vasos, mantendo-se a umidade próxima a 80% da capacidade de campo com água destilada. Aos 135 dias após a semeadura, foram medidas as

alturas e diâmetros das plantas; a seguir as mesmas foram seccionadas próximo à região do colo, sendo o material dividido em parte aérea, radicular e nódulos e seco a 70°C em estufa de circulação de ar forçada, até atingir peso constante. Os resultados evidenciaram que as diferentes doses de cinza, bem como os diferentes tempos de avaliação, promoveram mudanças expressivas sobre o pH e os teores de K, Ca e P do solo, bem como sobre a CTC e o valor da V%. A adição de cinza resultou em considerável elevação no crescimento das plantas, sendo que as doses com melhor resposta para a massa seca total foram 10 e 15 t ha⁻¹, obtendo-se ganho de 52,8% superior à testemunha. A adição de cinza influenciou o número de nódulos, observando-se um decréscimo dos mesmos conforme o acréscimo das doses.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Autor: Jaime Sandro Dallago

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

Título: Utilização da cinza de biomassa de caldeira como fonte de nutrientes no crescimento de plantas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.).

Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal

Santa Maria, 12 de janeiro de 2000.

ABSTRACT

USE OF ASH FROM THE BOILER BIOMASS AS A NUTRIENT SOURCE ON THE GROWTH OF BLACK WATTLE (*Acacia mearnsii* De Wild.) SEEDLINGS

Author: Jaime Sandro Dallago

Advisor: Prof. Dr. nat. tech. Mauro Valdir Schumacher

The effects of different rates of ash on the growth of black wattle (*Acacia mearnsii* De Wild.) was evaluated. This study was conducted in the Laboratory of Nutrition of Forest Species, of the Department of Forest Sciences, Universidade Federal de Santa Maria (Brazil). The soil was a red-yellow podzol, collected from the surface layer (0-20 cm). After collection, the soil was air dried, sieved in a 5.0 mm screen, homogenized and characterized chemically in the Laboratório de Análises de Solo of the UFSM. After drying at 65°C until constant weight, the ash was homogenized and weighed according each rate. The statistical design was completely randomized with 8 treatments and 15 replicates. The treatments were 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 ton of ash per hectare and NPK (30 N, 120 P₂O₅ e 20 K₂O Kg ha⁻¹). The polypropylene containers held 3.0 dm³ of substrate. Distilled water was added to the containers on the weight basis, maintaining the water content at about 80% field capacity. At 135 days after seeding the plants' height and diameter were measured. The seedlings were harvested and cut at the collar region, and dried in a forced air oven at 70°C until constant weight. The results indicate that the different ash rates, as well as the different evaluation

times, promoted significant changes on the soil pH, K, Ca and P contents, on cation exchange capacity and base saturation of the soil. Addition of ash increased the plants' growth up to 10 and 15 tons of ash per hectare , with an yield increase of 52.8% over the control. The ash affected the number of *Rhizobium* nodules which decreased as the ash rate increased.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM

CURSO DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Author: Jaime Sandro Dallago

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

Title: Use of ash from the boiler biomass as a nutrient source on the growth of black wattle (*Acacia mearnsii* De Wild.) seedlings.

Dissertation of Master's degree in Forest Engineering.

Santa Maria, january 12, 2000.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (UR%), registrada entre 05/03/99 a 17/07/99, no interior da casa de vegetação não climatizada.....	15
TABELA 2 - Características físico-químicas do solo Podizólico vermelho-amarelo utilizado no experimento.....	15
TABELA 3 - Características químicas da cinza de biomassa florestal de caldeira utilizada no experimento.....	16
TABELA 4 - Máxima eficiência técnica (MET) determinada por equações ajustadas das variáveis determinadas.....	19
TABELA 5 - Resultados da análise de variância para aplicação de diferentes doses de cinza e adubação NPK na produção de massa seca total de plantas de <i>Acacia mearnsii</i>	32
TABELA 6 - Valores médios observados dos parâmetros avaliados aos 135 dias para plantas de <i>Acacia mearnsii</i>	32
TABELA 7 - Teores de N, P, K, Ca e Mg do tecido vegetal da parte aérea de plantas de <i>Acacia mearnsii</i>	39
TABELA 8 - Teores de N, P, K, Ca e Mg do tecido vegetal da parte radicular de plantas de <i>Acacia mearnsii</i>	39
TABELA 9 - Teores de N, P, K, Ca e Mg do tecido vegetal de nódulos de plantas de <i>Acacia mearnsii</i>	40

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Altura das plantas em função da quantidade de cinza aplicada	21
FIGURA 2 – Diâmetro do colo das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.....	22
FIGURA 3 – Massa seca aérea das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.....	24
FIGURA 4 - Massa seca radicular das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.....	25
FIGURA 5 – Massa seca de nódulos das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.....	27
FIGURA 6 – Número de nódulos das plantas em função da quantidade de cinza aplicada	28
FIGURA 7 – Massa seca total das plantas em função da quantidade de cinza aplicada	29
FIGURA 8 – Relação massa seca das raízes e a massa seca aérea das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.....	31
FIGURA 9 – Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de potássio no solo, após 0, 35, 75 e 135 dias.....	33
FIGURA 10 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de fósforo no solo, após 0, 35, 75 e 135 dias.....	34

FIGURA 11 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de cálcio no solo, após 0, 35, 75 e 135 dias.....	34
FIGURA 12 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de magnésio no solo, após 0, 35, 75 e 135 dias.....	35
FIGURA 13 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de pH do solo, após 0, 35, 75 e 135 dias.....	35
FIGURA 14 – Efeito das diferentes doses de cinza sobre a saturação por bases (V%), após 0, 35, 75 e 135 dias.....	36
FIGURA 15 – Efeito das diferentes doses de cinza sobre a CTC (efetiva), após 0, 35, 75 e 135 dias.....	36
FIGURA 16 – Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de matéria orgânica (%), após 0, 35, 75 e 135 dias.....	37

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento cada vez maior da população mundial, torna-se necessário o aumento da produção de madeira para consumo, o uso recreativo das florestas e conservação da qualidade da água. Para alcançar estes objetivos, entre outros, há necessidade da aplicação de técnicas que utilizam o resíduo industrial visando aumentar a produtividade e diminuir a poluição ambiental.

A aplicação de fertilizantes minerais e outras técnicas de manejo, pode trazer efeitos tanto adversos, como benéficos ao ecossistema florestal. Há necessidade de se conhecer as interações que ocorrem dentro dos ecossistemas florestais, afetando não somente a vegetação e o solo, mas também o ar, a fauna, a água e as condições microbiológicas.

Para BARROS & NOVAIS (1990) a fertilização mineral é uma das técnicas silviculturais que pode ser adotada visando a elevar a produtividade florestal e reduzir o período de rotação. A adubação florestal, com raras exceções, é realizada de modo empírico e, praticamente, uma única formulação NPK é utilizada, independente do tipo de solo, da espécie e da época de plantio.

É importante salientar que o sucesso de um programa operacional de adubação requer um conhecimento razoável a respeito das interações planta-solo-fertilizante, embora muitas dessas interações não estejam bem claras para a maioria das espécies florestais.

A expansão da área reflorestada com *Acacia mearnsii*, no Rio Grande do Sul, ocorre na região da Depressão Central, Encosta Inferior do Nordeste, e Encosta do Sudeste, mais precisamente nas proximidades dos centros consumidores de casca para extração de tanino, nos municípios de Montenegro e Estância Velha.

A acácia-negra apresenta grande importância sócio-econômica para a região por ser esta cultivada por pequenos produtores rurais, onde deste

sistema de produção dependem aproximadamente, direta ou indiretamente, oitenta mil famílias.

A importância da espécie decorre do aproveitamento da madeira na fabricação de celulose, aglomerado e também, como fonte energética. O tanino, extraído da casca, é utilizado na indústria farmacêutica e coureira, entre outras.

Normalmente os plantios são realizados em solos que possuem baixos níveis de fertilidade, utilizando práticas de uso e manejo do solo de forma incorreta, sem preocupação com os níveis de fertilidade. Sob tais condições, os índices de produtividade podem ser baixos, sendo de fundamental importância a adoção de práticas de manejo do solo florestal que visem a elevar os níveis de fertilidade, como por exemplo, a aplicação de resíduos industriais.

No caso da acácia-negra, a produção dos resíduos ocorre, principalmente na forma de cinza de bagaço de casca, os quais são rejeitados pelas indústrias.

A produção e estocagem dos resíduos industriais nas empresas tem atingido valores elevados e causam preocupação em relação à preservação do meio ambiente.

Os resíduos das cinzas de biomassa de caldeira, embora muito volumosos, implicando custo de transporte elevado, são alternativas na melhoria da fertilidade dos solos, podendo resultar em ganhos significativos de produtividade.

Atualmente, há grande necessidade em desenvolver estudos na utilização de resíduos industriais visando o seu aproveitamento. No entanto, poucos são os estudos conduzidos no Brasil que utilizam resíduos industriais de biomassa florestal como insumo de produção em plantações florestais.

1.1 OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes doses da cinza de biomassa de caldeira no crescimento e produção de biomassa de plantas de *Acacia mearnsii*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características e distribuição geográfica do gênero *Acacia*

O gênero das acácias, segundo LAMPRECHT (1990), compreende 700 a 800 espécies que, em sua maioria, habitam as áreas tropicais e subtropicais e, cerca da metade é originada da Austrália. Caracterizam-se geralmente por folhas bipinadas e desprovidas de estípulas. As flores são pequenas, unissexuadas ou bissexuadas, predominantemente, amarelas e raramente brancas.

A *Acacia mearnsii* (acácia-negra) é árvore de porte médio, de copa arredondada e casca castanho-escura, dividida em pequenas placas e rica em tanino. As folhas, alternas e bipinadas, compõem-se de 13 a 17 pares de pinas subopostas. As flores amarelo-claras, perfumadas e dispostas em capítulos globosos, reúnem-se em panículas terminais. Os legumes são glabros, torulosos e de cor escura (MARCHIORI, 1997).

A *Acacia mearnsii* é nativa da Austrália. A região de ocorrência natural situa-se entre 34° e 44° S, em altitudes desde o nível do mar até 850m (EMBRAPA, 1988).

Segundo SHERRY (1971), a acácia-negra distribui-se satisfatoriamente no sudeste da Austrália Continental e ocorre abundantemente também na Tasmânia. Na África do Sul é plantada em larga escala para a produção de tanino.

A *Acacia mearnsii* conhecida no Brasil como acácia-negra, é originada da Austrália sul-oriental, sendo árvore florestal de grande importância. Também é muito apreciada por ser ornamental. Na Argentina é denominada acácia-centenário. Trata-se do verdadeiro "black wattle" (MARCHIORI, 1990).

No Brasil, as primeiras mudas de acácia-negra foram plantadas em 1918, no Rio Grande do Sul, por Alexandre Bleckmann, no município de São

Leopoldo. O primeiro plantio com fins comerciais foi estabelecido dez anos depois, por Júlio Lohmann, em Estrela, com tal êxito que em 1930 foram importadas sementes da África do Sul, para implantação de povoamento em grande escala (OLIVEIRA, 1960).

Conforme AZEVEDO (1991), os plantios de acácia-negra equiparam-se aos de *Eucalyptus*, com cerca de 150.000 ha, enquanto que a área plantada com *Pinus* esta em torno de 180.000 ha.

2.2 O Nitrogênio

Conforme RAIJ (1991), o nitrogênio é um importante componente de enzimas, proteínas estruturais, ácidos, clorofila e outros compostos orgânicos. As folhas mais novas das plantas conservam-se verdes, em condições de deficiência, indicando a mobilidade do nutriente na planta. Ainda segundo o mesmo autor, no ar atmosférico o nitrogênio representa cerca de quatro quintos do seu volume. O nitrogênio no ar encontra-se na forma molecular de N_2 , que não é diretamente aproveitável pela maioria dos vegetais superiores. Sua entrada no sistema solo-planta dá-se principalmente pela atividade de organismos fixadores ou através de associação simbiótica com plantas.

A capacidade das leguminosas de abastecer suas necessidades totais de nitrogênio através da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* é fartamente comprovada na literatura. A *Acacia mearnsii* possui capacidade de fixar da atmosfera aproximadamente $200 \text{ Kg de } N_2 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e esta taxa pode ser limitada pelo ambiente. (SILVA & DÖBEREINER, 1982; FRANCO & DÖBEREINER, 1994).

De acordo com SIQUEIRA & FRANCO (1988), o nitrogênio mineral, dentre todos os nutrientes, é o que tem maior efeito sobre a fixação biológica de N, que somente ocorrerá em situações de deficiência deste nutriente.

Para RAIJ (1991) uma pequena parte do nitrogênio total do solo encontra-se nas formas minerais de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-). Essas são as formas aproveitáveis pelas plantas.

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 florestas a fração de N total mineralizado anualmente na maioria dos casos é menor que 1%; isso varia especialmente e temporariamente com as condições de mineralização (qualidade do solo orgânico, relação 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 ocorre através do processo de mineralização, realizado predominantemente por organismos.

O nitrogênio pode ser facilmente perdido através da lixiviação, caso não seja absorvido ou incorporado pelos microrganismos. O amônio pode ser absorvido pelas partículas de solo e, posteriormente, ser transformado em nitrato pelos microrganismos ou mesmo absorvido pelas plantas. Desta forma ele não é volatilizado, nem lixiviado ou arrastado pela água da chuva (NOLLA, 1982).

Seria importante que o nitrato fosse absorvido e acumulado no tecido vegetal, pois pode ser lixiviado no solo, porque é muito solúvel e possui baixa capacidade de adsorção às partículas do solo (CERETTA, 1997).

O conteúdo deste elemento nas plantas em geral varia de acordo com os tecidos; na folha o conteúdo é de 0,9% a 2,0% de N e na madeira, geralmente não ultrapassa a 0,5% (BINKLEY, 1993).

2.3 O Fósforo

O fósforo participa de diversos compostos das plantas, essenciais nos processos metabólicos e nos de transferência de energia. O elemento é importante para formação dos primórdios das partes reprodutivas, estimula o crescimento radicular, essencial para boa formação de frutos e sementes e incrementa a precocidade da maturação. Esse nutriente, ao contrário do que

acontece nos solos, apresenta alta mobilidade na planta (RAIJ, 1991). Ainda para o mesmo autor os teores de P na solução do solo são, em geral, baixos, 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 forma de H_2PO_4^- . O ácido fosfórico apresenta-se na forma H_2PO_4^- , predominantemente nos solos com pH entre 4,0 a 8,0, e a forma HPO_4^{2-} somente predomina quando aumenta a alcalinidade do meio.

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%. 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.

A maioria do fósforo solúvel, adicionado ao solo como adubo fosfatado, se insolubiliza, e somente 20% deste é aproveitado pela planta. O restante passa rapidamente para formas não assimiláveis, sendo que a forma assimilável é o fosfato de cálcio, especialmente o monocálcico (NOLLA, 1982).

Para MALAVOLTA (1989), as plantas não conseguem aproveitar mais que 10% do fósforo total aplicado, pois nos solos tropicais ácidos, ricos em ferro e alumínio, ocorre a adsorção do fósforo.

VALERI et al. (1993), trabalhando com *Eucaliptus grandis*, observaram que aplicação de $100 \text{ mg de P Kg}^{-1}$, aumentou o crescimento das plantas em altura a partir de 69 dias da semeadura, mostrando a importância deste elemento na fase inicial do crescimento.

Em estudo com eucalipto, NEVES et al. (1987) observaram uma grande relação entre o local de aplicação do fósforo e o crescimento das raízes, havendo maior proliferação de raízes finas nos locais onde havia maiores concentrações de fósforo.

DANIEL et al. (1997), em estudo com mudas de *Acacia mangium* aos 80 dias, concluíram que a utilização de 400g de P_2O_5 m^{-3} de substrato na forma de superfosfato triplo foi suficiente para produção de mudas de boa qualidade.

TEDESCO (1999), em estudo com *Acacia mearnsii* em casa de vegetação com duração de 120 dias concluiu que para massa seca aérea a interação entre N e P foi significativa, na combinação de N (2,04 g/planta) + P (3,18 g/planta).

BORSATTO et al. (1982), em um experimento com *Acacia mearnsii*, constataram que aos 12 meses de idade, a ausência de fósforo determinou uma perda de 27,5% em altura, em relação à adubação completa, enquanto que a influencia de N atingiu a altura em 5,3%.

2.4 O Potássio

Elemento que apresenta grande lixiviação nos solos altamente intemperizados e profundos, não se acumula de maneira significativa nos solos, como acontece com o fósforo (BARROS & NOVAIS, 1990).

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

O teor de potássio nas plantas só é inferior, em geral, ao de nitrogênio. As funções do elemento na planta podem ser relacionadas com a manutenção da turgidez das células e ao papel de ativador enzimático. O potássio é extremamente móvel na planta, sendo comum o potássio das folhas velhas ser distribuído para as folhas novas (RAIJ, 1991).

Conforme CARNEIRO (1995), o potássio desempenha inúmeros papéis, sendo regulador da síntese de carboidratos e do transporte de açúcar. Adequadas quantidades de potássio tornam as mudas mais resistentes às condições adversas de umidade e seca, e ao transplante para o campo.

As quantidades de potássio adicionadas ao solo devem ser freqüentes e em doses menores, conforme as necessidades da planta, principalmente se houver pouca matéria orgânica e pH baixo no solo. Este fato deve-se às perdas de potássio solúvel por lixiviação que podem ser grandes (NOLLA, 1982).

Segundo May apud CARNEIRO (1995), o potássio é facilmente lixiviável em substratos arenosos e adubações por cobertura podem tornar-se necessárias durante o período de rotação. Em processos de lixiviação, o potássio pode esgotar-se completamente em substratos com pH igual ou inferior a 5,0.

BRAGA et al. (1995), em estudo nutricional com espécies nativas, verificaram que o S, P e K limitaram a produção de matéria seca e diâmetro do colo, mas o K foi o mais importante para as raízes secundárias em plantas de peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*).

Conforme KEIL et al. (1998) em estudo com *Acacia mearnsii* em vasos com 10 Kg de solo em casa de vegetação, durante 187 dias, constataram que o tratamento que recebeu 13,5g de P_2O_5 + 4,5g de K_2O /vaso apresentou o maior desenvolvimento das plantas.

2.5 O pH do solo

As associações leguminosas-rizóbio desenvolvem-se melhor em solos que não são ácidos em demasia e que possuem bom suprimento de fósforo, potássio e enxofre (BRADY, 1989).

De acordo com MALAVOLTA et al. (1997), diversos fatores internos e externos modificam a velocidade de absorção dos nutrientes. Um dos fatores externos é a disponibilidade dos elementos, a qual é influenciada pela umidade, aeração, matéria orgânica e o pH, considerando que talvez este último seja o fator que isoladamente mais influencia esta disponibilidade de nutrientes.

Os solos que têm pH entre 5,8 e 7,5 tendem a ser livres de problemas do ponto de vista da nutrição de plantas. Abaixo de 5,0, haverá

deficiência de elementos como: Ca, Mg, P, Mo, B ou toxidez de Al, Mn e Zn; enquanto que em solos com pH acima de 7,5 pode ocorrer carbonato de cálcio e/ou magnésio livre, e baixas disponibilidades de P, Mn, Zn e Cu e/ou excesso de sais (KIEHL, 1979; TOMÉ Jr., 1997).

Segundo MELLO et al. (1989), o pH controla a solubilidade dos nutrientes no solo, exercendo considerável influência sobre a absorção dos mesmos pelas plantas. A solubilidade dos sais nitrogenados é alta em toda a faixa do pH; contudo, a rapidez de mineralização do N é maior entre pH 6,0 e 8,0; a solubilidade de P é máxima nos solos com pH entre 6,0 e 7,0; e a absorção do K não é sensivelmente afetada pelo pH. Deve-se, entretanto, acrescentar que solos muito ácidos são, com frequência, pobres em K absorvível devido à excessiva lavagem a que estão sujeitos.

GUERRINI & VILLAS BOAS (1993), estudando o efeito do cálcio e do pH no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus saligna* em vasos, observaram diferenças significativas somente em relação à testemunha.

A composição das cinzas pode produzir importantes mudanças nas propriedades químicas e físicas do solo como, por exemplo, elevação dos níveis de pH, Ca trocável, P extraível e redução dos teores de Al trocável, entre outros, resultando em significativos ganhos de produtividade (GONÇALVES & MORO, 1995).

GOMES NETO (1994) estudando a queima controlada em povoamentos de *Pinus* spp. verificou que o pH (H₂O) na camada 0 - 2,5 cm de profundidade elevou-se após a queimada, estabilizando-se até o final do período de 14 meses.

FURTINI NETO et al. (1996) constataram que as espécies florestais nativas apresentaram um bom desenvolvimento em altura, diâmetro e produção de biomassa com a aplicação de calcário, mostrando a importância da correção do solo, elevando o pH a 6,0, enquanto os tratamentos sem calagem, com maior saturação de alumínio, limitaram sensivelmente o desenvolvimento da cássia-verrugosa (*Senna multijuga*), ipê-mirin (*Stenolobium stans*) e cedro (*Cedrela fissilis*); porém, com calagem, a saboneteira (*Sapindus saponaria*), aroeira-salsa (*Schinus molle*)

e cássia (*Cassia javanica*), apresentaram incrementos na produção de matéria seca total da ordem de 995%, 402% e 260%, respectivamente. Por outro lado, a acácia (*Acacia auriculiformis*) e o jacarandá-branco (*Platypodium elegans*) mostraram-se mais tolerantes à acidez do solo, não apresentando respostas pronunciadas à calagem.

2.6 A Cinza

De modo geral as cinzas causam várias melhorias físicas e químicas do solo, como por exemplo a elevação dos níveis de pH, Ca, K, Mg, entre outros (WIDRICH et al., 1980; NAYLOR & SCHMIDT, 1989; TOMKINS et al., 1991; KHANNA et al., 1994).

BINKLEY (1986) afirma que o uso da cinza (resíduo da queima) provoca aumento do pH, devido à liberação de cátions básicos, como K e Ca.

GOMES NETO (1994) estudando a influência da queima controlada em *Pinus* spp., observou que os elementos disponíveis Ca, Mg, K e P aumentaram após a queima, diminuindo aos 7 meses e estabilizando-se aos 14 meses.

Conforme MORO & GONÇALVES (1995), o papel da cinza como agente melhorador das características químicas do solo e como fonte de nutrientes para as árvores, principalmente de P, K, Ca e Mg ficou evidente para o eucalipto. Essas informações são mais reforçadas quando se considera a grande influência da cinza sobre a quantidade de nutrientes acumulados pelas árvores. Ainda segundo os mesmos autores, a aplicação de doses de cinzas em povoamentos de *Eucalyptus grandis* resultou em consideráveis elevações de produtividade, sendo que a melhor resposta foi para a taxa de aplicação de 20 t ha⁻¹, obtendo-se um ganho de 49% em relação à testemunha. A dose mais econômica de cinza foi estimada como sendo 19,6 t ha⁻¹, para uma distância de transporte deste resíduo igual a 65 Km. Cerca de 21 m³ ha⁻¹ de madeira com casca seriam necessários para pagar as despesas devidas à aplicação da cinza, ou seja, 25% do ganho da

produção de madeira obtido com aplicação desta dose, que foi de 85,7 m³ ha⁻¹ de madeira.

Segundo STAPPE & BALLONI (1988), a aplicação de 2, 4 e 6 t ha⁻¹ de cinza em povoamento de *Eucalyptus grandis* promoveu acréscimos volumétricos da ordem de 15, 22 e 17% respectivamente, em relação à testemunha, enquanto, a utilização de casca sem a sua prévia compostagem não foi favorável ao crescimento da floresta.

A aplicação de cinzas e/ou resíduo em plantio de eucalipto, são alternativas técnicas e economicamente viáveis, aumentando a fertilidade do solo, e influenciando o desenvolvimento da espécie (MORO, 1990; GUERRINI & MORO, 1994).

BELLOTE et al. (1994) concluíram que resíduos de celulose e cinza de caldeira na dose de 50 t ha⁻¹ melhoram a porosidade e a capacidade de retenção de água, aumentaram o pH e os teores de P, K, Mg e Ca do solo.

O alto efeito benéfico da cinza gerada como resíduo da produção de celulose e papel, proveniente da combustão dos cavacos energéticos e das cascas limpas e trituradas, usada como fertilização de base e principalmente de manutenção, é resultante do modo mais equilibrado e da forma mais lenta de solubilização dos macro e micronutrientes, podendo ser grosseiramente comparada a uma fórmula NPK de relação 1:3:7, mais Ca, Mg e micronutrientes (NOLASCO et al., 1999).

MORO (1990), verificou que a aplicação de 20 t ha⁻¹ de cinza de caldeira em povoamento de *Eucalyptus grandis* resultou em um ganho de 86,6% em relação à testemunha e 43% acima da adubação mineral, comprovando a possibilidade da substituição ou diminuição do uso de fertilizantes minerais que além de serem produtos caros, devido à importação de alguma matéria-prima, mostram efeitos limitados no aumento da produtividade florestal. Além disso, a utilização do resíduo industrial, permite a diminuição dos estoques próximos às fábricas, os quais podem ocasionar alguma agressão ao meio ambiente.

Dentre os vários sistemas de produção de acácia-negra descritos por SHERRY (1971), um dos sistemas foi desenvolvido no território da África

Central e consiste em reunir os ramos e galhos finos com a finalidade de queimar, para a produção de cinzas, com o objetivo de servir como fertilizante nas culturas de grãos. Com o tempo, este sistema desenvolveu-se no sentido de uma cultura que permitia a produção de grãos no intervalo das rotações de acácia-negra, pois tem-se duas formas de nutrientes para a utilização: a fixada pelas raízes e a das cinzas originadas da queima dos galhos e ramos.

Conforme MALAVOLTA (1989), além de corrigir o pH do solo, a cinza possui uma grande quantidade de potássio como óxido (K_2O) e como carbonato (K_2CO_3). A quantidade de potássio solúvel em água é muito variável com a origem do material. Por exemplo: cinza de palha de café contém 20% de K_2O , enquanto a cinza de palha de arroz contém apenas 2% de K_2O .

GUERRINI & MORO (1994), analisando a composição mineral dos resíduos da indústria da celulose determinaram para a cinza queimada de eucalipto, 1,43% de P_2O_5 ; 3,26% de K_2O ; 16,37% de Ca e 1,54% de Mg (teores totais).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Espécies Florestais, pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria - RS.

3.2 Clima

O clima de Santa Maria, segundo a classificação de Köppen é subtropical do tipo 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 varia de -3°C a 18°C. A precipitação média anual varia de 1400 a 1760 mm (MORENO, 1961).

Na Tabela 1 são apresentados os valores meteorológicos referentes ao período de execução do experimento (março a julho), determinados através de um termohigrógrafo instalado no interior da casa de vegetação não climatizada.

3.3 Material utilizado

Foi utilizado o solo Argissolo (Podzólico vermelho-amarelo) coletado da camada superficial (0-20 cm), sendo este seco ao ar, posteriormente passado em peneira de malha 5,0 mm, bem homogeneizado e caracterizado quimicamente no Laboratório de Análises de Solo da UFSM.

TABELA 1 - Temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (UR%), registrada entre 05/03/99 a 17/07/99, no interior da casa de vegetação não climatizada.

Mês	Temperatura média (°C)			Umidade relativa média (%)		
	Máx.	Min.	Diária	Máx.	Min.	Diária
Março	37,5	20,8	27,7	95,6	35,9	71,3
Abril	29,7	15,2	20,4	95,4	46,0	77,7
Maio	26,8	11,6	17,3	96,1	42,3	75,3
Junho	23,0	10,0	14,8	96,8	48,3	81,4
Julho	22,2	10,5	15,0	96,4	53,4	81,8

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da análise físico-química do solo utilizado no estudo.

TABELA 2 – Características físico-químicas do solo Podzólico vermelho-amarelo utilizado no experimento.

Argila	pH	SMP	MO	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	V
	H ₂ O								efetiva	
%			%mg/L....	Cmol/L.....				%
24	4,8	5,4	2,5	3,1	66	5,3	2,7	1,2	9,7	59

Na Tabela 3 são apresentadas as características químicas da cinza, observando-se um alto valor do teor de cálcio, que é devido a mesma ter na sua origem resíduo de casca de acácia-negra, na qual há também, uma grande concentração de cálcio. A análise foi determinada pelo Laboratório de Análise de Solos da Universidade de Freiburg (Alemanha).

TABELA 3 - Características químicas da cinza de biomassa florestal de caldeira utilizada no experimento.

pH (H ₂ O)	N	P	K	Ca	Mg	S	C	C/N
-----%-----								
11,8	0,49	0,35	0,74	39,1	0,96	0,65	31,9	65/1

Após seca à temperatura de 65°C até peso constante, a cinza foi homogeneizada e pesada conforme dosagem adequada para cada tratamento.

O solo foi acondicionado em vasos de polipropileno com 3,0 dm³ de capacidade, vedados no fundo. A capacidade de campo foi determinada para os tratamentos 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 t de cinza ha⁻¹, já incluindo a mistura de solo e cinza, resultando em 26,5; 26,9; 27,4; 28,3; 28,7; 29,0; 29,3% para as doses crescentes de cinza, respectivamente, e para o tratamento NPK foi utilizado a mesma capacidade de campo da testemunha. O procedimento foi realizado no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM - RS. O teor de umidade dos vasos foi mantido próximo a 80% da capacidade de campo.

3.4 Sementes

A espécie utilizada para realização do experimento foi a *Acacia mearnsii* De Wild. Foram selecionadas as sementes fornecida pela Empresa Agroseta S.A, localizada no município de Butiá – RS.

As sementes foram passadas em uma peneira de 2,0 mm de diâmetro de orifícios, visando a uniformidade de tamanho. A quebra de dormência foi feita pelo método de água quente (BIANCHETTI & RAMOS, 1982). A semeadura foi feita colocando-se cinco sementes no centro dos vasos.

3.5 Manejo

O manejo do experimento teve início desde a sua instalação no dia 05/03/99 até a coleta de dados no dia 17/07/99, totalizando 135 dias.

A reposição diária de água nos vasos, perdida por evaporação e evapotranspiração, foi feita por diferença de peso dos vasos, utilizando-se água destilada.

Aos 20 dias após a germinação foi feito o raleio das plantas, permanecendo a de melhor vigor em cada vaso.

Os vasos foram trocados de posição a cada duas semanas, para evitar possíveis variações de luminosidade dentro da casa de vegetação.

3.6 Delineamento estatístico

O experimento foi conduzido em casa de vegetação não climatizada num delineamento estatístico inteiramente casualizado, com 15 repetições e 8 tratamentos, totalizando 120 unidades experimentais, cada uma composta por um vaso com uma planta. Aos tratamentos foram acrescentados as seguintes doses 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 t ha⁻¹ de cinza e NPK, conforme dosagem (30 N, 120 P₂O₅ e 20 K₂O Kg ha⁻¹) recomendada para acácia-negra, segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (1994).

3.7 Coleta de dados

Com objetivo de se avaliar os efeitos da cinza sobre as características químicas do solo, durante o período de condução do experimento, foram coletadas 3 amostras de solo por tratamento aos 0, 35, 75, e aos 135 dias, sendo estas caracterizadas quimicamente no Laboratório de Análises de Solos da UFSM. Para realização das análises químicas, utilizaram-se os métodos descritos por TEDESCO et al. (1995).

Decorridos 135 dias, o diâmetro do colo e altura das mudas foram medidas. A seguir, as plantas foram seccionadas próximo à região do colo. Para a separação das raízes do solo, essas foram passadas em peneira de 2,0 e 1,0 mm. O material foi dividido em parte aérea, subterrânea e de nódulos, no qual foi feita a contagem dos nódulos para todos os tratamentos, a seguir os materiais foram seco à 70°C em estufa de circulação de ar forçada até atingir peso constante, para posterior aferição de massa seca em balança com 0,001g de sensibilidade.

Após secas e pesadas, as raízes e parte aérea foram moídas em moinho tipo Wiley, e a massa seca de nódulos foi moída manualmente, para análise química de tecido, utilizando-se os métodos propostos por TEDESCO et al. (1995). As análises foram feitas no Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria.

3.8 Análise dos dados

Os dados referentes à altura, diâmetro do colo, massa seca aérea, massa seca radicular, massa seca de nódulos, massa seca total, número de nódulos e relação massa seca radicular / massa seca aérea foram estudados pela análise de variância.

A análise estatística dos parâmetros avaliados foi feito por análise de regressão, ao nível de probabilidade de 5% de erro. Para a análise dos dados foi utilizado o pacote estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Science) for Windows. As doses de Máxima Eficiência Técnica (MET) foram estimadas algebricamente a partir das equações de regressão.

Os modelos de regressão foram comparados entre si, com a finalidade de selecionar o melhor entre eles. Na seleção dos modelos foram utilizados os seguintes critérios, de acordo com SCHNEIDER (1997): Coeficiente de Determinação Ajustado (R^2 Aj.) e o Erro Padrão da Estimativa (Syx).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Equações ajustadas e Máxima Eficiência Técnica (MET)

Observa-se na Tabela 4, as doses estimadas para todos os parâmetros estudados, também denominado por Máxima Eficiência Técnica (MET). A MET é uma estimativa para a função de resposta em relação as doses estudadas.

TABELA 4 - Máxima eficiência técnica (MET) determinada por equações ajustadas das variáveis determinadas.

Variáveis	Equação ajustada	R ²	MET (t ha ⁻¹)
H (cm)	$y = 28,1765 + 4,67565\sqrt{x} - 0,57095x$	0,24	16,8
D (mm)	$y = 4,048534 + 0,366434\sqrt{x} - 0,03938x$	0,20	21,6
MSA (g)	$y = 3,570815 + 1,291711\sqrt{x} - 0,16444x$	0,38	15,4
MSR(g)	$y = 1,500825 + 0,148318x - 0,0114x^2 + 0,00022x^3$	0,20	8,7
MSN (g)	$y = 0,183034 + 0,069378\sqrt{x} - 0,0172x$	0,28	4,1
MST (g)	$y = 5,274951 + 1,582151\sqrt{x} - 0,22147x$	0,28	12,8
NN	$y = 799,9843 - 40,7343x - 0,00861x^2 - 0,018582x^3$	0,58	0
MSR/MSA	$y = 0,42204 - 0,01157x - 0,000012x^2 + 0,000008x^3$	0,49	22,5

H = Altura; D = diâmetro do colo; MSA = massa seca aérea; MSR = massa seca radicular; MSN = massa seca de nódulos; MST = massa seca total; NN = número de nódulos; MSR/MSA = relação entre massa seca radicular/massa seca aérea.

Na Tabela 4, verifica-se que apenas 24% da variação da média das alturas é explicada pela função ajustada, e 20% para o diâmetro, provavelmente devido ao baixo grau de interdependência destes parâmetros.

Ainda na mesma Tabela 4, observa-se, que, pelo coeficiente de determinação para a massa seca aérea, radicular, nódulos e total, a variação das médias pelas doses de cinza foram 38%, 20%, 28%, 28%, respectivamente.

A maior precisão dos resultados foram obtidos com as variáveis MSR/MSA (49%) e número de nódulos (58%), em que as variações das médias são explicadas pelas doses de cinza.

4.2 Altura da planta

Os maiores valores das alturas médias foram obtidos nas doses de cinza de 15 e 20 t ha⁻¹. Comparando a testemunha (0 t ha⁻¹ de cinza) com o tratamento de 15 t ha⁻¹ de cinza, no qual foi obtida a maior altura, pode-se dizer que houve um ganho de crescimento em altura de 33,8% (Figura 1).

Os resultados mostram que houve um aumento acentuado na altura, em relação à testemunha e à aplicação de cinza. Com aumento das doses atingiu-se um ponto máximo entre 15 e 20 t ha⁻¹ e após este ponto, houve uma redução do incremento da altura com o acréscimo das doses de cinza (Figura1).

A resposta das plantas às doses de cinza proporcionou a formação de uma curva, onde o ponto de máxima eficiência técnica foi de 37,75 cm de altura para 16,8 t ha⁻¹ de cinza aplicada.

As concentrações dos elementos N, P, K, Ca e Mg, o pH do solo e da cinza influenciam, significativamente, no crescimento das plantas, ocorrendo uma redução do incremento em altura tanto na falta, quanto no excesso dos nutrientes, fato este que comprova a importância do equilíbrio dos nutrientes e do pH do solo no metabolismo da planta.

Segundo NICOLOSO et al. (1999), a altura das plantas jovens de *Apuleia leiocarpa* aos 168 dias, cultivadas em casa de vegetação, foi afetada negativamente pela omissão isolada de P, N, K e S da adubação.

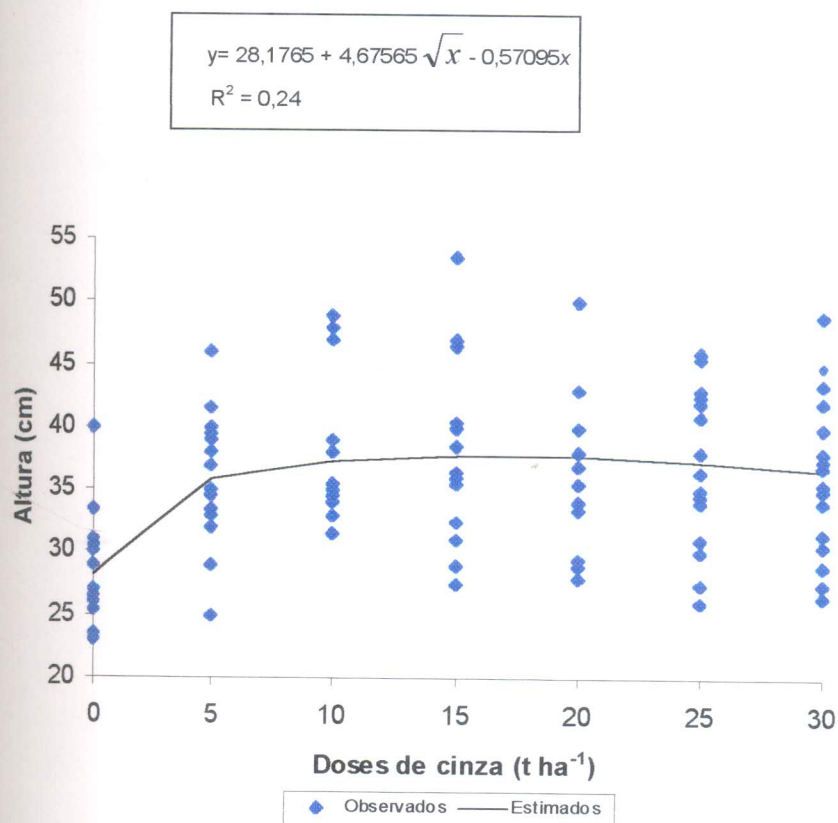


FIGURA 1 – Altura das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.

TEDESCO (1999) observou a essencialidade do N e do P para a variável altura no metabolismo das plantas de *Acacia mearnsii* em casa de vegetação aos 120 dias, porém quando o P apresenta-se em excesso ou falta, há uma forte redução na altura.

4.3 Diâmetro do colo da planta

O diâmetro do 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).

O diâmetro do colo das plantas que receberam diferentes doses de cinza apresentou pequena variação, principalmente para as maiores doses de cinza (10, 15, 20, 25, 30 t ha⁻¹). No entanto, comparando-se a testemunha com a dose de cinza de 20 t ha⁻¹, foi observada resposta significativa, em torno de 21% de crescimento, indicando que a cinza beneficiou o crescimento em diâmetro das plantas (Figura 2).

O ponto de máxima eficiência técnica determinada foi de 4,9 mm de diâmetro para 21,6 t ha⁻¹ de cinza aplicada.

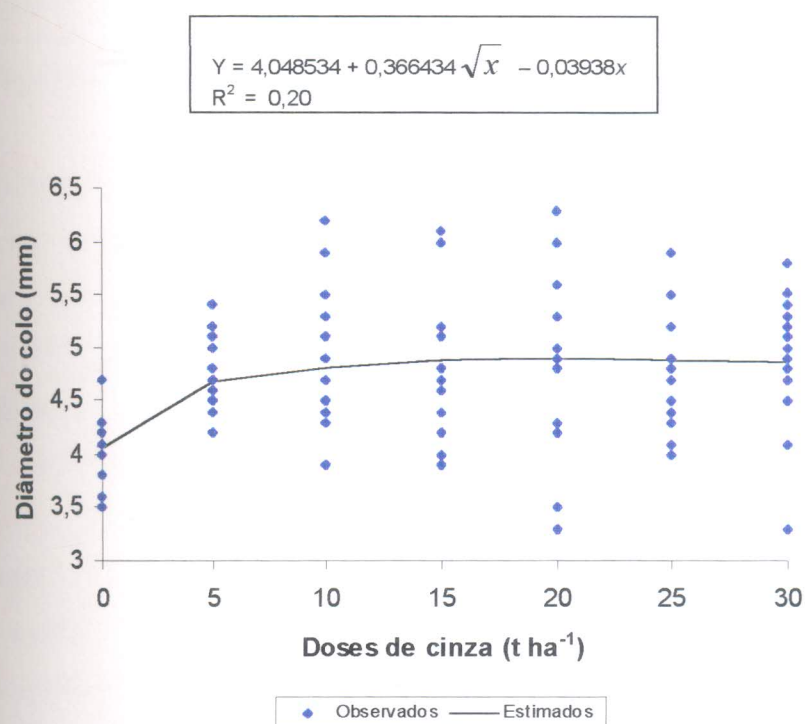


FIGURA 2 – Diâmetro do colo das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.

Resultados determinado por TEDESCO (1999), para o diâmetro do colo aos 120 dias para essa espécie, variaram de 1,6 a 2,5 mm, utilizando

diferentes doses de N-P-K, em vasos e em casa de vegetação não climatizada.

CALDEIRA et al. (1998) determinaram para acácia negra dados em diâmetro do colo que variaram de 1,0 a 2,6 mm, utilizando diferentes doses de vermicomposto em tubete, em casa de vegetação climatizada, aos 90 dias.

Segundo CARDOSO et al. (1985), os melhores resultados em diâmetro do colo para a espécie *Mimosa scabrella* foram obtidos quando utilizaram a dosagem de 30 mg/dm³ de P.

DIAS et al. (1991), observaram na produção de mudas de *Acacia mangium*, o efeito máximo do N e K no diâmetro do colo, com a aplicação de 120 e 100 mg Kg⁻¹, respectivamente.

4.4 Massa seca aérea da planta

A resposta das plantas à aplicação das doses de cinza na produção de massa seca aérea resultou em uma curva de resposta, observando-se um incremento até atingir um valor máximo, sendo que a partir deste ponto houve um decréscimo com o aumento das doses. Observa-se que a dose de melhor resposta foi a de 15 t ha⁻¹ que, comparando com a testemunha resultou em um incremento da massa seca aérea de aproximadamente 71% (Figura 3).

A máxima eficiência técnica estimada para a massa seca aérea foi de 6,11 g/planta para 15,4 t ha⁻¹ de cinza aplicada.

A produção de massa seca aérea aos 135 dias pode ser considerada satisfatória, pois TEDESCO (1999), trabalhando com a espécie *Acacia mearnsii* por 120 dias, em casa de vegetação, obteve uma produção de massa seca aérea que variou de 0,54 a 2,03 g/planta, e CALDEIRA et al. (1998), estudando a mesma espécie aos 90 dias determinaram uma massa seca aérea que variou de 2,23 a 4,17 g/planta.

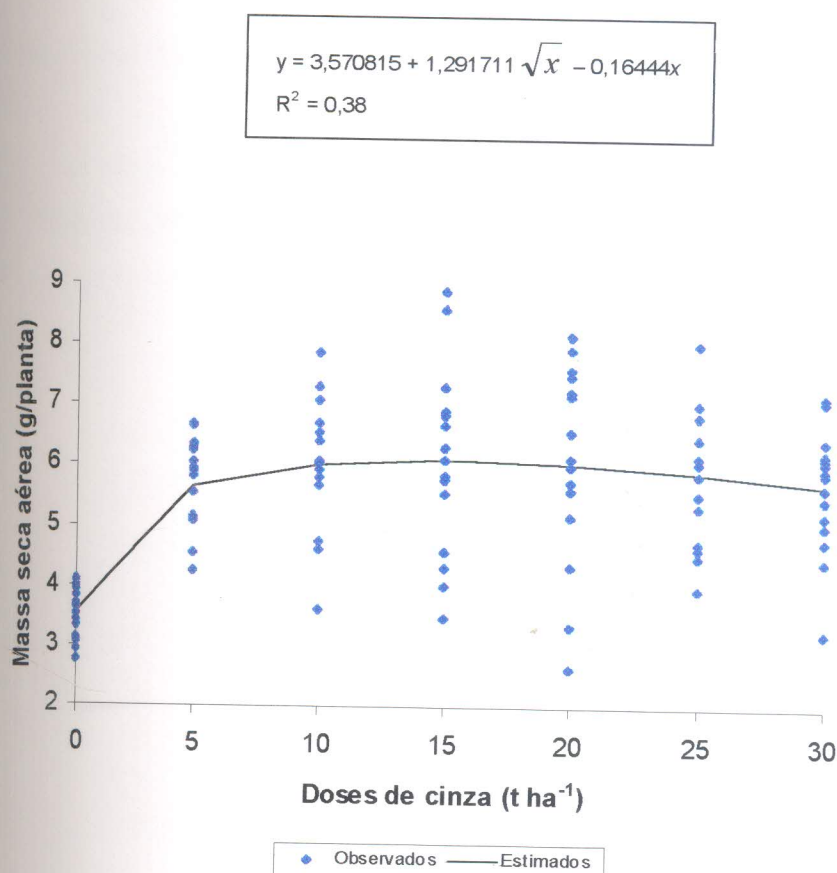


FIGURA 3 – Massa seca aérea das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.

FARIA et al. (1995) obtiveram maior produção de massa seca aérea com a aplicação de 30 mg Kg⁻¹ de fósforo com *Albizia lebbbeck*. Todavia, o acúmulo de N nas mudas inoculadas com *Rhizobium*, proporcionado pela simbiose, garantiu, 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.

Para MUNNS & CRAMER (1996), o crescimento foliar sob deficiência de N é reduzido mais que o crescimento radicular, fato que acontece também em solos secos, salinos ou compactados.

DIAS et al. (1994), estudando o crescimento de mudas de *Acacia mangium*, concluíram que a falta de N foi o fator que mais afetou a produção de massa seca aérea.

4.5 Massa seca radicular da planta

A dose de cinza de 10 t ha⁻¹ apresentou a mais alta produção de massa seca radicular (Figura 4). Quando comparada com a testemunha, houve um incremento de massa seca radicular de aproximadamente 37%.

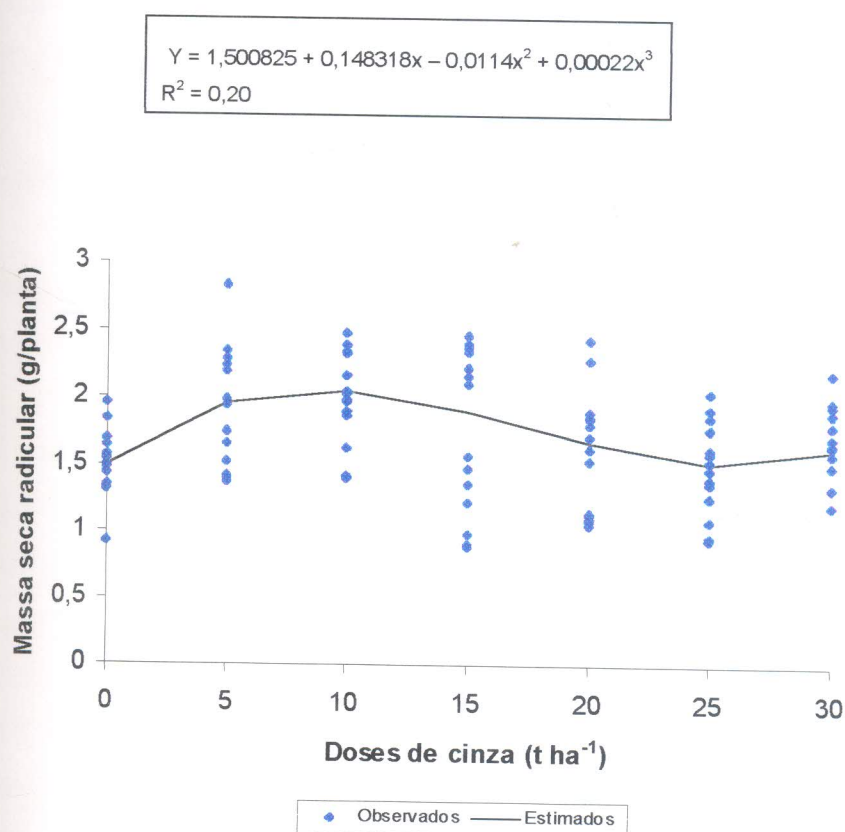


FIGURA 4 - Massa seca radicular das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.

A máxima eficiência técnica estimada foi 8,7 t ha⁻¹ de cinza para a produção de 2,07 g/planta de massa seca radicular.

Segundo Schmidt – Nogat apud CARNEIRO (1995), mudas com maior peso de sistema radicular, comparativamente a outras da mesma espécie e com menor peso, tem maiores chances de sobrevivência.

COPETTI et al. (1999), estudando a influência dos teores de cálcio e alumínio do solo, no desenvolvimento do sistema radicular de *Acacia mearnsii* com dois anos de idade, observaram que a massa seca de raízes diminui com o aumento dos teores de alumínio no solo.

Em experimento com acácia-negra em casa de vegetação TEDESCO (1999), determinou para a massa seca radicular as doses ótimas de 0,66 g/planta para o N e 7,05 g/planta para o P, aos 120 dias, demonstrando que no caso do sistema radicular o fósforo é o elemento essencial para o seu desenvolvimento, enquanto que o N é mais exigido na parte aérea.

4.6 Massa seca e número de nódulos da planta

Observa-se na Figura 5, que a massa seca de nódulos diminuiu com o aumento das doses de cinza, a partir de 5 t ha⁻¹.

DIAS et al. (1994), estudando o crescimento de mudas de *Acacia mangium* em resposta à omissão de macronutrientes, após 90 dias obtiveram o maior peso de massa seca de nódulos no tratamento com omissão de nitrogênio, evidenciando o efeito inibidor do N na formação de nódulos.

Concentrações entre 0,5 a 1 mg de N/planta/dia estimulam a nodulação; mas concentrações médias e altas de uréia, NO⁻³, NH₃; são prejudiciais tanto ao crescimento do nódulo quanto à atividade da nitrogenase (FRANCO, 1982).

Para GOI et al. (1992), muitas das leguminosas arbóreas podem ter seu crescimento inicial limitado pela falta de nitrogênio, devido ao maior tempo necessário para o crescimento de nódulos em espécies florestais, quando comparado com espécies anuais.

A utilização de uma quantidade pequena de nitrogênio mineral no início do desenvolvimento da muda pode, portanto, contribuir para potencializar o crescimento da mesma, garantido a produção de mudas mais vigorosas e noduladas e que possam se desenvolver a nível de campo,

totalmente dependentes do processo de fixação biológica de nitrogênio (GONÇALVES et al., 1999).

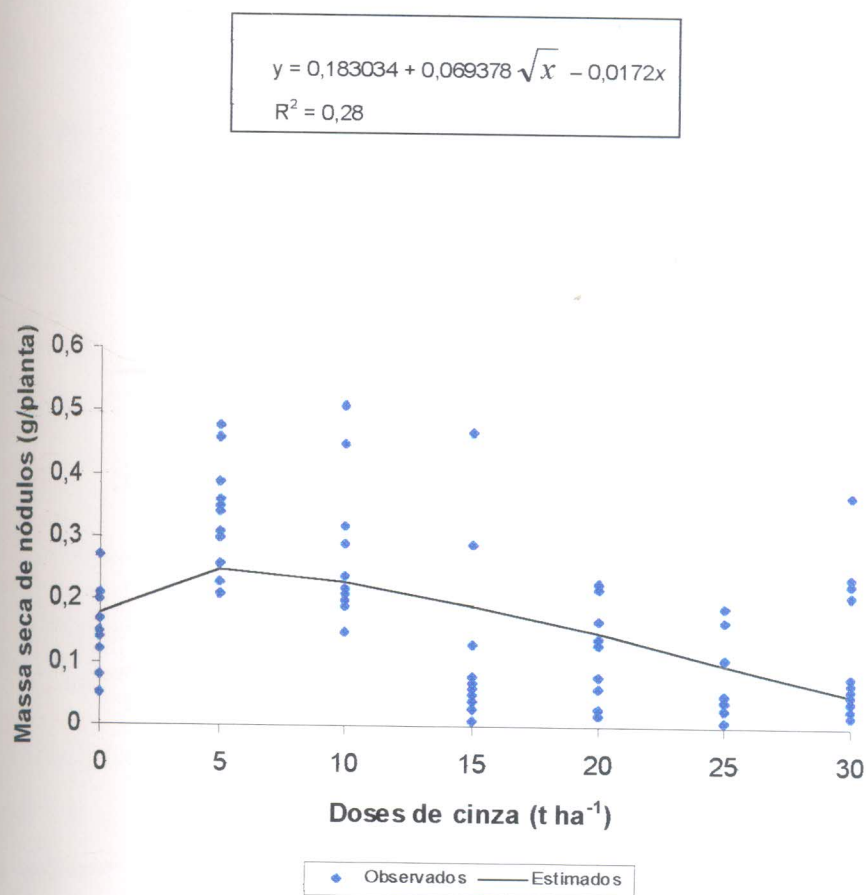


FIGURA 5 - Massa seca de nódulos das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.

Foi observado um decréscimo no número de nódulos com o aumento das doses de cinza (Figura 6). No entanto, quanto maiores as doses de cinza aplicadas, maior foi o peso dos nódulos, individualmente.

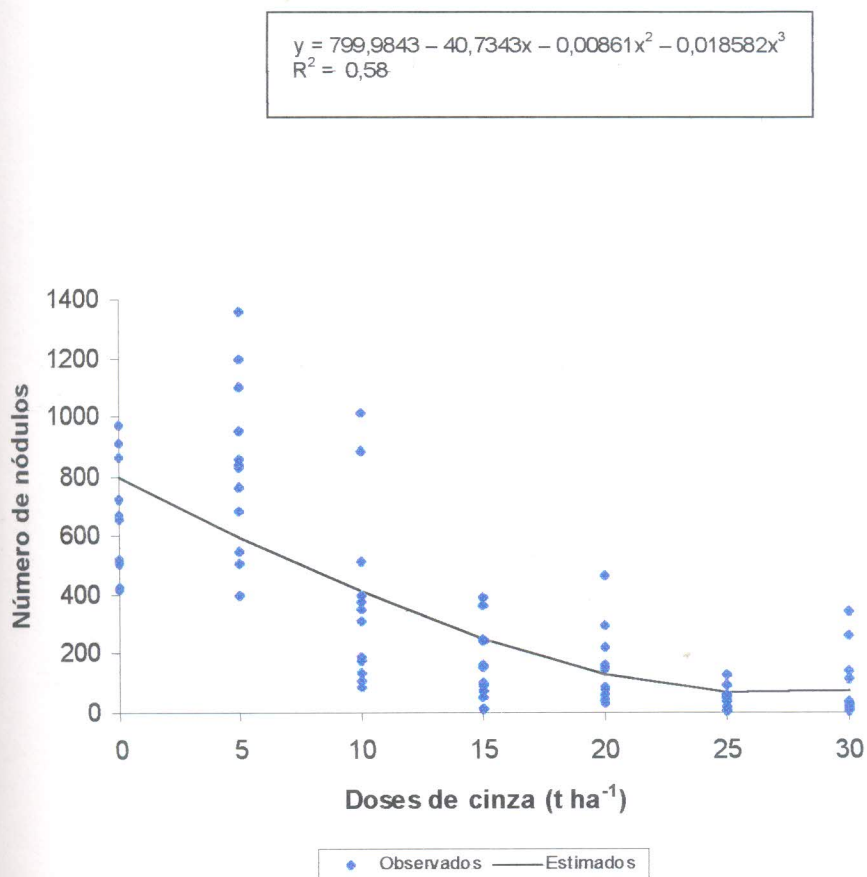


FIGURA 6 – Número de nódulos das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.

De acordo com SIQUEIRA & FRANCO (1988), o nitrogênio mineral, dentre todos os nutrientes, é o que tem maior efeito sobre a fixação biológica de N, que somente ocorrerá em situações de deficiência deste nutrientes. Ainda, segundo esses autores, na simbiose das leguminosas, o excesso de N afeta, em diferentes magnitudes, o processo de infecção, a taxa de fixação e o número de nódulos formados.

4.7 Massa seca total da planta

Em relação à massa seca total, observou-se que os melhores resultados foram determinados para as doses de cinza de 10, 15 e 20 t ha⁻¹ (Figura 7). A diferença entre a massa seca total da testemunha e dos

melhores tratamentos (10 e 15 t ha⁻¹) foi de 52,8%. Na testemunha foi obtido o menor peso de massa seca total, evidenciando o papel da cinza como fonte de nutrientes para as plantas.

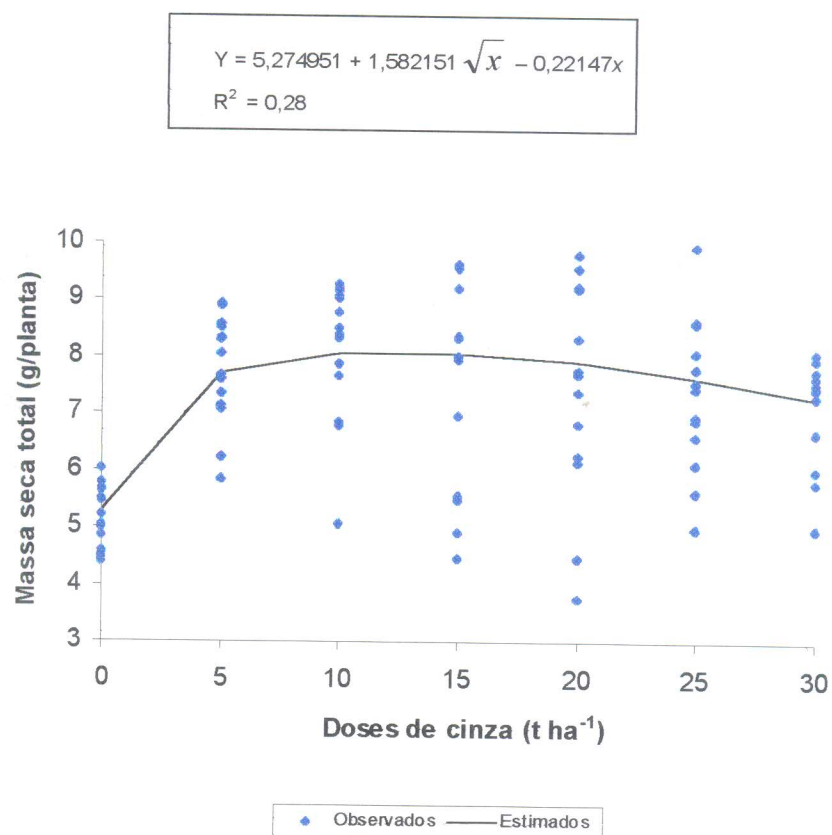


FIGURA 7 - Massa seca total das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.

A máxima eficiência técnica estimada para massa seca total foi de 8,10 g/planta para 12,8 t ha⁻¹ de cinza aplicada.

Os pesos de massa seca total determinados por TEDESCO (1999), para acácia-negra, aos 120 dias utilizando vasos com capacidade de 3,0 dm³ com diferentes doses de N-P-K em casa de vegetação, apresentaram os maiores valores para as quantidades adicionadas de 2,30 g de N/planta e 2,51 g de P/planta.

Verifica-se que os pesos de massa seca total assemelham-se aos determinados por CALDEIRA et al. (1998) que, trabalhando com acácia-negra, porém com substrato diferente, aos 90 dias em casa de vegetação climatizada, obtiveram valores que variaram de 4,30 a 7,85 g/ planta.

FOGAÇA (1999), determinou resposta significativa para aplicação de N junto ao K, sendo o ponto de máxima eficiência técnica, a 69 e 125 mg Kg⁻¹ destes nutrientes, respectivamente, para produção de massa seca total em casa de vegetação para plantas de *Apuleia leiocarpa*.

Em resposta à omissão de macronutrientes no crescimento de mudas de *Acacia mangium*, DIAS et al. (1994) verificaram que os nutrientes que mais afetaram o crescimento em massa seca foram na ordem decrescente N, S, P, K, Mg e Ca.

4.8 Relação entre a massa seca das raízes e da parte aérea da planta

Observa-se na Figura 8 que a relação entre a massa seca das raízes e da parte aérea apresentou um decréscimo, com o aumento das doses de cinza até atingir o menor valor com a aplicação de 20 t ha⁻¹, ocorrendo uma variação de 0,42 (na testemunha) a 0,26 (com 20 t ha⁻¹ de cinza).

Segundo Glass apud DANIEL et al. (1997), esta razão aumenta à medida que diminui o suprimento de nutrientes.

BRAGA et al. (1995), estudando as exigências nutricionais de espécies florestais, verificaram para *Acacia mangium* o aumento desta relação somente na omissão de P e micronutrientes; por outro lado, a pereira (*Platygyamus regnellii*) apresentou aumento desta relação pela omissão de N, P, Mg, S e, principalmente a testemunha. A peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) mostrou-se sensível à omissão de P e K.

A relação entre a massa seca aérea e radicular é comumente maior em ambiente de baixa fertilidade, sendo que os nutrientes que mais afetam esta relação são o N e P, seguidos pelo K e S (CLARKSON, 1985).

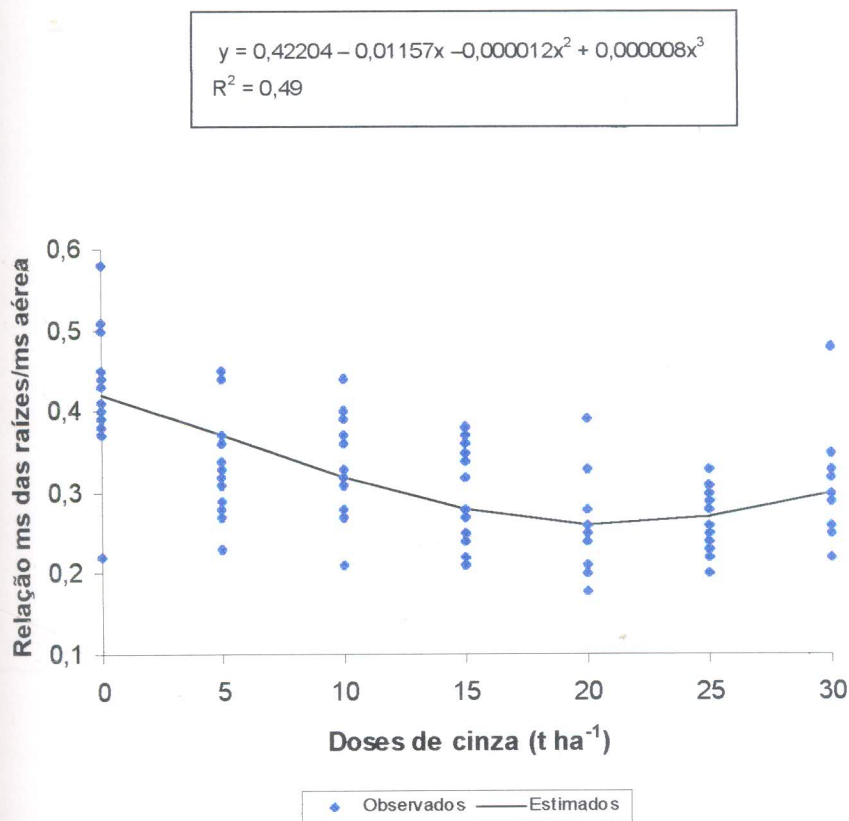


FIGURA 8 – Relação massa seca das raízes e a massa seca aérea das plantas em função da quantidade de cinza aplicada.

DANIEL et al. (1997) obtiveram para mudas de *Acacia mangium* o valor de 0,45 pela aplicação de 260 mg de P Kg⁻¹, onde consideraram como valores ideais para essa relação, à produção de mudas para serem levadas a campo, valores entre 0,45 e 0,50.

Segundo Räsänen apud CARNEIRO (1995), as raízes devem ser densas e em correta proporção com a parte aérea. A relação adequada, tem sido considerada de 1/3 a 1/5.

4.9 Efeito comparativo entre as doses de cinza e a adubação NPK

Para melhor avaliar os efeitos das doses de cinza em relação à adubação com NPK, foi realizado análise estatística através do teste F para a massa seca total (Tabela 5).

TABELA 5 – Resultados da análise de variância para aplicação de diferentes doses de cinza e adubação NPK na produção de massa seca total das plantas de *Acacia mearnsii*.

CV	GL	SQ	QM	Fc	Ft	Média
Trat. (7)	6	87,7	14,6	6,4		7,3
Erro	98	221,7	2,2			
Total	104	309,5				
Trat. (NPK)	1	25,0	25,0	0,11	3,94	6,4

A partir dos resultados da Tabela 5, observa-se que o tratamento com NPK não diferiu significativamente dos demais tratamentos (7) para a variável massa seca total, pois o $F_{cal.} < F_{tab.}$ pelo teste F em nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 6 – Valores médios observados dos parâmetros avaliados aos 135 dias para plantas de *Acacia mearnsii*.

Trat.	H cm	D mm	MSA g	MSR g	MST g
0 t ha ⁻¹ de cinza	28,3	4,0	3,5	1,5	5,2
5 t ha ⁻¹ de cinza	35,8	4,8	5,7	1,9	7,8
10 t ha ⁻¹ de cinza	37,3	4,9	6,1	2,0	8,1
15 t ha ⁻¹ de cinza	37,4	4,8	6,1	1,8	7,9
20 t ha ⁻¹ de cinza	37,9	4,9	6,1	1,6	7,7
25 t ha ⁻¹ de cinza	36,8	4,8	5,8	1,5	7,3
30 t ha ⁻¹ de cinza	36,4	4,9	5,7	1,6	7,2
NPK	34,5	4,6	4,5	1,7	6,4

H = Altura; D = diâmetro do colo; MSA = massa seca aérea; MSR = massa seca radicular; MST = massa seca total.

Os valores médios observados na Tabela 6 do tratamento com NPK para todos os parâmetros avaliados foram inferiores aos dos tratamentos

com a aplicação de diferentes doses de cinza, apenas com exceção da testemunha que obteve valores médios inferiores em relação a todos os tratamentos.

4.10 Efeito da cinza sobre as características químicas do solo

Serão apresentados a seguir os efeitos da cinza sobre as características químicas do solo e, conseqüentemente, sobre o aumento de massa seca das plantas, encontrando-se explicação científica através das alterações nos valores de K, P, Ca, Mg, pH, V% e CTC, segundo demonstram as Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15, respectivamente, e valores determinados conforme Anexo 4.

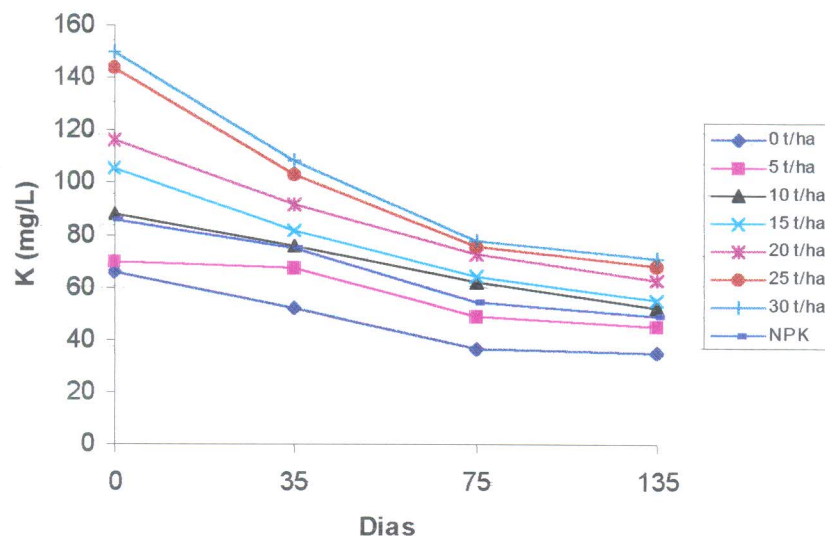


FIGURA 9 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de potássio no solo, após 0, 35, 75 e 135 dias.

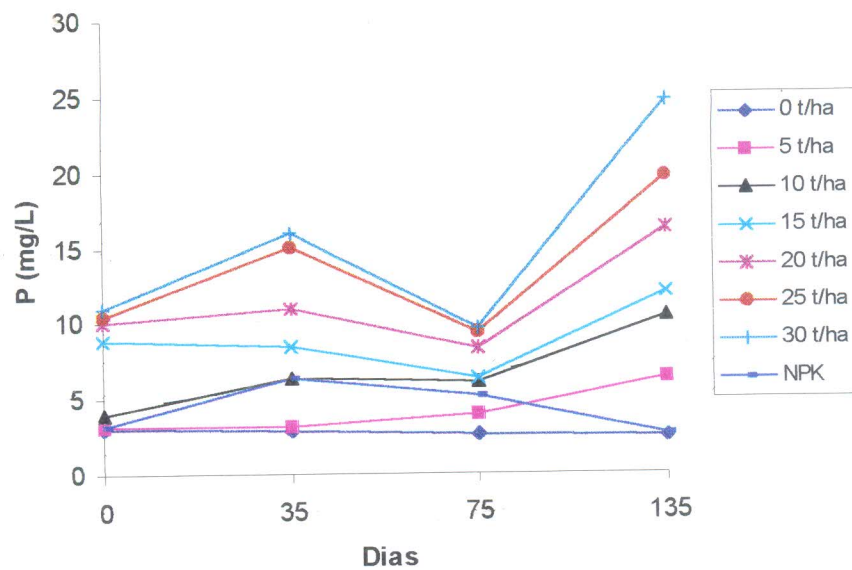


FIGURA 10 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de fósforo no solo, após 0, 35, 75 e 135 dias.

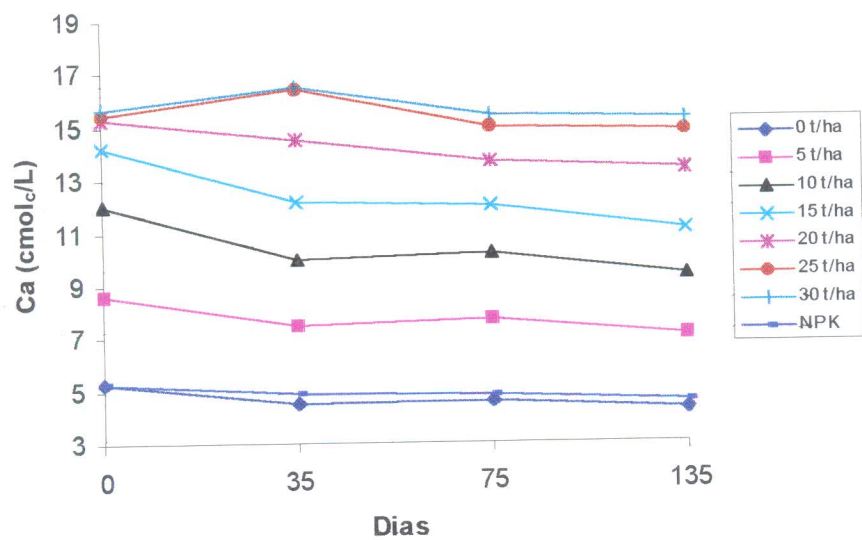


FIGURA 11 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de cálcio no solo, após 0, 35, 75 e 135 dias.

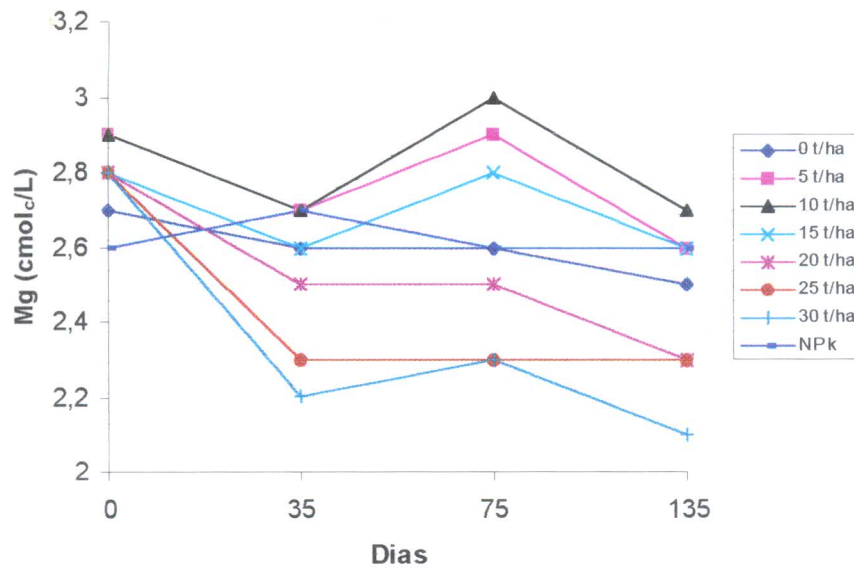


FIGURA 12 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de magnésio no solo, após 0, 35, 75 e 135 dias.

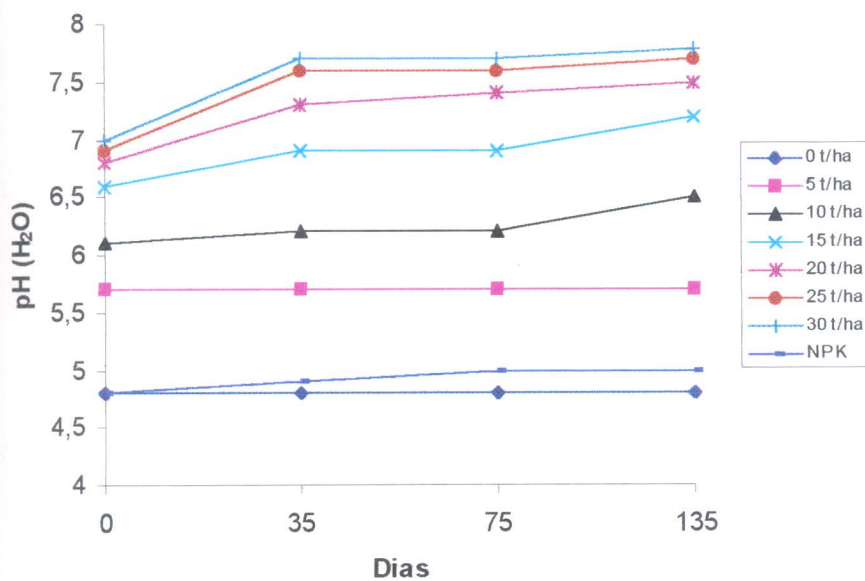


FIGURA 13 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre o pH do solo, após 0, 35, 75 e 135 dias.

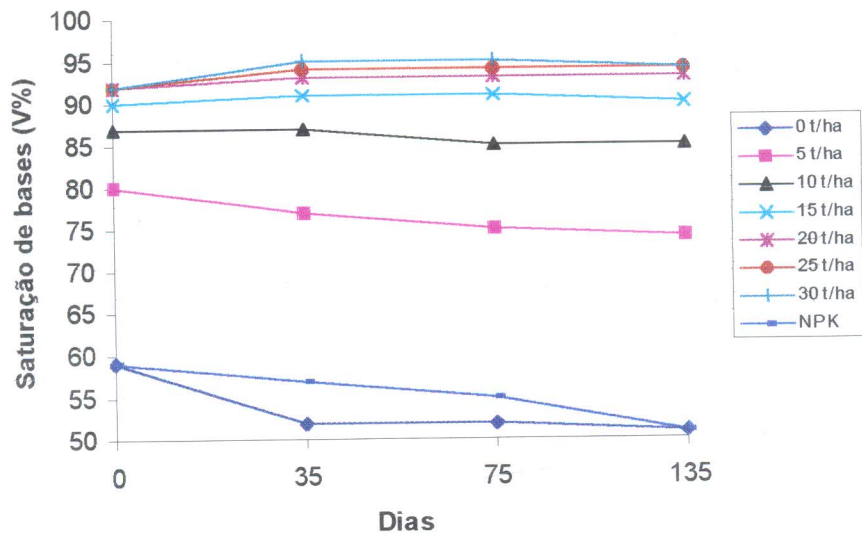


FIGURA 14 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre a saturação por bases (V%), após 0, 35, 75 e 135 dias.

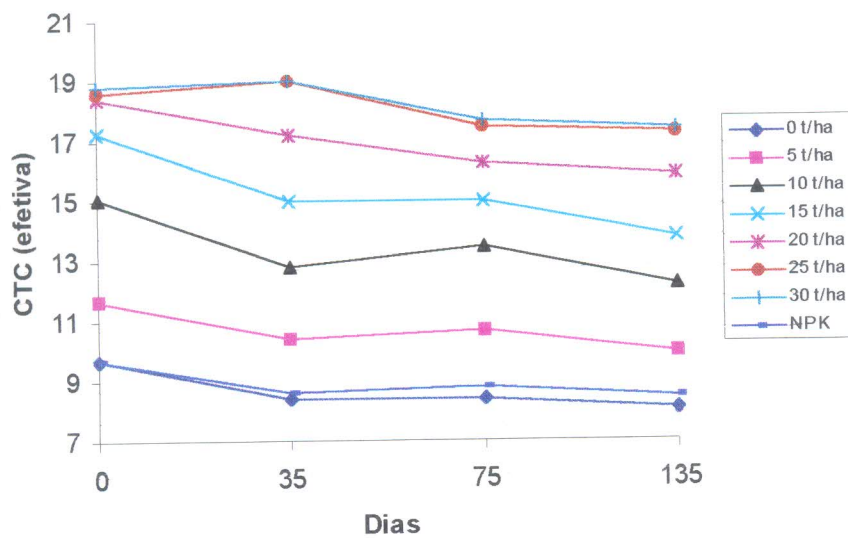


FIGURA 15 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre a CTC (efetiva), após 0, 35, 75 e 135 dias.

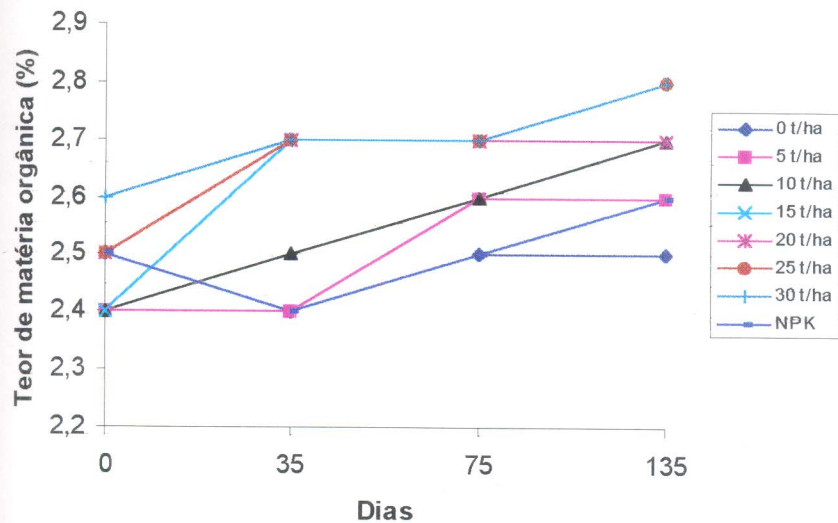


FIGURA 16 - Efeito das diferentes doses de cinza sobre o teor de matéria orgânica (%), após 0, 35, 75, 135 dias.

As doses aplicadas de cinza, bem como os diferentes tempos de avaliação, promoveram mudanças expressivas sobre o K, P, Ca, Mg, pH, V% e CTC (Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15). Só não foram determinadas grandes variações com o tempo para os teores de matéria orgânica (Figura 16). Para a CTC (efetiva) observou-se que, com aplicação de cinza, os valores aumentaram conforme o aumento das doses, elevando-se de 9,7 para 18,8 na maior dose aplicada no início do experimento (Figura 15). O valor de pH, para a maior dose aplicada de cinza elevou-se de 4,8 para 7,2; 7,5; 7,7 e 7,8, aos 0, 35, 75 e 135 dias, respectivamente (Figura 13). Nesse mesmo período, também para a maior dose aplicada de cinza, o teor de K comportou-se da seguinte forma: de 66 para 150, 109, 78 e 71 mg/L, indicando que conforme o crescimento da planta houve uma sensível diminuição no teor de K (Figura 9). O teor de Ca elevou-se de 5,3 para 15,7; 16,5, 15,4 e 15,3 cmol_c/L (Figura 11); o teor de Al decresceu de 1,2 cmol_c/L para 0 em todas as doses de cinza aplicadas e a Saturação por Bases (V%)

elevou-se de 59 para 92, 95, 95 e 94%, respectivamente (Figura 14). Este comportamento evidencia o grande efeito da cinza como corretivo da acidez do solo. Com relação ao P a aplicação da dose equivalente a 30 t ha^{-1} de cinza chegou a elevar o P de 3,1 para 11,0; 16,0; 9,6 e 24,7 mg/L, após 0, 35, 75 e 135 dias de cultivo das plantas, respectivamente. A maior disponibilidade de P ocorreu aos 135 dias, que coincide com os maiores valores de pH (Figuras 10 e 13). Segundo TOMÉ Jr. (1997), a maior disponibilidade de P no solo ocorre a partir dos valores de pH entre 6,5 a 7,5. O teor de Mg quase não variou no início do experimento, apenas foi observado mais acentuadamente aos 75 dias (Figura 12). Resultados semelhantes a estes foram determinados por GONÇALVES & MORO (1995).

As variações dos teores dos nutrientes, durante o experimento, são devido ao consumo pela planta e à liberação lenta e gradativa dos nutrientes contidos na cinza nos diferentes períodos.

Ficou evidente no estudo o importante papel da cinza como melhorador das características químicas do solo e como fonte de nutrientes para o crescimento das plantas de *Acacia mearnsii*, principalmente de Ca, K, P e N.

4.11 Efeito da cinza sobre os teores de nutrientes nas plantas de *Acacia mearnsii*.

Como objetivo de fornecer maiores subsídios para explicar as respostas no crescimento das plantas à aplicação da cinza, foi feita a análise de tecido da massa seca aérea, radicular e de nódulos, determinando-se os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Os resultados são apresentados nas Tabelas 7, 8 e 9.

TABELA 7 – Teores de N, P, K, Ca e Mg do tecido vegetal da parte aérea de plantas de *Acacia mearnsii*.

Tratamento (t ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
g Kg ⁻¹				
0	10,5	1,3	5,5	11,1	1,3
5	14,0	1,5	7,1	14,5	1,3
10	15,2	1,7	8,1	18,9	1,3
15	20,4	1,8	9,0	22,3	1,3
20	22,2	1,9	9,6	23,3	1,4
25	25,1	2,0	9,9	24,3	1,4
30	22,7	2,1	10,2	25,7	1,5
NPK	14,6	1,5	6,3	14,5	1,3

TABELA 8 - Teores de N, P, K, Ca e Mg do tecido vegetal da parte radicular de plantas de *Acacia mearnsii*.

Tratamento (t ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
g Kg ⁻¹				
0	16,9	1,5	10,1	3,3	2,5
5	17,5	1,7	10,9	4,0	4,6
10	19,2	1,9	10,3	5,5	6,4
15	19,8	2,1	9,0	7,7	6,6
20	20,4	2,4	9,0	9,5	6,8
25	22,1	2,4	9,5	13,8	7,1
30	21,0	2,4	9,9	14,1	7,1
NPK	17,0	1,7	10,0	4,2	2,6

TABELA 9 – Teores de N, P, K, Ca e Mg do tecido vegetal de nódulos de plantas de *Acacia mearnsii*.

Tratamento (t ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
g Kg ⁻¹				
0	35,0	1,2	12,5	4,1	4,6
5	41,1	1,3	13,1	5,5	5,1
10	44,1	1,6	13,7	6,9	5,2
15	49,0	1,9	15,2	7,9	4,8
20	45,5	2,0	16,4	8,9	4,8
25	45,5	2,0	15,5	9,7	4,7
30	45,5	2,0	14,9	8,9	4,8
NPK	36,7	1,3	13,1	4,3	4,6

A aplicação da cinza influenciou, significativamente a concentração de nutrientes na parte aérea, radicular e nódulos. Os nutrientes mais translocados para a parte aérea das plantas de acácia-negra em ordem decrescente foram: Ca, N, K, P e Mg.

Em função da falta de dados na literatura a respeito das concentrações ideais para plantas de acácia-negra, utilizou-se os valores determinados por GONÇALVES (1995) e MALAVOLTA et al. (1997) para *Eucalyptus* spp, para fins de comparação.

4.11.1 Nitrogênio

A concentração de N na parte aérea, aumentou com a aplicação das doses de cinza, atingindo a concentração máxima com a dose de 25 t ha⁻¹. Os teores variaram de 10,5 (na testemunha) a 25,1 g Kg⁻¹ (com 25 t ha⁻¹ de cinza), conforme observa-se na Tabela 7. Esses valores de concentração de

N na parte aérea da acácia-negra, enquadram-se na faixa adequada para folhas de *Eucalyptus* spp. (GONÇALVES, 1995). Entretanto, o teor de N determinado na testemunha enquadra-se na faixa de deficiência para o *Eucalyptus* spp. (MALAVOLTA, 1997).

FOGAÇA (1999), em estudos de nutrição mineral com N-P-K em solo Podzólico vermelho-amarelo com *Apuleia leiocarpa*, cuja espécie é pertencente à mesma família (Leguminosae) da *Acacia mearnsii*, em casa de vegetação, aos 140 dias, determinou nas folhas uma concentração que variou de 18,0 (na testemunha) a 33,0 g Kg⁻¹ (na dose de 80mg de N Kg⁻¹).

A concentração de N nas raízes (Tabela 8) acompanhou a resposta observada na parte aérea porém, as concentrações variaram de 16,9 (na testemunha) a 22,1 g Kg⁻¹ (com 25 t ha⁻¹ de cinza). FOGAÇA (1999), determinou para mudas de *Apuleia leiocarpa* uma concentração que variou de 5,7 (na testemunha) a 14,1 g Kg⁻¹ (com 80 mg de N Kg⁻¹) para a massa seca radicular.

As maiores concentrações de N foram determinadas na massa seca de nódulos (Tabela 9), que variaram de 35,0 (na testemunha) a 49,0g Kg⁻¹ (com 15 t ha⁻¹ de cinza), fato este que comprova a grande importância da fixação biológica como fonte de nitrogênio para o crescimento da acácia-negra.

4.11.2 Fósforo

De acordo com a Tabela 7, a concentração de P na parte aérea nas plantas de acácia-negra apresentou valores crescentes, variando de 1,3 (na testemunha) a 2,1 g Kg⁻¹ (com 30 t ha⁻¹ de cinza). Esses valores enquadram-se na faixa adequada para folhas de *Eucalyptus* spp. (GONÇALVES, 1995) e para a *Araucaria angustifolia* e *Pinus* spp (com exceção da testemunha), segundo MALAVOLTA (1997).

A concentração de P nas folhas apresentou valores crescentes com a aplicação de P, que variou de 0,6 (na testemunha) a 1,9 g Kg⁻¹ (com 80mg

de P Kg⁻¹) para mudas de *Apuleia leiocarpa*, aos 140 dias em casa de vegetação (FOGAÇA, 1999).

Os maiores teores de P foram observados na parte radicular (Tabela 8), que também apresentou valores crescentes com a aplicação de cinza, variando de 1,5 (na testemunha) a 2,4 g Kg⁻¹ (com 30 t ha⁻¹ de cinza).

Segundo CASTILHOS & ANGHINONI (1988), o teor de P pelas raízes está mais relacionado com a parte aérea da planta, onde o P estando uma vez no tecido foliar seria metabolizado e redistribuído às raízes na forma orgânica.

As concentrações de P nos nódulos variaram de 1,2 (na testemunha) a 2,0 g Kg⁻¹ (com 30 t ha⁻¹ de cinza), sendo que os valores e a resposta foram semelhantes às concentrações da massa seca da parte aérea (Tabela 9).

4.11.3 Potássio

Os teores de K na parte aérea apresentaram valores crescentes, variando de 5,5 (na testemunha) a 10,2 g Kg⁻¹ (com 30 t ha⁻¹ de cinza), conforme demonstrada na Tabela 7. Esses valores de concentração de K na parte aérea da acácia-negra, enquadram-se na faixa adequada para folhas de *Eucalyptus* spp. (GONÇALVES, 1995), com exceção das doses (0, 5 e 10 t ha⁻¹).

A concentração de K determinada nas folhas e caule de mudas de *Apuleia leiocarpa*, variaram de 11,0 a 14,0 g Kg⁻¹ e de 4,0 a 9,2 g Kg⁻¹ (FOGAÇA, 1999).

Os teores de K na parte radicular, apresentaram comportamento diferenciado dos demais nutrientes analisados, sendo que a dose de 5 t ha⁻¹ resultou na maior concentração, atingindo o valor de 10,9 g Kg⁻¹ (Tabela 8).

Segundo BRAGA et al. (1995), o potássio é considerado o elemento mais importante na formação das raízes secundárias.

De acordo com a Tabela 9 as maiores concentrações de K foram determinados nos nódulos, obtendo-se uma variação de 12,5 (na testemunha) a 16,4 g Kg⁻¹(com 20 t ha⁻¹ de cinza).

4.11.4 Cálcio

A concentração de Ca na parte aérea (Tabela 7) apresentou valores crescentes, variando de 11,1 (na testemunha) a 25,7 g Kg⁻¹ (com 30t ha⁻¹ de cinza). Essas concentrações de Ca na parte aérea da acácia-negra são superiores às da faixa adequada para folhas de *Eucalyptus* spp., *Araucaria angustifolia*, *Pinus* spp e *Helvia brasiliensis* (MALAVOLTA et al.,1997). A concentração de cálcio na parte aérea das plantas de acácia-negra foi maior que a concentração de N, fato este indicativo da considerável capacidade de absorção do nutriente pela planta na fase inicial de crescimento.

As raízes (Tabela 8), também apresentaram valores crescentes de absorção do nutriente, variando de 3,3 (na testemunha) a 14,1 g Kg⁻¹ (em 30 t ha⁻¹ de cinza). Para os nódulos (Tabela 9), a resposta foi semelhante à parte radicular, obtendo-se uma variação de 4,1 (na testemunha) a 9,7 g Kg⁻¹ (em 25 t ha⁻¹ de cinza).

NICOLOSO et al. (1999), observaram resposta negativa à aplicação de Ca em mudas de *Apuleia leiocarpa*.

Estudando o comportamento no crescimento de mudas de *Acacia mangium* DIAS et al.(1994) e BRAGA et al. (1995), verificaram que a espécie não apresentou resposta à aplicação de Ca. Por outro lado, BRAGA et al. (1995), estudando as exigências nutricionais da quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), observaram que a omissão de Ca, N, P e S comprometeu a produção da massa seca da parte aérea e radicular, além do diâmetro do colo e a altura das plantas.

4.11.5 Magnésio

A concentração de Mg na parte aérea (Tabela 7) da acácia-negra, foi mais estável entre os tratamentos, variando de 1,3 (testemunha) a 1,5 g Kg⁻¹ (30 t ha⁻¹). Essas concentrações são inferiores às da faixa adequada para folhas de *Eucalyptus* spp., *Araucaria angustifolia*, *Pinus* spp e *Helvia brasiliensis* (MALAVOLTA et al., 1997). A baixa concentração de Mg na parte aérea das plantas de acácia-negra, e o alto teor de Mg no solo para todos os tratamentos, foram interpretados com base na COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC (1994), concluindo-se que, provavelmente, a acácia-negra na fase inicial possui um sistema eficiente na utilização de Mg.

As concentrações de Mg na parte radicular (Tabela 8) apresentaram valores crescentes com as aplicações de cinza, obtendo-se uma variação de 2,5 (testemunha) a 7,1 g Kg⁻¹ (30 t ha⁻¹), enquanto que, para os nódulos (Tabela 9), houve pequena variação entre os tratamentos, ficando os valores entre 4,6 (testemunha) a 5,2 g Kg⁻¹ (20 t ha⁻¹).

FOGAÇA (1999) não determinou resposta positiva à adubação de Mg para a *Apuleia leiocarpa*, aos 140 dias, utilizando solo Podzólico vermelho-amarelo em casa de vegetação.

5 CONCLUSÕES

A aplicação de doses crescentes de cinza, alterou os valores de pH , K, Ca, P, CTC e V% do solo, ao longo do tempo.

A aplicação da cinza aumentou as quantidades de nutrientes acumulados nos componentes analisados das plantas, em relação à testemunha.

A aplicação de doses crescentes de cinza resultou em aumento do crescimento em todos os parâmetros avaliados. As doses de melhor resposta para a massa seca total produzida foram de 10 e 15 t ha⁻¹ de cinza, obtendo-se ganho de 52,8 % superior à testemunha.

As doses de cinza aplicadas influenciaram negativamente o número de nódulos das raízes.

6 CONSIDERAÇÕES

Para a utilização da cinza em grande escala na implantação de povoamentos de *Acacia mearnsii*, por semeadura direta ou plantio por mudas, será necessário:

- 1- Estudo de análise do custo de transporte e distribuição da cinza, nas áreas de implantação dos povoamentos.
- 2- Estudo monitorado de campo, para verificação das alterações químicas e físicas do solo, das perdas dos nutrientes por erosão, e da forma de distribuição e incorporação da cinza, fatores estes que devem ser considerados para determinar a melhor dose a ser utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, T. A. . Florestas privadas implantadas. In: SEMINÁRIO SOBRE A SITUAÇÃO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL, 1., 1991, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/ CEPEF/ FATEC. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Rio Grande do Sul, 1991. p.16-20.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação Solo - Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. 330 p.
- BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A. ; SILVA, E. D.; ANDRADE, G. C.; MORO, L. Implicações ecológicas do uso de cinza de caldeira e resíduo de celulose em plantios de *Eucalyptus grandis*. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1994, Botucatu. **Anais...** Botucatu: 1994. p. 167-187.
- BIANCHETTI, A. ; RAMOS, A. . **Métodos para superar a dormência de sementes de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. Curitiba: EMBRAPA, 1982. 31p.
- BINKLEY, D. **Forest Nutrition Management**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 290 p.
- BINKLEY, D. **Nutrición forestal: prácticas de manejo**. México: Limusa, 1993. 40p.
- BORSATO, J.; RAVEN, V.; GONÇALVES, A. B. B. Adubação fundamental em Acácia (*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. 898p.
- BRAGA, F. A.; VALE, F. R.; VENTORIM, N.; AUBERT, E.; LOPES, G. A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Rev. Árvore.**, Viçosa, v.19, n.1, p.18-31, 1995.
- 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).
- CARDOSO, D. J.; DURIGAN, M. E.; SANQUETTA, C. R. Comportamento da bracatinga (*Mimosa scabrella*) sob cinco níveis de fósforo. **Floresta**, Curitiba, v. 15. n. 1-2, 1985.
- CARNEIRO, J.G.A . **Produção e Controle de Qualidade de Mudanças Florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.
- CASTILHOS, D. D.; ANGHINONI, I. influência do suprimento de fósforo a diferentes frações de sistema radicular sobre o comportamento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.263-267, 1988.
- CERETTA, C. A. **Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia/milho, no sistema pantio direto**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 130p. (Curso de atualização e recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto).
- CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: **SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM**

DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBCS, 1985. p. 45-75.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de Adubação e de Calagem para os Estados do RS e SC.** 3.ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul, 1994. 224 p.

COPETTI, L.; SCHUMACHER, M. V.; BALBINOT, R.; CAPRA, A.; HERNANDES, J. I.; SUTILI, F. J. Influência dos teores de cálcio e alumínio do solo no desenvolvimento do sistema radicular de *Acacia mearnsii* De Wild. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 14., 1999, Santa Maria. **Resumo...** Santa Maria: UFSM, 1999. p. 493.

DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; ALOVIS, A. A. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.2, p. 31-47, 1997.

DIAS, L. E.; ALVAREZ, V. H.; BRIENZA, Jr., S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd.: resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n.1, p. 11-22, 1991.

DIAS, L. E.; FARIA, S. M.; FRANCO, A. A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd. em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.18, n.2, p. 123-131, 1994.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina.** Curitiba, 1988. 113 p. (EMBRAPA - CNPF - Documentos, 21).

FARIA, M. P. de.; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R.; CURI, N. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo

micorrízico e rizóbio em *Albizia lebbbeck*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n.3, p. 293-307, 1995.

FOGAÇA, M. A. F. de. **Nutrição mineral da grápia (*Apuleia leiocarpa*): resposta à fertilização NPK em solo Podzólico vermelho amarelo**. Santa Maria: UFSM, 1999. 80p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal de Santa Maria.

FRANCO, A. Simbiose leguminosas-Rhizobiume 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, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, 1982. 95p. (EMBRAPA - Documento, 12).

FRANCO, A.A.; DÖBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos Tropicais. **Summa Phytopathologica**, v.20, n.1, p.68-74, 1994.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; ROSSI, A. R.; RESENDE, A. V. Acidez do Solo e Crescimento Inicial de Espécies Florestais Nativas. In : REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumo expandido...** Manaus: SBCS, 1996, p 238-239.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R. Calagem e Crescimento de Espécies Florestais. In : REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumo expandido...** Manaus: SBCS, 1996, p 240-241.

- GOI, S. R.; SPRENT, J. L.; JAMES, E. K.; JACOB-NETO, J. Influence of nitrogen form and concentrations on the nitrogen fixation of *Acacia auriculiformis*. **Symbiosis**, n. 14, p. 115-122, 1992.
- GOMES, NETO, J. **Influência da queima controlada na concentração de elementos Químicos do solo em povoamentos de *Pinus spp.*, na região de Sacramento, MG.** Santa Maria: UFSM, 1994. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.
- GONÇALVES, C. A.; GOI, S. R.; JACOB-NETO, J. Crescimento e nodulação de *Inga marginata* em resposta à adição de nitrogênio, o fósforo e inoculação com rizóbio. **Floresta e Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 118-126, 1999.
- GONÇALVES, J.L. M.; MORO, L. Uso da cinza de Biomassa florestal como fonte de nutrientes em povoamentos puros de *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n.48/49, p. 28-37, 1995.
- GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica.** Documentos Florestais, 15: 1-23, 1995.
- GUERRINI, I. A.; MORO, L. Influencia da aplicação de resíduos de fábrica de celulose e papel em plantio de eucalipto: efeitos no solo e na planta. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1994, Botucatu. **Anais...**, Botucatu, 1994. p.190-205.
- GUERRINI, I. A.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito do cálcio e do pH no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus saligna*. In: CONGRESSO

FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...**, Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v. 1. p. 240-242.

KEIL, S. S.; CURSIO, G. R.; RACHWALL, M.; DEDECEK, R. 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. **Resumos...** Caxambu: UFL, 1998. p 565.

KHANNA, P. K.; RAISON, R. J.; FALKINER, R. A. Chemical properties of ash derived from *Eucalyptus* litter and its effects on forest soils. **Forest Ecology and Management**, v. 66, p.107-125, 1994.

KIEHL, J. E. **Manual de Edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 264 p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos Trópicos**. Eschborn. 1990, 343p.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1989. 292p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARCHIORI, J.N.C. **Anatomia das árvores do gênero acácia nativas e cultivadas no Rio Grande do Sul**. Curitiba: UFPR, 1990. 226p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.

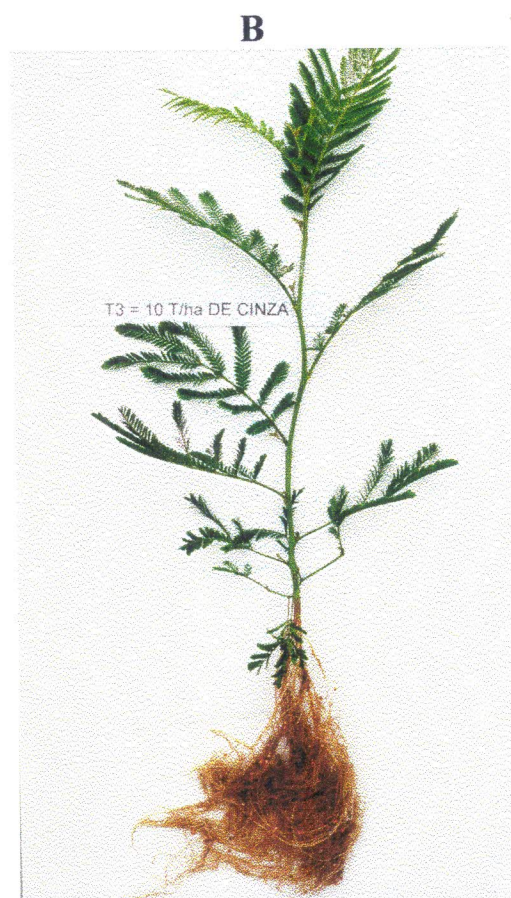
MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: Editora UFSM, 1997. 199p.

- MELLO, F. A. F. de.; BRASIL SOBRINHO, M. O.C. do.; ARZOLLA, S.
Fertilidade do solo. 4 ed. São Paulo: Nobel, 1989. 400p.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura 1961.
- MORO, L. **Utilização de resíduos industriais como fonte de nutrientes em povoamentos florestais**. Brasília: Fundação Roberto Marinho, 1990.
- MORO, L. ; GONÇALVES, J.L. de M. Uso da cinza de Biomassa florestal como fonte de nutrientes em povoamentos puros de *Eucalyptus grandis* e avaliação financeira. **IPEF**, Piracicaba, n. 48/49, p.18-27, 1995.
- MUNNS, R.; CRAMER, G. R. Is coordination of leaf and root growth mediated by abscisic acid? Opinion. **Plant and Soil**, Netherlands, v.185, p.23-49, 1996.
- NAYLOR, L. M.; SCHMIDT, E. Paper mill wood ash as a fertilizer and liming material: Field trials. **Tappi journal**, Atlanta, v. 72, n. 6, p.199-206, 1989.
- NEVES, J. C. L.; CÁRDENAS, A. C.; LANI, J. L.; BARROS, N. F. & NOVAIS, R.F. Efeito de doses e localização de fósforo sobre o crescimento de mudas de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, 1987, **Anais...** p. 144-157.
- NICOLOSO, F. T.; GARLET, A.; ZANCHETTI, F.; FOGAÇA, M. A. F. Exigências nutricionais da grápia (*Apuleia leiocarpa*) em solo Podzólico vermelho amarelo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.2, p. 225-231, 1999.

- NOLASCO, A. M.; GUERRINI, I. A.; BENEDETTI, V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fontes de nutrientes e condicionadores de solos em plantios florestais. In: SIMPÓSIO DE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1999, Piracicaba. **Resumos expandidos...** Piracicaba: IPEF-ESALQ/USP, 1999. Publicação apresentada em CD Rom.
- NOLLA, D. **Erosão do solo**: o grande desafio. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1982. 412p.
- OLIVEIRA, H. A. **Acácia-negra e Tanino no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Tipografia Mercantil, 1960. 116p.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do Solo e Adubação**. São Paulo: Ceres, 199. 343 p.
- SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria:UFSM/CEPEF, 1997. 217p.
- SHERRY, S.P. **The Black Wattle (*Acacia mearnsii*)**. Pietermoritzburg: Universite of Natal Press, 1971.402p.
- SILVA, E. M. R.; DÖBEREINER, J. O papel das leguminosas no reforestamento. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 7., 1982, Curitiba. **Anais...** Curitiba: 1982. p. 33-52.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnology do solo, fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ABEAS; Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 235p.

- STAPPE, J. L. ; BALLONI , E. A . O uso de resíduos da indústria de celulose como insumo na produção florestal. **IPEF**, Piracicaba, n.40, p. 33-37 1998.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO,C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).
- TEDESCO, N. **Produção de mudas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) adubadas com N-P-K**. Santa Maria: UFSM, 1999. 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.
- TOMKINS, I.B.; KELLAS, J.D.; TOLHURST, K.G.; OSWIN, D.A. Effects of fire intensity on soil chemistry in a eucalypt forest. **Australian journal of soil research**, Melbourne, v.29, p. 25-47, 1991.
- TOMÉ, Jr., J.B. **Manual para interpretação de análise do solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.
- VALERI, S. V.; PIRES, A. L. B.; BANZATTO, D. A.; CORRADINI, L.; VALLE, C. F. Efeitos da adubação NPK no desenvolvimento inicial de progênies de *Eucalyptus grandis* em condições de casa de vegetação. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba, **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p. 246-248.
- WIDRICH, V.; BOSETTO F. M.; RENZONI, M. Efeccts of fire on some chemical characteristics of a forest soil. **Italia Forestal e Montana**, v.3, n. 32. p. 93-104, 1977. Resumo publicado em *Forestry Abstracts*, v. 41, n. 10, p. 508, 1980.

ANEXOS



ANEXO 1 - A - Vista do experimento com 135 dias de idade. B - Aspecto da parte aérea e radicular da muda com 135 dias de idade (tratamento com 10 t ha^{-1} de cinza).

A



B



ANEXO 2 – A - Aspecto da parte aérea dos tratamentos das plantas com 135 dias de idade. B - Aspecto dos nódulos de rizóbio.

ANEXO 3 – Seção 4.1

1. Resumo da análise de variância dos valores de altura de *Acacia mearnsii* aos 135 dias.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	1055,0	527,5	15,8
Resíduo	102	3409,9	33,4	
Total	104	4464,9		

$$R^2 = 0,24$$

$$R^2 \text{ aj.} = 0,22$$

$$S_{yx} = 5,7818$$

$$CV = 16,1 \%$$

$$\text{Média} = 35,79$$

2. Resumo da análise de variância dos valores de diâmetro de *Acacia mearnsii* aos 135 dias.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	8,6	4,30	12,7
Resíduo	102	34,4	0,34	
Total	104	43,0		

$$R^2 = 0,20$$

$$R^2 \text{ aj.} = 0,18$$

$$S_{yx} = 0,0581$$

$$CV = 12,3\%$$

$$\text{Média} = 4,72$$

3. Resumo da análise de variância dos valores da massa seca aérea de *Acacia mearnsii* aos 135 dias.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	8,6	4,30	12,7
Resíduo	102	34,4	0,34	
Total	104	43,0		

$$R^2 = 0,38$$

$$R^2 \text{ aj.} = 0,37$$

$$S_{yx} = 1,085$$

$$CV = 19,4\%$$

$$\text{Média} = 5,57$$

4. Resumo da análise de variância dos valores da massa seca raiz de *Acacia mearnsii* aos 135 dias.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Regressão	3	4,13	1,37	8,17
Resíduo	101	16,99	0,17	
Total	104	21,12		

$$R^2 = 0,20$$

$$R^2 \text{ aj.} = 0,17$$

$$S_{yx} = 0,41$$

$$CV = 23,9\%$$

$$\text{Média} = 1,71$$

5. Resumo da análise de variância dos valores da massa seca total de *Acacia mearnsii* aos 135 dias.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	87,77	43,88	20,18
Resíduo	102	221,75	2,17	
Total	104	309,52		

$$R^2 = 0,28$$

$$R^2 \text{ aj.} = 0,27$$

$$S_{yx} = 1,47$$

$$CV = 19,8\%$$

$$\text{Média} = 7,43$$

6. Resumo da análise de variância dos valores da massa seca nódulos de *Acacia mearnsii* aos 135 dias.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	0,37	0,188	15,82
Resíduo	81	0,96	0,012	
Total	83	1,34		

$$R^2 = 0,28$$

$$R^2 \text{ aj.} = 0,26$$

$$S_{yx} = 0,11$$

$$CV = 66,0\%$$

$$\text{Média} = 0,165$$

7. Resumo da análise de variância dos valores do número de nódulos de *Acacia mearnsii* aos 135 dias.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	5743052,0	1914344,0	36,62
Resíduo	81	4181413,0	52267,66	
Total	83	9924445,0		

$$R^2 = 0,58$$

$$R^2_{aj.} = 0,56$$

$$Syx = 228,6$$

$$CV = 68,5\%$$

$$\text{Média} = 333$$

ANEXO 4 – Seção 4.10

1. Características químicas do solo utilizado no momento da instalação do experimento, após a mistura com os materiais dos tratamentos.

Trat. (t ha ⁻¹)	pH água	MO %	Pmg/L...	K	Ca	Mg	Al	CTC efetiva	V %
					Cmol/L.....			
0	4,8	2,5	3,1	66	5,3	2,7	1,2	9,7	59
5	5,7	2,4	3,2	70	8,6	2,9	-	11,7	80
10	6,1	2,4	4,0	88	12,0	2,9	-	15,1	87
15	6,6	2,4	8,8	106	14,2	2,8	-	17,3	90
20	6,8	2,5	10,0	116	15,3	2,8	-	18,4	91
25	6,9	2,5	10,5	144	15,4	2,8	-	18,6	92
30	7,0	2,6	11,0	150	15,7	2,8	-	18,8	92
NPK	4,8	2,5	3,2	86	5,3	2,6	1,0	9,7	59

2. Análise química do solo aos 35 dias após a semeadura.

Trat. (t ha ⁻¹)	pH água	MO %	Pmg/L...	K	Ca	Mg	Al	CTC efetiva	V %
					Cmol/L.....			
0	4,8	2,4	2,9	52	4,5	2,6	1,1	8,4	52
5	5,7	2,4	3,2	67	7,5	2,7	-	10,4	77
10	6,2	2,5	6,3	76	10,0	2,7	-	12,8	86
15	6,9	2,7	8,4	82	12,2	2,6	-	15,0	91
20	7,3	2,7	11,0	92	14,5	2,5	-	17,2	93
25	7,6	2,7	15,1	103	16,4	2,3	-	19,0	94
30	7,7	2,7	16,0	109	16,5	2,2	-	19,0	95
NPK	4,9	2,4	6,3	75	4,8	2,7	1,0	8,6	57

3. Análise química do solo aos 75 dias após a semeadura.

Trat. (t ha ⁻¹)	pH água	MO %	Pmg/L...	K	CaCmol _c /L.....	Mg	Al	CTC efetiva	V %
0	4,8	2,5	2,6	37	4,6	2,6	1,1	8,4	52
5	5,7	2,6	4,0	49	7,7	2,9	-	10,7	75
10	6,2	2,6	6,1	62	10,2	3,0	-	13,5	85
15	6,9	2,7	6,3	64	12,0	2,8	-	15,0	91
20	7,4	2,7	8,3	73	13,7	2,5	-	16,3	93
25	7,6	2,7	9,4	76	15,0	2,3	-	17,5	94
30	7,7	2,7	9,6	78	15,4	2,3	-	17,7	95
NPK	5,0	2,5	5,1	54	4,8	2,6	1,0	8,8	55

4. Análise química do solo aos 135 dias após a semeadura.

Trat. (t ha ⁻¹)	pH água	MO %	Pmg/L...	K	CaCmol _c /L.....	Mg	Al	CTC efetiva	V %
0	4,8	2,5	2,5	35	4,3	2,5	1,2	8,1	52
5	5,7	2,6	6,3	45	7,1	2,6	-	9,9	74
10	6,5	2,7	10,5	52	9,4	2,7	-	12,2	85
15	7,2	2,7	12,0	55	11,1	2,6	-	13,8	90
20	7,5	2,7	16,3	63	13,4	2,3	-	15,9	93
25	7,7	2,8	19,7	68	14,8	2,3	-	17,3	94
30	7,8	2,8	24,7	71	15,3	2,1	-	17,4	94
NPK	5,0	2,6	2,7	49	4,6	2,6	1,0	8,5	51