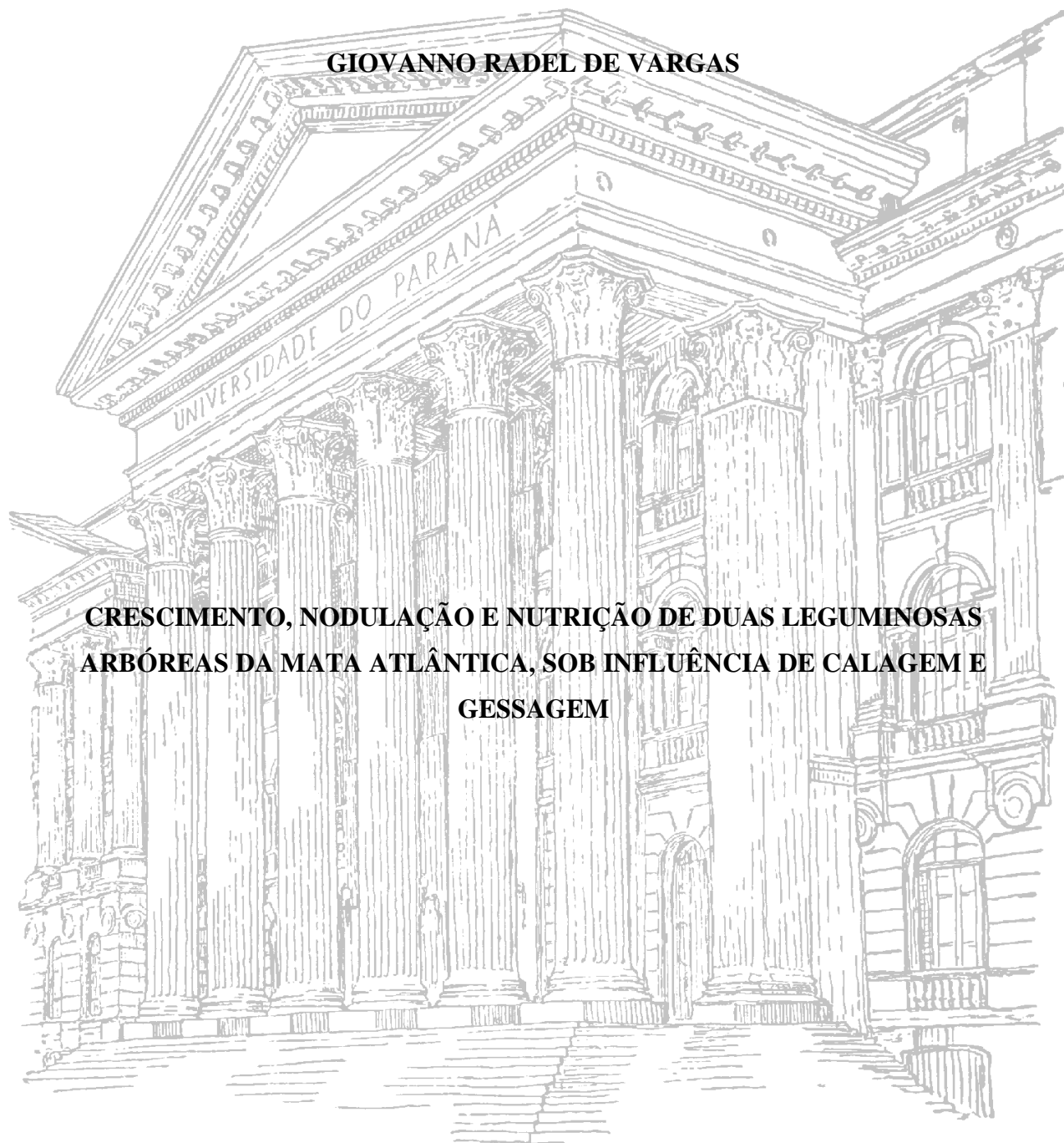


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GIOVANNO RADEL DE VARGAS



**CRESCIMENTO, NODULAÇÃO E NUTRIÇÃO DE DUAS LEGUMINOSAS
ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA, SOB INFLUÊNCIA DE CALAGEM E
GESSAGEM**

CURITIBA

2013

GIOVANNINO RADEL DE VARGAS

**CRESCIMENTO, NODULAÇÃO E NUTRIÇÃO DE DUAS LEGUMINOSAS
ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA, SOB INFLUÊNCIA DE CALAGEM E
GESSAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Solo e Ambiente, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.


Orientador: Prof. Dr. Renato Marques
Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno
Reissmann

CURITIBA


2013

PARECER

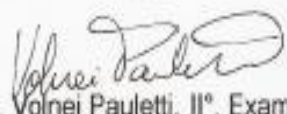
A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de **GIOVANNIO RADEL DE VARGAS**, intitulada : “**Crescimento, nodulação e nutrição de duas leguminosas arbóreas da mata atlântica, sob influência de calagem e gessagem**”, do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição do candidato, emitem parecer pela “**APROVAÇÃO**” da referida Dissertação. O candidato atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**. Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 26 de fevereiro de 2013.



Prof. Dr. Renato Marques, Presidente, Orientador.



Eng.º Florestal Dr. Celso Garcia Auer, I.º, Examinador.



Prof. Dr. Volnei Pauletti, II.º, Examinador,

DEDICATÓRIA

Ofereço

Aos meus pais, Gilson Bomm de Vargas e Estelamar Radel, meu irmão, Giordanno Radel de Vargas, meus avós Eugenio Radel e Irene Radel, maiores incentivadores da minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por mais este motivo de felicidade.

Ao meu orientador, Prof^o Dr. Renato Marques, pela amizade, orientação, ensinamentos, confiança, paciência e fundamental colaboração para o término desta dissertação.

Aos professores do Programa com os quais tive o privilegio de aprender e poder desenvolver todo o andamento deste trabalho.

Aos professores que participaram da banca, que tanto puderam contribuir com a finalização deste trabalho.

A todos os meus colegas e amigos que direta ou indiretamente muito colaboraram para a realização deste trabalho, em especial aos da minha turma de Mestrado, Eduardo de Paula Menezes, Anderson Lemiska, Rodrigo Ambrósio, Wilson Wagner Ribeiro Teixeira, e demais colegas da turma 2011, cujas sugestões e críticas construtivas durante as aulas de Seminário foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Gerson, Elda, Roberto e Aldair.

Aos meus amigos e familiares, em especial meus pais, Gilson e Estela, e aos meus avós Eugênio e Irene, pelo suporte, força e incentivo.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar este trabalho e ao programa REUNI, pela concessão da bolsa de estudos.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para sua conclusão, Muito Obrigado.

"Grandes realizações não são feitas por impulso, mas por uma soma de pequenas realizações"

Vincent Van Gogh

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1 COLETA E ANÁLISES DE SOLO	4
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	5
2.3 MEDIÇÕES DE CRESCIMENTO, NODULAÇÃO E ANÁLISES QUÍMICAS DAS PLANTAS	7
2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	8
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1 INFLUÊNCIA DA CALAGEM E GESSAGEM NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	9
3.2 NÚMERO E MASSA DOS NÓDULOS.....	12
3.3 ALTURA, DIÂMETRO DO COLO E MATÉRIA SECA DAS PLANTAS.....	14
3.4 TEORES NUTRICIONAIS NO TECIDO VEGETAL.....	19
3.5 QUANTIDADE DE NUTRIENTES NAS PLANTAS.....	23
4 CONCLUSÕES.....	26
5 LITERATURA CITADA	27
APÊNDICE	35

CRESCIMENTO, NODULAÇÃO E NUTRIÇÃO DE DUAS LEGUMINOSAS ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA, SOB INFLUÊNCIA DE CALAGEM E GESSAGEM ¹

Autor: Giovanni Radel de Vargas

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

Co-Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

RESUMO

A utilização de espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio tem-se apresentado como estratégia eficiente na recuperação de áreas degradadas. Mas, dependendo das condições de solo, o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) não se mostra eficiente, comprometendo o desenvolvimento das plantas. Uma prática de manejo que pode melhorar a eficiência da FBN é a calagem. Entretanto, resultados da pesquisa sobre esta prática ainda são restritos a um pequeno número de espécies, sendo constatada a necessidade de ampliação destes estudos, sobretudo com leguminosas arbóreas. O objetivo do projeto foi avaliar o efeito de doses crescentes de calcário e gesso sobre a nodulação, o crescimento e a nutrição de duas espécies de leguminosas arbóreas nativas da Mata Atlântica do Paraná. Para a realização do experimento, foi utilizado um delineamento experimental inteiramente ao acaso, consistindo em sete tratamentos, possuindo cinco repetições. Os tratamentos consistiram em cinco doses de calcário, uma dose de sulfato de cálcio (gesso) e um tratamento testemunha. As espécies *Anadenanthera colubrina* (Angico) e *Senna multijuga* (Canafístula) foram utilizadas como plantas teste, sendo o experimento conduzido em casa de vegetação. Foram avaliados crescimento em altura e diâmetro pelo período de sete meses. Após este período, foi efetuado o corte e retirada das plantas e suas raízes, sendo avaliada a fitomassa das mesmas e a composição química foliar das plantas coletadas. As raízes tiveram seus nódulos destacados, contados e pesados em cada tratamento. Após a coleta dos dados de altura e diâmetro do colo estes foram submetidos à análise de variância por meio do F-teste, e pelo teste de Tukey para comparação das médias (5% de significância). A aplicação de calcário promoveu aumento do pH, neutralização do Al no solo e promoveu aumento nos teores de Ca e Mg. Para a espécie Angico a aplicação de calcário foi benéfica à produção dos nódulos para a maioria dos tratamentos. A aplicação de calcário mostrou resultados superiores aos observados em resposta ao gesso, tanto no diâmetro do colo quanto na altura das duas espécies, apesar de não mostrar efeito significativo na altura do Angico. Os teores de macronutrientes encontrados nos tecidos vegetais tanto da espécie Canafístula quanto da espécie Angico, para a maioria dos tratamentos, seguiu a ordem $N > Ca > Mg > K > P$. Em relação aos micronutrientes os teores seguiram a sequência $Fe > Mn > Zn > Cu$ para a maioria dos tratamentos. Os teores nutricionais nas plantas sugerem que as plantas estavam bem nutridas ao final do experimento. As quantidades de nutrientes incorporada nos tecidos vegetais, para a maioria dos nutrientes, seguiu a mesma ordem de crescimento das plantas.

Palavras-chave: Angico, Canafístula, Espécies Nativas, Acidez do solo.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (47p.) Fevereiro, 2013.

GROWTH, NUTRITION AND NODULATION OF TWO ATLANTIC RAINFOREST'S LEGUME TREES UNDER INFLUENCE OF LIME AND GYPSUM ²

Author: Giovanni Radel de Vargas

Advisor: Prof. Dr. Renato Marques

Co- Advisor: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

ABSTRACT

The use of nitrogen-fixing tree species have been presented as efficient strategy for reclamation. But, depending on soil conditions, the process of biological nitrogen fixation (BNF) is inefficient, affecting plant development. A management tool that can improve the efficiency of BNF is liming. However, results of research on this practice are still restricted to a small number of species being found the need to expand these studies, especially with leguminous trees. The project goal was to evaluate the effect of increasing doses of lime and gypsum on nodulation, growth and nutrition of two species of leguminous trees native to the Atlantic Forest in Paraná. To perform the experiment, we used a completely randomized experimental design, consisting of seven treatments, having five repetitions. Treatments consisted of five limestone, a dose of calcium sulfate (gypsum) and a control treatment. The *Anadenanthera colubrina* (Angico) and *Senna multijuga* (canafístula) were used as test plants, the experiment being conducted in a greenhouse. We assessed growth in height and diameter for a period of seven months. After this period, was done cutting and removal of plants and their roots were evaluated at the same biomass and leaf chemical composition of plants collected. The root systems had their nodules detached, counted and weighed for each treatment. After collecting the data of height and diameter they were subjected to analysis of variance using the F-test, and the Tukey test for comparison of means (5% significance). Liming promoted increased pH, neutralizing much of Al in the soil and caused had increased levels of Ca and Mg. For the species Angico lime application was beneficial to the production of nodules for most treatments. Liming showed superior results to those observed in response to gypsum, both stem diameter and the height of the two species, although not show significant effect on the height of Angico. The macronutrient found in plant tissues of both species as the species canafístula Angico for all treatments followed the order N > Ca > Mg > K > P. Regarding micronutrient levels followed the order Fe > Mn > Zn > Cu for most treatments. The nutritional content in plants including the control treatment suggests that the plants were well nourished at the end of the experiment, despite low levels of most nutrients in the soil at the beginning of the experiment.

Keywords: Angico, canafístula, Native Species, Soil acidity.

² Soil Science Master Dissertation. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (47p.) February, 2013.

1 INTRODUÇÃO

No estado do Paraná, o tema preservação ambiental está quase sempre associado à Mata Atlântica. O remanescente florestal na região litorânea, juntamente com o remanescente no sul do estado de São Paulo, representa a maior área contínua preservada deste Bioma (RBMA, 2011). Os solos sob estas florestas geralmente apresentam baixa disponibilidade de nutrientes e elevada acidez, que são fatores conhecidos como limitantes ao crescimento de plantas (Haridasan & Araújo, 2005).

A acidez do solo e as deficiências nutricionais são fatores que afetam a produção e sustentabilidade de diversas espécies (Grewal & Wilians, 2003), sendo indicadas como as principais limitações ao desenvolvimento de espécies arbóreas em solos de baixa fertilidade (Gonçalves & Goi, 1999). A toxidez causada pelo Al também é apontada como uma das causas das limitações de crescimento destas plantas, pois, além de prejudicar o crescimento das plantas, também retarda a absorção do N (Duguma et al., 1988). O efeito do alumínio em níveis tóxicos sobre o desenvolvimento do sistema radicular se caracteriza pela inibição do alongamento da raiz principal e pelo engrossamento das pontas das raízes, resultando em exploração de menor volume de solo pelas plantas, redução na absorção de nutrientes e no aproveitamento da água do solo (Alvarez et al., 2002), reduzindo a absorção e translocação de cálcio e magnésio nas plantas (Gama & Kiehl, 1999). Assim, a ocorrência de solos ácidos com baixos níveis de fertilidade são entraves que têm prejudicado a absorção de nutrientes pelas plantas e dificultado o estabelecimento de algumas espécies de plantas (Nicoloso et al., 2008).

A calagem é uma das práticas menos trabalhosas e mais efetivas na correção da acidez do solo e, além disto, o Brasil possui vastas reservas de calcário (Fageira, 2001). Vale ressaltar que mais de 70% dos solos brasileiros são ácidos, o que confere características limitantes ao desenvolvimento de inúmeras culturas, tanto agrícolas como florestais. Assim, a correção da acidez possui grande importância no desenvolvimento das plantas nestes solos, uma vez que eleva o pH e os teores de Ca e Mg, aumenta a disponibilidade de P e reduz a de Al e Mn tóxicos no solo, fatores que quando amenizados proporcionam condições favoráveis ao crescimento radicular (Correa et al., 2008). Além destes benefícios, a calagem quando feita de maneira adequada aumenta a mineralização da matéria orgânica no solo, a disponibilidade de nutrientes, estimula atividade microbiana, aumento da CTC, além do aumento da eficiência da adubação (Vale et al., 1995).

A forma de calagem mais utilizada é através da aplicação do calcário dolomítico no solo, pois este possui relativa frequência e abundância e constitui fonte de Ca e Mg (Veloso et al., 1992). Apesar de ser excelente fonte destes nutrientes, cuidados precisam ser tomados na aplicação de calcário, pois a calagem excessiva pode acentuar uma eventual deficiência de K e de alguns micronutrientes e, pode causar um desequilíbrio entre Ca e Mg, prejudicando o crescimento das plantas (Moreira et al., 1999), o que pode demonstrar a inviabilidade da utilização do calcário em algumas situações (Stamford & Costa, 1995), podendo até ser considerada antieconômica em alguns casos (Chen et al., 1991).

Outra importante fonte de Ca é o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), pois além de fonte de cálcio, pode atuar na melhoria dos efeitos da acidez no subsolo. Por alcançar maiores profundidades, a aplicação de gesso na superfície resulta em melhor crescimento radicular em camadas mais profundas e maior absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas, em decorrência do aumento da concentração de Ca, e da precipitação de Al^{3+} (Caires et al., 2003).

Existem evidências da influência da calagem na nodulação de plantas leguminosas, mas estes indícios foram, em geral, verificados em espécies agrícolas, que também respondem positivamente à calagem, crescendo melhor em solos com valores de pH próximos da neutralidade (Caires & Rosolem, 2000).

Pelegrin et al. (2009) observaram que algumas das limitações causadas pela acidez do solo, como pH baixo e concentrações elevadas de Al, podem limitar todas as etapas do processo de infecção das raízes, formação de nódulos e assimilação do N. Poolpipatana & Hue (1999) observaram que a calagem contorna estas limitações, pois beneficia a nodulação, a absorção de nutrientes e a produção de matéria seca da parte aérea das plantas.

Além disso, a maior eficiência da fixação simbiótica do N ocorre em decorrência da menor acidez do solo (Blamey & Chapman, 1982). Silva & Defelipo (1993) observaram que a calagem provoca aumento no número de nódulos, na fixação de N e no acúmulo de matéria seca de algumas leguminosas, além de elevar o pH a valores mais próximos da neutralidade e anular a ação tóxica do alumínio presente no solo. Bernardino et al. (2007) verificaram aumento na produção de matéria seca, na altura e no diâmetro do colo quando da aplicação de calcário ao substrato de produção de mudas de algumas espécies arbóreas, resultados também confirmados por Tucci et al. (2007) em ensaio semelhante.

Caracterizadas por serem espécies pioneiras e agressivas, com elevada produção de biomassa e ocorrência em diferentes condições climáticas, as leguminosas arbóreas têm

apresentado significativo destaque nos estudos de recuperação de áreas degradadas (Baliero et al., 2001). Entre as espécies de importância ambiental entre as leguminosas arbóreas, pode-se destacar o Angico (*Anadenanthera colubrina*) e a Canafístula (*Senna multijuga*).

A espécie Angico é uma espécie de germinação alta e crescimento rápido. Possui madeira dura e pesada, de grande durabilidade. Sendo rústica e adaptada a terrenos secos, é recomendada para recuperação ambiental, crescendo muito bem em solos pobres e degradados, podendo ser útil ainda na arborização urbana e no paisagismo. Como produzem grande quantidade de sementes e de fácil germinação, é possível produzir facilmente muitas mudas (Lorenzi, 2000).

A espécie Canafístula é uma espécie típica de estágio inicial, presente no início da formação de uma floresta, se transforma no inverno perdendo suas folhas. Tem uma grande disseminação natural, sendo encontrada em formações de populações quase puras, ou amplamente dominante em formações secundárias. É muito utilizada em recuperação de áreas degradadas, sendo pesquisada e recomendada para revegetação de áreas degradadas pela mineração de bauxita e xisto, bem como para áreas de preservação permanente.

A utilização destas espécies em programas de recuperação de áreas degradadas é uma técnica que tem apresentado bons resultados e a introdução destas plantas nestas áreas constitui uma eficiente estratégia para acelerar a recuperação do solo e iniciar a sucessão natural, por apresentarem maior capacidade de desenvolvimento em substratos pobres e suportarem as condições apresentadas em solos degradados (Chaer et al., 2010).

Entretanto, o estímulo ao plantio de leguminosas arbóreas como alternativa para recuperar solos e reflorestamento deve ser precedido por pesquisa que avalie o potencial de nodulação das espécies e consequente prospecção de microrganismos do solo (Souza et al., 2007) e a resposta das plantas à aplicação de insumos no solo (Kitamura et al., 2008).

Quanto às limitações químicas dos solos, as plantas podem mostrar diferentes graus de sensibilidade e algumas espécies florestais conseguem se desenvolver sem apresentar sintomas de deficiência nutricional ou toxidez causada pelo alumínio (Vale et al., 1996). Vários podem ser os mecanismos desenvolvidos pelas plantas para crescer bem nestes solos ácidos e pobres em nutrientes. Um deles está relacionado à capacidade de algumas plantas em formar associação com bactérias fixadoras de nitrogênio (Franco et al., 1995, Barbieri et al., 1998). Geralmente, são plantas da família Fabaceae, que desenvolvem nódulos em suas raízes, possuindo em geral rápido crescimento, múltiplo uso, fácil propagação, potencial para

incremento genético e significância ecológica pela fixação biológica do N (Franco & Faria, 1997).

No entanto, para a maioria das espécies leguminosas arbóreas com potencial para a recuperação de áreas degradadas, desconhecem-se as exigências nutricionais. Este fato conduz a adoção de adubações padronizadas, desconsiderando as exigências nutricionais de cada espécie, não permitindo desta forma, que se obtenha o potencial máximo de crescimento das plantas (Fernandez, 1996).

Neste contexto, mais pesquisas são necessárias com as diferentes espécies arbóreas noduladoras, avaliando-se sua adaptação às diferentes condições de acidez do solo e/ou de disponibilidade de nutrientes e os efeitos sobre o crescimento, nutrição e nodulação destas plantas. Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do calcário e do gesso sobre atributos químicos do solo e sobre o crescimento, a nodulação e a nutrição de duas espécies de leguminosas arbóreas nativas da Mata Atlântica do Paraná.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 COLETA E ANÁLISES DE SOLO

O solo utilizado para a condução do experimento foi coletado na Fazenda Experimental do Canguiri, gerenciada pelo Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR), localizada no município de Pinhais (PR), na região metropolitana do município de Curitiba (FIGURA 1). O solo foi coletado na camada de 0 a 100 cm de profundidade do solo em uma área de floresta plantada predominante com *Pinus taeda*, classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico (EMBRAPA, 2006), material de origem da Formação Guabirotuba (argilito), sob coordenadas 7.190.979 N e 687.492 E, sendo o clima da região do tipo Cfb segundo a classificação climática de Köppen.

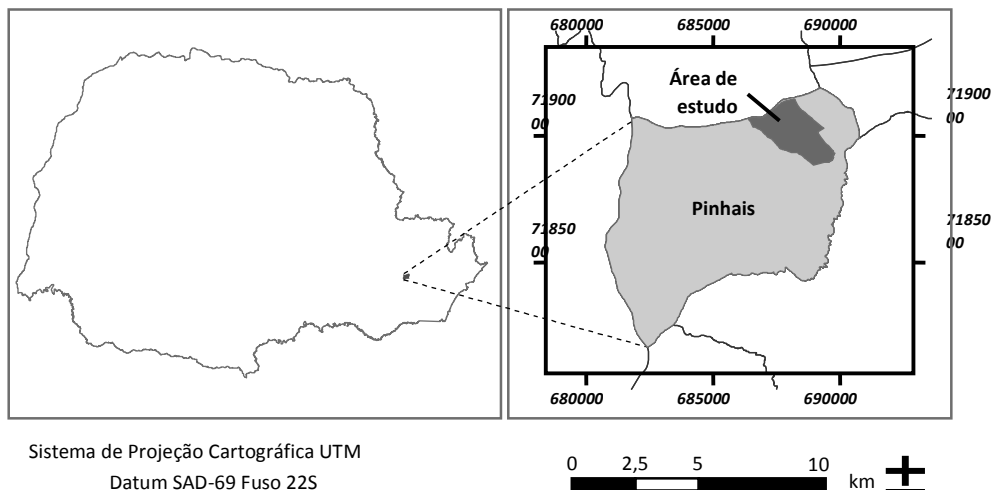


FIGURA 1. Localização da Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais/PR.

Do solo usado para o experimento foram retiradas amostras nas quais foram determinados os seguintes atributos químicos (TABELA 1): fósforo (P) Mehlich; potássio (K) Mehlich; alumínio (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis, pH CaCl_2 , pH SMP e acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$). Com isso foi determinada a soma de bases (SB), a saturação por bases (V%), a saturação por alumínio (m%) e a CTC a pH 7,0, conforme Marques & Motta (2003). Trinta dias após a aplicação dos tratamentos e ao final do experimento as análises de solo foram repetidas, sendo feita uma análise de solo por tratamento, através de amostra composta das repetições de cada tratamento.

TABELA 1. Atributos químicos do solo antes do início do experimento.

pH	pH	Al^{3+}	$\text{H}^++\text{Al}^{3+}$	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^+	SB	T	P	C	V	m
CaCl_2	SMP	-----				cmol _c dm ⁻³ -----			mg dm ⁻³	g dm ⁻³	%	%
3,50	3,80	5,90	25,60	1,20	0,20	0,07	1,47	27,07	1,40	14,30	5,00	80,00

SB = Soma de bases; T= Capacidade de troca de cátions a pH 7,0; P = Fósforo extraído por Mehlich; C = carbono orgânico total; V = saturação por bases; m= Saturação de Al.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O ensaio foi montado em delineamento experimental inteiramente ao acaso, consistindo em sete tratamentos e cinco repetições, além de um tratamento testemunha. Os tratamentos consistiram em cinco diferentes doses de calcário (calcário dolomítico), uma dose

de cálcio, por meio da aplicação de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), além da testemunha sem aplicação de calcário ou gesso.

As doses de calcário nos tratamentos V20, V30, V40, V50 e V60 foram calculadas para elevar a saturação por bases (V%), a 20%, 30%, 40%, 50% e 60% respectivamente. O tratamento Gesso recebeu dose gesso equivalente à aplicação de cálcio da dose de calcário para elevar a saturação por bases a 40%.

A quantidade de calcário a ser utilizada em cada tratamento foi obtida por meio da equação: $\text{NC (t ha}^{-1}\text{)} = (\text{V2-V1}) \cdot \text{T} \cdot \text{f} / 100$, em que:

NC = Necessidade de calagem,

V1 = valor da saturação por bases trocáveis do solo, em porcentagem, antes da correção (obtido através da análise de rotina do solo).

V2 = Valor da saturação por bases trocáveis que se deseja nos diferentes tratamentos;

T = capacidade de troca de cátions;

f = fator de correção do PRNT do calcário ($f = 100/\text{PRNT}$). O calcário utilizado possui PRNT de 72%.

Por meio da utilização da equação acima, cada vaso recebeu as seguintes dosagens:

Tratamento Testemunha (T): Sem adição de calcário ou gesso

Tratamento 20% (V20): 8,46g de calcário (5,64 t/ha⁻¹)

Tratamento 30% (V30): 14,109g de calcário (9,40 t/ha⁻¹)

Tratamento 40% (V40): 19,755g de calcário (13,17 t/ha⁻¹)

Tratamento 50% (V50): 25,39g de calcário (16,93 t/ha⁻¹)

Tratamento 60% (V60): 31,042g de calcário (20,7 t/ha⁻¹)

Tratamento Gesso (G): 19,755g de sulfato de cálcio (13,17 t/ha⁻¹)

Foram utilizadas como plantas-teste as espécies Angico (*Anadenanthera colubrina*) e Canafístula (*Senna multijuga*), nativas da Mata Atlântica paranaense, em dois ensaios conduzidos simultaneamente.

As mudas utilizadas foram adquiridas em viveiro florestal. Foram selecionadas mudas de tamanho homogêneo entre cada espécie, mas as mudas da espécie Angico apresentavam porte maior no início do experimento em relação às mudas da espécie Canafístula.

Foram utilizados vasos com 3 litros de volume cada um, sendo utilizados 3 kg de solo em cada vaso e em seguida foram realizados os cálculos das dosagens em cada tratamento. Uma vez calculadas as doses de calcário e gesso, estes insumos foram aplicadas ao solo

individualmente em cada vaso. Após misturar o solo com os insumos, este foi incubado com umidade em torno de 70% da capacidade de campo do solo por cerca de 30 dias. Ao final deste período, as mudas foram transplantadas para os vasos.

Os vasos foram dispostos sobre mesas metálicas na casa de vegetação com os tratamentos aleatorizados, de maneira a evitar possíveis favorecimentos de crescimento associados à incidência luminosa mais favorável (FIGURA 2).



FIGURA 2. Distribuição dos vasos com os tratamentos na casa de vegetação.

A condução das plantas foi feita com irrigação diária (quando necessária), com o objetivo de manter a umidade em torno de 70% da capacidade de campo do solo.

2.3 MEDIÇÕES DE CRESCIMENTO, NODULAÇÃO E ANÁLISES QUÍMICAS DAS PLANTAS

As medições de crescimento foram realizadas a cada 30 dias, e foram efetuadas pelo período de sete meses totalizando oito medições (a primeira foi realizada no primeiro dia após

o transplante). Foram medidos o diâmetro do colo das mudas e a altura das mesmas, com paquímetro digital da marca DIGMESS e fita métrica, respectivamente.

Ao final do período de crescimento foi efetuado o corte das plantas e retirada das raízes do solo. O material coletado da parte aérea foi separado em caules e folhas e colocado para secar em estufa (65 °C) por aproximadamente 72 horas, para secagem e obtenção da matéria seca (MS).

Os sistemas radiculares coletados passaram por lavagem em água e tiveram seus nódulos destacados, contados e pesados em cada tratamento. Posteriormente, este material foi também secado para obtenção da MS dos mesmos.

Todo o material vegetal, raízes, caules e folhas foram posteriormente triturados em cada tratamento, em moinho de facas tipo Wiley para realização das análises químicas.

Foi realizada uma análise química de raiz, caule e folha por tratamento, sendo feita através de uma amostra composta obtida através das repetições após a trituração do material.

A metodologia analítica usada foi a descrita por Martins & Reissmann (2007); os tecidos vegetais foram incinerados em mufla a 500 °C e posteriormente solubilizados em HCl 3 mol/L. O P foi determinado por colorimetria com vanadato-molibdato de amônio e leitura em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV/Vis 1240 Mini. As determinações de K foram realizadas por fotometria de emissão. Os elementos Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

O N total e o C orgânico total foram determinados por combustão em analisador da marca ELEMENTAR, modelo Vario EL III.

Após a coleta de todos os dados de matéria seca, altura e diâmetro do colo foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson (Dickson et al., 1960), para se obter um índice de qualidade das mudas, medido através da equação: $IQD = MST/(H/DC + MSPA/MSR)$, onde: MST = Matéria Seca Total, H= Altura, DC= Diâmetro do Colo, MSPA= Matéria Seca da Parte Aérea e MSR= Matéria seca da raiz.

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos para as variáveis determinadas foram submetidos à análise de variância, através do F-teste e passaram pelo teste de Tukey (5% de significância), para comparação das médias (Pimentel-Gomes, 1990). Foram utilizados como variáveis para as

análises estatísticas os valores de altura, diâmetro do colo e matéria seca total das plantas ao final do experimento.

Os valores de altura e diâmetro utilizados para realização das respectivas análises estatísticas são os da última medição realizada nas plantas ao fim do sétimo mês do experimento.

As diferenças estatísticas estão simbolizadas pelas letras ao lado de cada respectivo tratamento nas figuras, seguindo a ordem do alfabeto (a,b,c,d,e) conforme a superioridade estatística em cada caso, nos casos onde não houveram diferenças estatísticas ao lado de cada tratamento encontra-se a sigla 'ns' (não significativo).

As análises foram feitas utilizando-se o Programa ASSISTAT versão 7,5, desenvolvido no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande/PB.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 INFLUÊNCIA DA CALAGEM E GESSAGEM NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

O solo antes do início do experimento (TABELA 1) possuía elevado teor de Al^{3+} além de possuir pH baixo sendo um solo considerado ácido:

TABELA 2. Atributos químicos do solo coletado 30 dias após a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	pH CaCl ₂	pH SMP	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C	V	m	
-----	-----	-----	----- cmol _c dm ⁻³ -----				-----	-----	-----	-----	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	%	%
V20	4,3	5,4	5,90	22,2	4,2	1,60	0,09	5,89	28,09	2,00	22,2	21,00	29,80	
V30	4,5	5,5	1,11	20,9	5,4	2,00	0,07	7,47	2,37	2,00	25,3	26,33	13,90	
V40	4,5	5,5	1,15	21,0	5,0	1,90	0,08	6,98	27,98	2,40	22,2	25,00	15,70	
V50	4,8	6,1	0,91	20,1	8,1	2,60	0,07	10,77	30,87	2,40	25,3	35,00	3,60	
V60	5,3	6,3	0,72	19,7	9,7	2,40	0,07	12,17	31,87	2,04	27,4	39,00	0,07	
Gesso	3,9	4,5	5,50	25,2	10,9	0,01	0,07	11,07	36,27	3,60	21,2	30,50	33,20	

SB = Soma de bases; T= Capacidade de troca de cátions a pH 7,0; P = Fósforo extraído por Mehlich; C = carbono orgânico total; V = saturação por bases; m= Saturação de Al.

É possível observar que 30 dias após a aplicação dos tratamentos (TABELA 2), houve aumento considerável no pH em todos os tratamentos, exceto no tratamento gesso como já era esperado, pela menor capacidade do gesso em alterar o pH em comparação ao calcário. Além disso, neste período, houve precipitação do Al^{3+} nos tratamentos onde houve aplicação de calcário, exceto no tratamento com a menor dose de (20%).

Os teores de Ca aumentaram, mas não linearmente com o aumento das doses de calcário, o que pode ser atribuído ao curto tempo de incubação do solo com os tratamentos.

O gesso por ser mais solúvel e mais reativo proporcionou elevação do cálcio bem superior à observada no tratamento 30% que recebeu a mesma quantidade de Ca, mas na forma de calcário. No tratamento com gesso o teor de Mg se mostrou bem inferior àquele de antes da aplicação do insumo, o que sugere lixiviação deste nutriente para o fundo dos vasos (Oliveira et al., 1985), uma vez que a incubação foi feita com regas frequentes.

Houve também diminuição expressiva da saturação por Al em todos tratamentos, com destaque para o tratamento 60%, onde após 30 dias a saturação já se encontrava nula. Mesmo o tratamento com gesso proporcionou diminuição na saturação por Al, mas não pela diminuição dos teores de Al e sim pela elevação dos teores de Ca e conseqüentemente do valor de T.

Nas TABELAS 3 e 4 são observados os atributos químicos do solo ao final do experimento nas duas espécies:

TABELA 3. Atributos químicos do solo ao final do experimento nos vasos onde foi cultivada a espécie Angico (*Anadenanthera colubrina*).

Tratamentos	pH	pH	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C	V	m
-----	CaCl ₂	SMP	-----				cmol _c dm ⁻³	-----		mg dm ⁻³	g dm ⁻³	%	%
Testemunha	3,7	3,9	5,6	23,8	0,9	0,3	0,07	1,27	30,67	1,20	19,3	4,14	79,2
V20	4,3	4,8	1,8	12,1	5,2	2,1	0,40	7,70	19,80	0,10	35,1	39,00	19,00
V30	4,5	5,1	0,6	9,7	7,4	2,6	0,41	10,42	20,12	0,10	32,9	52,00	5,00
V40	4,8	5,5	0,6	7,2	9,4	3,2	0,46	13,06	20,26	0,30	36,3	64,00	4,00
V50	4,9	5,6	0,1	6,7	13,0	3,7	0,47	17,17	23,87	0,10	32,9	72,00	1,00
V60	5,3	5,8	0,0	5,8	11,0	3,4	0,45	14,85	20,65	0,10	34,0	72,00	0,00
Gesso	4,0	4,5	3,9	17,6	8,0	1,0	0,41	9,41	27,01	0,30	36,3	35,00	29,00

SB = Soma de bases; T= Capacidade de troca de cátions a pH 7,0; P = Fósforo extraído por Mehlich ; C = carbono orgânico total; V = saturação por bases; m= Saturação de Al.

TABELA 4. Atributos químicos do solo ao final do experimento nos vasos onde foi cultivada a espécie *Canafístula (Senna multijuga)*.

Tratamentos	pH	pH	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C	V	m
-----	CaCl ₂	SMP	-----				cmol _c dm ⁻³ -----			mg dm ⁻³	g dm ⁻³	%	%
Testemunha	3,6	3,8	5,7	24,6	1,0	0,50	0,07	1,57	26,17	1,40	21,30	6,00	78,40
V20	4,5	4,8	1,5	12,1	5,0	2,40	0,08	7,48	19,58	1,90	34,00	38,00	17,00
V30	5,0	5,3	0,3	8,4	6,7	2,70	0,08	9,48	17,88	1,20	25,30	53,00	3,00
V40	5,1	5,5	0,1	7,2	8,4	3,30	0,09	11,79	18,99	2,40	23,20	62,00	1,00
V50	5,4	5,5	0,0	7,2	9,6	3,50	0,09	13,19	20,39	1,60	38,60	65,00	0,00
V60	5,8	6,1	0,0	4,6	10,8	3,60	0,09	14,49	19,09	1,80	27,40	76,00	0,00
Gesso	4,2	4,4	3,6	16,3	6,9	1,60	0,09	8,59	24,89	2,60	35,10	35,00	30,00

SB = Soma de bases, T= Capacidade de troca de cátions a pH 7,0; P = Fósforo extraído por Mehlich ; C = carbono orgânico total; V = saturação por bases; m= Saturação de Al.

Ao final do experimento, os valores de pH no experimento com Angico não mudaram muito comparativamente aos valores observados após aplicação dos tratamentos (TABELA 3). Mas no experimento com Canafístula os valores se mostraram superiores em todos os tratamentos, mas com menor elevação no tratamento com gesso (TABELA 4). Isto provavelmente ocorreu pela liberação de OH⁻ devido a absorção de NO₃⁻ pelas plantas (Malhi et al., 2001), pois não haviam os nódulos como fonte de N nesta espécie. O Al³⁺ foi neutralizado quase que totalmente nos tratamentos com utilização de calcário, de forma mais intensa conforme o aumento da dosagem.

No tratamento com gesso, houve diminuição do teor de Al³⁺ mas inferior aos tratamentos com aplicação de calcário. Observa-se que a utilização da calagem mostrou benefícios ao solo, porém não mostrou eficiência total na neutralização do Al e no aumento do pH em alguns tratamentos como já citado anteriormente, uma vez que a precipitação do Al³⁺ ocorre completamente quando o pH do solo atinge valores superiores a 5,4-5,5 (Almeida, 1986).

A quantidade de Ca²⁺ em cada tratamento aumentou conforme a quantidade de calcário aplicada, alcançado teores considerados elevados nos tratamentos 50% e 60% em ambas espécies.

Os teores de Mg⁺² aumentaram conforme a quantidade de calcário aplicada provavelmente pelos teores deste nutriente presentes no próprio.

Os teores de K⁺ e P, apresentaram resultados distintos entre as duas espécies. Nos vasos onde foi cultivado o Angico os teores de K⁺ estiveram bem acima dos teores observados

nos vasos da Canafístula, que demonstrou o maior teor no gesso no Angico, ao contrário da Canafístula onde o teor de P no tratamento gesso foi equivalente aos demais tratamentos.

A saturação por bases em cada tratamento foi maior do que a esperada quando feitos os cálculos para as dosagens que deveriam ser aplicadas em cada vaso, mas seguiram a mesma sequência em ambas espécies, assim como da diminuição da saturação de Al que seguiu sequência parecida e foi menor conforme o aumento da dosagem de cada tratamento. T

Também é possível afirmar após observação dos valores de C tanto 30 dias após as aplicações quanto ao final do experimento, que houve mineralização da matéria orgânica do solo, havendo liberação deste nutriente orgânico no solo, como é possível observar que houve aumento deste nutriente no solo em relação a análise efetuada antes do início do experimento (TABELA 1) (Vargas & Scholles, 1998).

3.2 NÚMERO E MASSA DE NÓDULOS

As plantas da espécie Canafístula não apresentaram nódulos em suas raízes, isto devido ao pequeno desenvolvimento de suas raízes durante o período do experimento, dificultando o desenvolvimento de nódulos, como já foi evidenciado por Andrew (1976), em estudo semelhante com algumas espécies leguminosas.

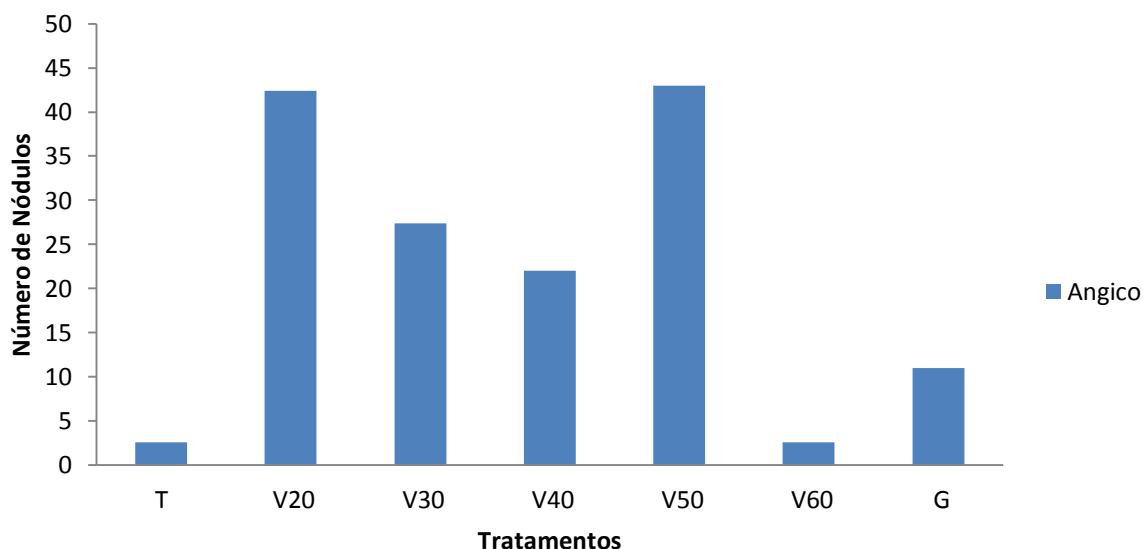


FIGURA 3. Número de nódulos por planta em cada tratamento na espécie Angico.

No experimento com Angico (FIGURA 3), a média de número de nódulos por tratamento variou entre 2,6 nódulos por planta nos tratamentos testemunha e V60 e 42,4 e 43

nódulos por planta nos tratamentos V20 e V50, respectivamente. Nos tratamentos V30, V40 e gesso, as médias foram de 27,4, 22 e 11 nódulos por planta, respectivamente. Os resultados demonstram que a ausência de corretivos e a maior dose de calcário foram desfavoráveis ao desenvolvimento dos nódulos e as doses intermediárias promoveram aumento no desenvolvimento destes, mas esta resposta não seguiu uma ordem lógica.

Além disto, o tratamento gesso não mostrou efeito expressivo no desenvolvimento dos nódulos, apresentando valores próximos das doses intermediárias de calcário.

O tratamento com maior quantidade de calcário apresentou a menor quantidade de nódulos por planta, praticamente equivalente à quantidade de nódulos no tratamento testemunha onde não houve aplicação de corretivos.

Os tratamentos V20 e V50 que tiveram quantidades totalmente distintas de calcário aplicadas, apresentaram as maiores quantidade de nódulos por planta. Já os tratamentos V30 e V40 apresentaram quantidade de nódulos um pouco superior ao do tratamento gesso, mas inferiores aos tratamentos V20 e V50.

Na FIGURA 4 é possível observar a massa total dos nódulos em cada tratamento:

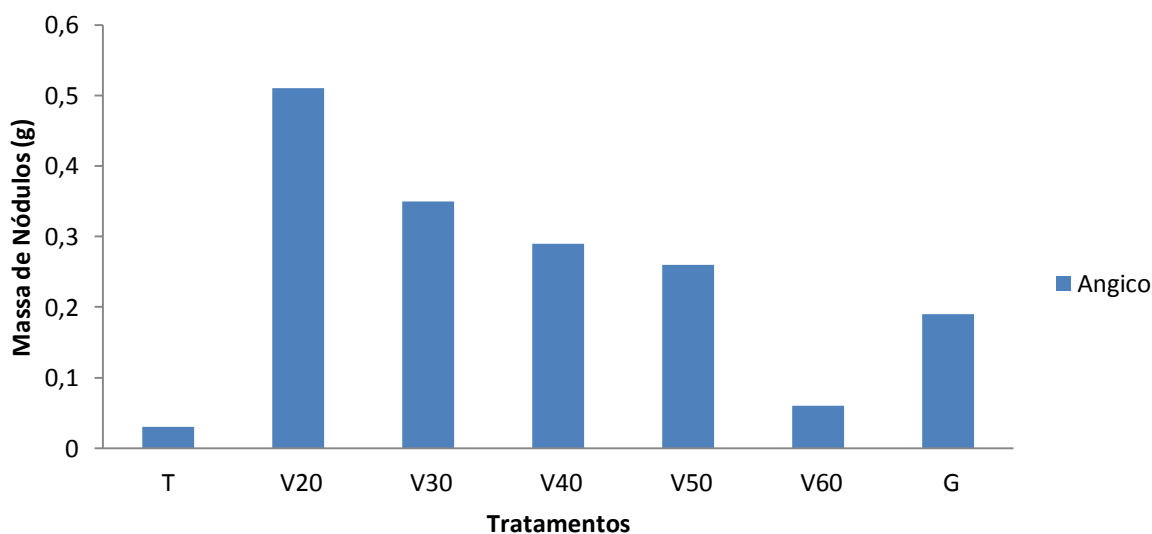


FIGURA 4. Matéria seca total dos nódulos em cada tratamento na espécie Angico.

A matéria seca total dos nódulos (FIGURA 4), seguiu tendência semelhante à do número de nódulos por planta, onde os tratamentos testemunha e V60 apresentaram os menores valores, 0,03g e 0,06g respectivamente, enquanto que o tratamento V20 apresentou matéria seca total de 0,51g sendo o maior valor entre os tratamentos assim como já havia sido observado no número de nódulos por planta.

Com massa de 0,35g, 0,29g, 0,26g e 0,19g os tratamentos V30, V40, V50 e o tratamento gesso, demonstraram uma pequena alteração em relação ao número de nódulos, principalmente o tratamento V50. Este tratamento, apesar de apresentar número de nódulos equivalente ao tratamento V20, apresentou massa de nódulos bem inferior. Isto demonstra que os nódulos presentes nestas plantas eram menores que os nódulos observados no tratamento V20 onde foi observado o maior número de nódulos e também a maior matéria seca dos nódulos.

Estes resultados sugerem a matéria seca de nódulos como parâmetro mais eficiente do que o número de nódulos para avaliação do efeito dos tratamentos sobre a nodulação. Os resultados sugerem ainda que o tratamento V20 proporcionou condições de solo mais favoráveis ao desenvolvimento da nodulação.

Conforme Munns (1978), o Ca tem grande importância no processo de nodulação, a carência deste elemento produz efeitos adversos nas propriedades fisiológicas das plantas e na multiplicação das bactérias que formam os nódulos, as quais sofrem distúrbios na integridade estrutural da parede celular.

Apesar dos teores de Ca nos tecidos foliares (TABELA 6) sugerirem que as plantas tiveram sua necessidade de Ca suprida, os teores de Ca nas raízes das plantas sob o tratamento V20 foram mais elevados do que nos demais tratamentos, podendo explicar a maior matéria seca de nódulos observada neste tratamento. Mas os dados apresentados não são totalmente conclusivos, a superioridade deste tratamento poderia ser confirmada através da análise de atividade da nitrogenase (Alva, 1988).

3.3 ALTURA, DIÂMETRO DO COLO E MATÉRIA SECA DAS PLANTAS

As duas espécies avaliadas apresentaram respostas distintas aos tratamentos, para os parâmetros avaliados.

As TABELAS 5 e 6 apresentam a matéria seca das duas espécies divididas em raiz, caule e folhas, além da matéria seca total, o índice de qualidade de Dickson (IQD) e diferenças estatísticas entre os tratamentos.

TABELA 5. Matéria seca e índice de qualidade de Dickson da espécie Angico.

Tratamentos	Raiz (g)	Caule (g)	Folhas (g)	Total (g)	Diferenças Estatísticas	
					Diferenças Estatísticas	IQD
Testemunha	5,90	4,01	2,40	12,31	d	1,36
V20	6,37	6,35	2,52	15,24	c	2,24
V30	6,80	7,31	2,72	16,83	b	2,46
V40	7,22	5,82	3,05	16,09	b	2,20
V50	8,42	6,22	3,16	17,80	a	2,78
V60	6,92	6,98	4,45	18,35	a	2,46
Gesso	5,71	4,21	2,35	12,27	d	1,77

TABELA 6. Matéria seca e índice de qualidade de Dickson da espécie Canafístula.

Tratamentos	Raiz (g)	Caule (g)	Folhas (g)	Total (g)	Diferenças Estatísticas	
					Diferenças Estatísticas	IQD
Testemunha	0,58	1,22	1,15	2,95	e	0,37
V20	3,38	6,58	3,54	13,54	a	1,87
V30	2,50	3,37	2,64	8,51	b	1,34
V40	2,12	2,90	3,00	8,02	b	1,22
V50	1,99	3,05	3,01	8,05	b	1,08
V60	0,85	1,55	1,76	4,16	d	0,53
Gesso	1,86	2,49	2,26	6,61	c	1,02

Os resultados do IQD mostram que para ambas espécies (TABELAS 5 e 6) a aplicação de calcário foi benéfica sobre a qualidade das mudas, sendo superior aos tratamentos gesso e testemunha. Quanto maior o índice de qualidade de Dickson melhor a qualidade das mudas (Gomes, 2001). Para o Angico os tratamentos V50 e V60 foram os que mostraram as melhores respostas, enquanto para a Canafístula foi o tratamento V20.

Os maiores valores de Matéria Seca Total (TABELAS 5 e 6), coincidem com os maiores valores de alturas e diâmetro (FIGURAS 5, 6, 7 e 8), corroborando estas medidas como bons parâmetros para caracterizar respostas à adição de insumos. Este maior crescimento, em alguns tratamentos sugere também maior capacidade destas plantas em absorver nutrientes em relação às demais com menor matéria seca (Lacerda et al., 2009).

De maneira geral, os tratamentos com calcário favoreceram o crescimento em termos de altura e diâmetro enquanto o tratamento com gesso apresentou resultados inferiores a estes, mas superiores ao tratamento testemunha (FIGURAS 5, 6, 7 e 8).

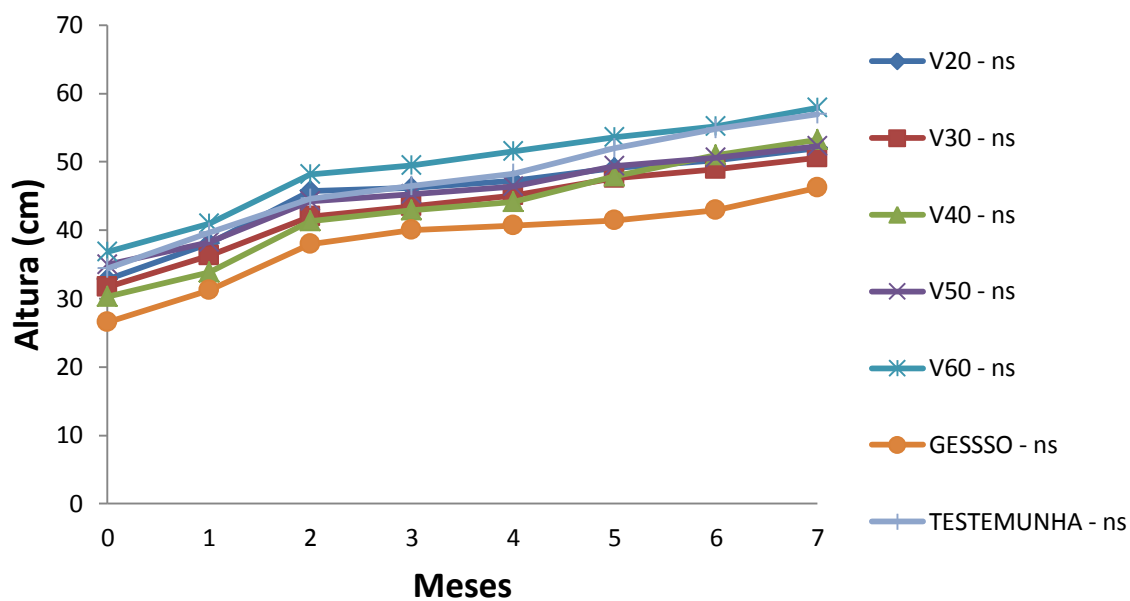


FIGURA 5. Altura das plantas da espécie Angico.

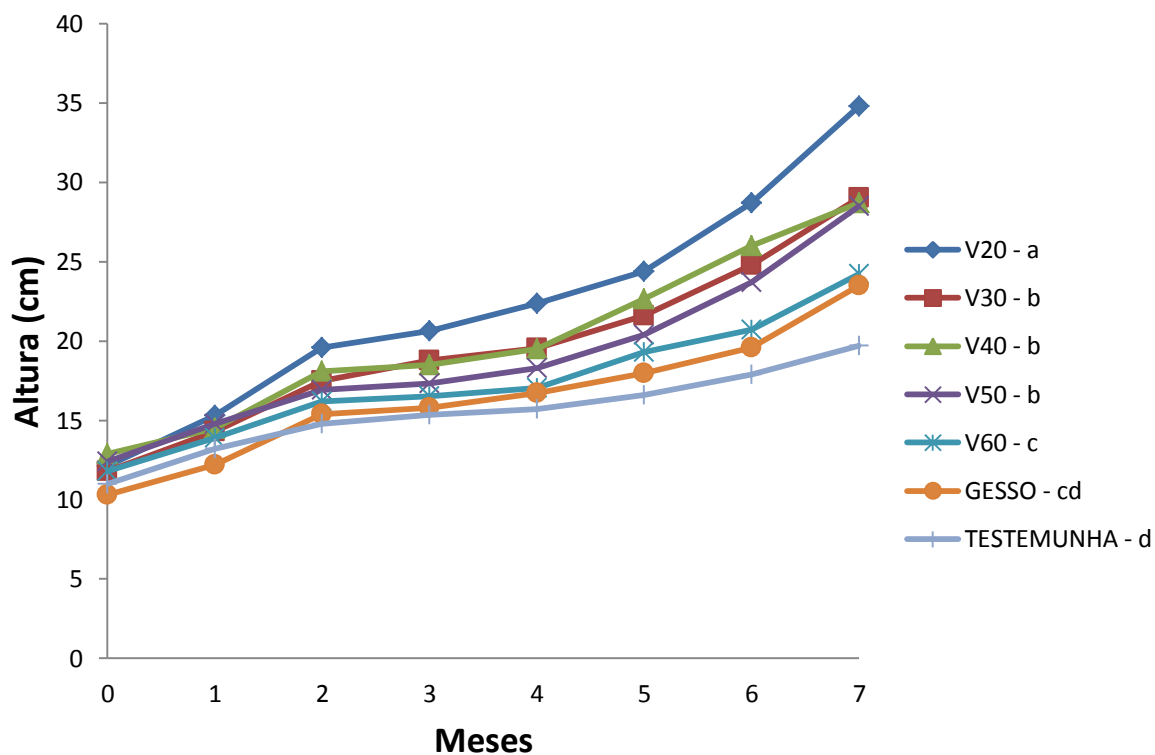


FIGURA 6. Altura das plantas da espécie Canafístula.

Na FIGURA 5, observa-se que as alturas das plantas da espécie Angico, não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos; mas é possível observar que o

tratamento Gesso, assim como nas plantas da espécie Canafístula (FIGURA 6), proporcionou altura inferior aos demais tratamentos. Estes resultados totalmente distintos corroboram o que foi observado por Vale et al. (1996) que afirmou que leguminosas podem mostrar diferentes graus de sensibilidade quanto as limitações químicas dos solos e algumas espécies florestais conseguem desenvolver normalmente, demonstrando diferenças entre as espécies na resposta das plantas às aplicações de calcário e gesso.

Nas plantas da espécie Canafístula, ao final do experimento é possível observar que o tratamento V20 proporcionou as melhores respostas em altura (FIGURA 6), sendo estatisticamente superior aos demais. As curvas de crescimento dos diferentes tratamentos seguiram praticamente a mesma tendência. Os tratamentos V30, V40 e V50 apresentaram resultados semelhantes, abaixo do tratamento V20, sendo estatisticamente superiores aos tratamentos V60 e G, que vieram na sequência, respectivamente, com o tratamento T apresentando a pior resposta para crescimento em altura para esta espécie.

É possível observar que o diâmetro do colo das plantas da espécie Canafístula apresentaram desenvolvimento semelhante ao da altura das plantas desta espécie como visto na FIGURA 6, com exceção do tratamento V50 que neste acaso apresentou resultados inferiores aos acima citados, diferentemente da altura onde era equivalente aos tratamentos já citados.

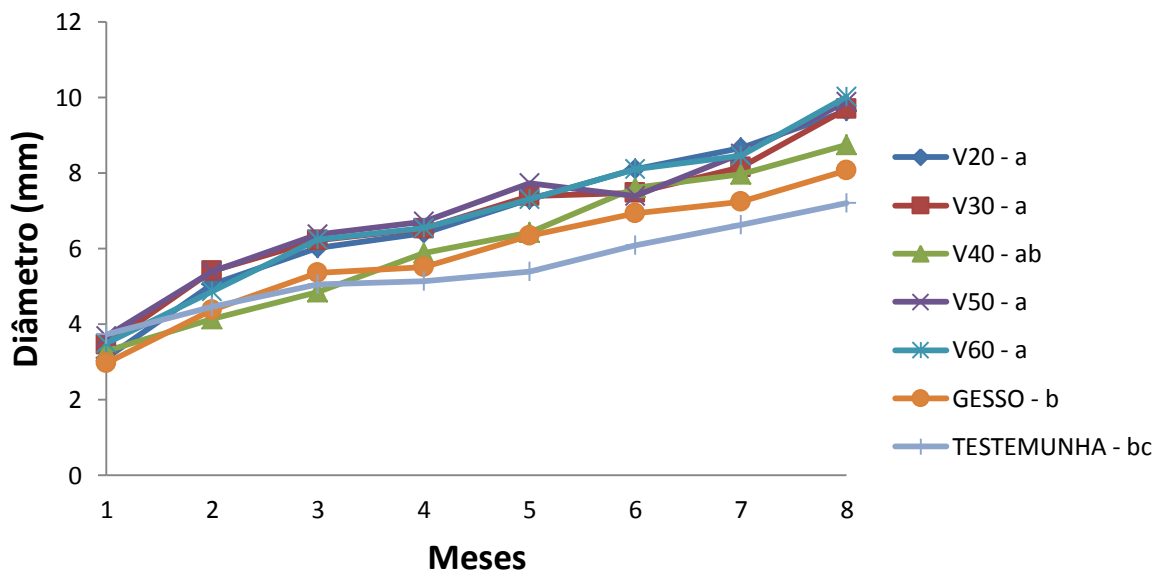


FIGURA 7. Diâmetro do colo das plantas da espécie Angico.

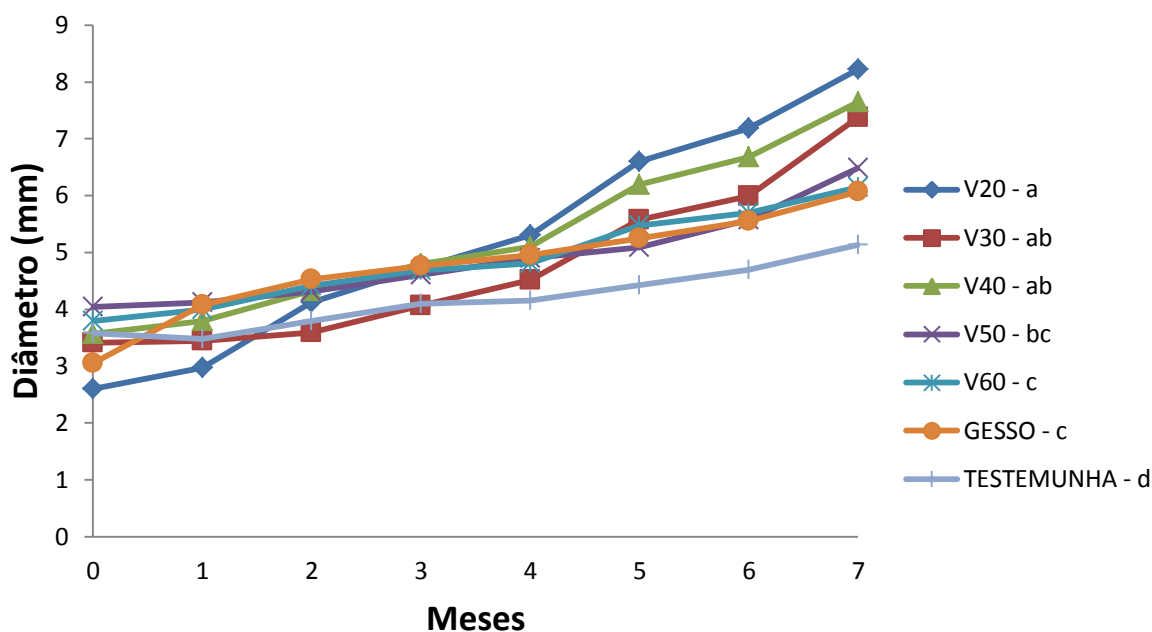


FIGURA 8. Diâmetro do colo das plantas da espécie Canafístula.

As curvas de desenvolvimento do diâmetro do colo das plantas da espécie Angico (FIGURA 7), foram diferentes das curvas de crescimento em altura destas plantas. Neste caso houveram algumas diferenças estatísticas, diferentemente do que aconteceu com a altura das plantas. Os tratamentos V20, V30, V50 e V60 apresentaram resultados bem semelhantes ao final do experimento e não apresentaram diferenças estatísticas entre si, na sequência veio o tratamento V40, já havendo diferença estatística em relação aos tratamentos citados acima. O Gesso novamente apresentou os piores resultados em relação aos tratamentos com adição de calcário.

Estes resultados são importantes na medida em que ressaltam a variabilidade das espécies florestais em termos de sensibilidade às condições de acidez do solo e capacidade de resposta à aplicação de corretivos. Diferenças neste sentido têm sido observadas entre diversas espécies florestais (Vale et al., 1996).

Segundo Marschner (1991), as espécies arbóreas de crescimento lento apresentam baixa resposta ao fornecimento de nutrientes, sendo adaptadas a solos pouco férteis. Dessa forma, espera-se que estas espécies tenham seu crescimento mais restringido quando se desenvolvem em solos ácidos, mostrando-se responsivas à correção da acidez. Ao passo que, com o avanço do desenvolvimento das plantas, o estímulo ao crescimento proporcionado pela calagem seja menos pronunciado, desta forma por serem espécies em estágio inicial de crescimento a resposta aos tratamentos pode não ter sido tão eficiente como se esperava.

Conforme Barbosa et al. (1992), os resultados até certo ponto inesperados para certas espécies podem ser reflexo do comportamento próprio de cada uma, sem contudo estarem associados aos conceitos teóricos de grupos sucessionais, os quais não foram ainda confirmados para algumas espécies.

Convém destacar que neste trabalho duas situações distintas foram verificadas quanto ao comportamento das espécies estudadas.

As plantas de Angico, no início do experimento, já apresentavam porte superior às plantas de Canafístula e o pequeno volume de solo nos vasos (3 dm³) pode ter sido um fator limitante à maiores respostas por parte desta espécie.

Já a Canafístula começou o experimento com plantas bem pequenas e que começaram a responder efetivamente em crescimento somente após o quarto mês do experimento. Para esta espécie, as respostas aos tratamentos poderiam, eventualmente, ser mais expressivas se o experimento fosse conduzido por período mais longo, como mostra a tendência das curvas de incremento em altura e diâmetro (FIGURAS 6 e 8).

3.4 TEORES NUTRICIONAIS NO TECIDO VEGETAL

Os teores médios de macronutrientes encontrados nas folhas (TABELAS 7 e 8) da espécie Canafístula, para todos os tratamentos, seguiu a ordem N > Ca > Mg > K > P.

Enquanto que para o Angico a sequência foi Ca > N > Mg > K > P. Em relação aos micronutrientes os teores seguiram a sequência Fe > Mn > Zn > Cu para ambas as espécies e para a maioria dos tratamentos.

TABELA 7. Teores médios de carbono, macro e micronutrientes nas folhas da espécie Angico.

Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
Testemunha	452,7	15,1	1,49	4,43	23,73	7,93	178,5	44,64	20,83	37,69
V20	441,4	16,2	1,00	3,62	24,09	7,14	161,1	7,07	34,38	28,48
V30	400,1	15,3	1,04	3,22	20,02	4,67	439,3	114,40	14,54	29,09
V40	433,1	16,4	1,02	3,25	27,60	6,56	198,4	76,33	27,67	24,80
V50	427,8	22,3	1,21	4,03	27,90	6,05	193,5	60,05	15,25	41,94
V60	426,0	17,9	0,89	4,00	26,41	6,26	260,0	76,48	19,12	21,98
Gesso	440,7	18,9	1,17	8,30	16,76	5,06	233,5	87,82	18,96	43,91

TABELA 8. Teores médios de carbono, macro e micronutrientes nas folhas da espécie Canafístula.

Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
Testemunha	440,9	17,1	1,31	2,87	16,65	5,83	110,9	40,25	24,15	20,57
V20	398,1	30,2	1,21	4,17	8,81	4,39	73,78	116,50	10,67	23,30
V30	527,2	24,3	1,24	4,13	11,40	3,67	96,77	135,60	12,36	20,87
V40	445,8	36,1	1,04	3,29	7,61	2,66	83,25	100,80	10,77	18,60
V50	445,4	30,4	1,21	3,16	15,28	4,85	76,78	52,72	17,57	17,57
V60	450,2	24,6	1,61	3,79	14,14	5,04	104,9	56,50	13,45	19,73
Gesso	453,7	18,2	1,17	5,05	8,53	2,83	62,62	149,7	15,65	24,46

Os teores de macronutrientes encontrados nas raízes (TABELAS 9 e 10) em ambas espécies, para todos os tratamentos, seguiu a ordem N > Ca > Mg > K > P. Em relação aos micronutrientes os teores seguiram a sequência Fe > Mn > Zn > Cu para a Canafístula e para o Angico a sequência foi Fe > Mn > Cu > Zn.

TABELA 9. Teores médios de carbono, macro e micronutrientes nas raízes da espécie Angico.

Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
Testemunha	421,4	14,13	0,66	2,44	6,07	2,99	258	18,60	23,50	19,58
V20	426,0	17,87	1,27	4,55	16,31	4,44	762	58,24	19,74	23,68
V30	356,4	11,06	0,63	3,89	5,61	2,89	911	117,00	18,56	27,00
V40	385,7	14,06	0,52	5,23	7,21	1,82	312	65,00	18,45	16,60
V50	380,6	13,08	0,62	3,25	7,58	3,61	1074	63,07	17,36	53,93
V60	303,6	12,90	0,72	3,06	8,14	2,80	798	64,63	17,90	15,26
Gesso	191,2	6,86	0,85	4,79	7,94	3,22	731	158,4	33,45	21,63

TABELA 10. Teores médios de carbono, macro e micronutrientes nas raízes da espécie *Canafístula*.

Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Testemunha	423,4	16,67	0,89	1,20	8,75	6,10	2209	32,00	8,00	22,00
V20	388,0	14,78	1,18	1,68	7,61	4,77	1688	84,90	13,98	23,97
V30	404,6	16,43	1,32	1,59	10,25	4,45	1774	46,62	12,89	26,78
V40	349,1	14,91	1,03	1,55	8,89	4,93	1532	47,15	13,75	23,57
V50	313,0	11,81	0,88	1,99	5,99	4,75	2183	93,06	13,86	12,87
V60	379,4	14,53	1,10	1,97	7,27	4,75	1687	80,00	16,00	12,00
Gesso	282,1	12,37	1,30	2,11	10,91	5,45	2067	135,80	19,98	19,98

Nos caules (TABELAS 11 e 12), a ordem decrescente de concentração de nutrientes é semelhante a das folhas.

Em relação aos teores de C, observa-se que houve pouca variação entre as duas espécies em todas as partes das plantas, sendo que na *Canafístula* o tratamento V30 apresentou maior teor deste nutriente orgânico nas folhas, principalmente, enquanto o tratamento V20 apresentou o menor teor; e nos demais tratamentos houve pouca variação. Já no *Angico* não foi observado nenhum padrão de resposta aos tratamentos aplicados.

Os menores teores foram observados nas raízes, os maiores teores em ambas as plantas foram observados no tratamento testemunha, o que está de acordo com o observado por Pritchett (1979) em espécies arbóreas nos Estados Unidos.

TABELA 11. Teores médios de carbono, macro e micronutrientes nos caules da espécie *Angico*.

Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Testemunha	420	5,00	0,72	4,64	6,93	1,82	521,0	108,7	20,43	23,34
V20	427	5,24	0,85	2,45	8,74	2,09	460,0	40,9	16,37	22,16
V30	416	5,35	0,56	2,22	7,76	2,44	561,4	40,9	16,98	18,98
V40	391	6,21	0,43	1,66	7,06	2,24	401,1	41,6	16,96	13,57
V50	420	7,14	0,79	2,14	7,60	2,10	458,0	46,3	15,78	22,10
V60	425	7,12	1,12	4,13	8,80	2,72	85,0	42	24,00	18,00
Gesso	447	7,04	0,73	2,04	5,50	1,65	71,1	19,8	14,82	16,79

TABELA 12. Teores médios de carbono, macro e micronutrientes nos caules da espécie *Canafístula*.

Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
Testemunha	415,5	11,38	1,00	2,57	8,04	2,81	182,7	11,73	6,84	15,64
V20	419,4	7,85	0,84	2,59	5,20	1,44	241,2	25,92	9,97	18,94
V30	425,4	7,20	0,83	2,79	6,19	1,79	663,8	16,65	9,79	16,75
V40	426,9	8,01	0,79	2,53	7,70	2,51	276,0	12,96	6,97	15,95
V50	425,4	12,24	1,21	2,40	6,89	2,33	244,7	19,90	11,94	18,90
V60	416,6	11,89	0,83	2,40	6,18	1,91	240,3	20,68	11,82	18,71
Gesso	425,9	9,40	0,93	2,74	6,90	2,22	204,7	24,20	9,31	17,62

Os teores de N em ambas espécies não apresentaram nenhum padrão de resposta quanto aos tratamentos aplicados em todas as partes das plantas. Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Zampier (2001) em mudas de erva-mate, que obteve valores parecidos nas folhas, em tratamentos com aplicação de Ca.

Normalmente, existe maior disponibilidade de N em locais onde é feita a correção do solo, em condições de pH próximo da neutralidade e onde se procede à neutralização do Al e ao aumento nos teores de Ca (Haynes, 1986; Hayatsu & Kosuge, 1993; Kreutzer, 1995). No presente trabalho, somente para a espécie *Canafístula* foi observada elevação dos teores foliares de N nos tratamentos com calcário, mas sem uma elevação proporcional às doses aplicadas.

Os teores de P em ambas espécies não apresentaram nenhum padrão de resposta aos tratamentos em nenhuma das partes da planta. A disponibilidade de P no solo e a absorção deste nutriente pelas plantas está ligada a diversos fatores como mineralogia, a textura, o pH, o balanço de cargas, a matéria orgânica, o tipo de ácidos orgânicos e a atividade microbiana do solo (Bahia Filho et al., 1983), além da própria capacidade das plantas em absorver este P disponível, o que pode provavelmente explicar este comportamento.

Quanto ao K, chama a atenção alguns valores no tratamento Gesso; os teores deste elemento nas folhas e raízes ficaram bem acima dos demais tratamentos, o que não era esperado, visto que foi adicionada grande quantidade de Ca neste tratamento, associado à baixa quantidade de K neste solo (TABELAS 2 e 3). Isto normalmente faria com que houvesse menor disponibilidade de K, uma vez que estes cátions competem pelo mesmo sítio de absorção na plantas (Bull et al., 1993).

Valeri et al. (1985), trabalhando com doses de P e de Ca na adubação de plantas de *Eucalyptus grandis*, relatam um efeito de antagonismo entre a absorção de Ca e de K. Observa-se que nos trabalhos de Pintro (1998) e Benedetti et al. (2008) as plantas demonstraram um menor teor de K quando da maior aplicação de calcário, o que não ocorreu neste trabalho.

Em relação aos teores de Ca, ambas espécies não apresentaram padrão de resposta definido entre os tratamentos, mas pode-se mencionar o tratamento V20 nas raízes que apresentou teor superior aos demais, o que provavelmente resultou em maior altura e diâmetro destas plantas como visto nas FIGURAS 5 e 6. Nas folhas da Canafístula, destaca-se que além do Ca, também para Mg os maiores teores foram observados no tratamento testemunha, mesmo com os teores destes nutrientes bem abaixo do ideal no solo (TABELA 4) além do menor pH e alta saturação de Al. Respostas ao Ca em culturas arbóreas não têm sido registradas com frequência, por sua ausência ou porque o efeito da ação corretiva do calcário supera possíveis efeitos ou deficiências de cálcio (Raij, 1991), explicando a importância do calcário não somente no suprimento da necessidade de Ca nas plantas como também por sua ação corretiva no solo.

A calagem não influenciou os teores dos micronutrientes na Canafístula. Segundo Raij (1991), a calagem promove a diminuição da disponibilidade no solo dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn. Guimarães (2000) elevou a saturação por bases de um solo arenoso de 11% para 34, 49, 64, 79 e 94%, e a de um solo argiloso de 15% para 37, 51, 65, 79 e 93%, verificando que houve diminuição nos teores de Fe, Mn e Zn conforme o aumento da saturação por bases nas espécies utilizadas. Esperava-se assim uma redução nos teores com o aumento das doses de corretivo, pois quanto maior o valor do pH maior será a possibilidade de precipitação desses micronutrientes (Tedesco, 1999). Esse fato sugere que o aumento do pH não foi suficiente para reduzir a disponibilidade de ferro, manganês e demais micronutrientes para as plantas desta espécie. Também não se constatou deficiência desses nutrientes. Já no Angico é possível observar que as doses de calcário e gesso provocaram um leve aumento nos teores de Fe, Mn e Cu principalmente.

3.5 QUANTIDADE DE NUTRIENTES NAS PLANTAS

Segundo Pallardy (2008), a quantidade de nutrientes nas plantas varia bastante em função da espécie e genótipo, idade, condições de crescimento, época do ano e da parte da

planta analisada. Caldeira et al. (2004) afirmaram que uma espécie eficiente do ponto vista nutricional é aquela capaz de sintetizar o máximo de biomassa por nutriente absorvido.

TABELA 13. Quantidades de nutrientes na espécie Angico.

Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----g/planta-----						-----mg/planta-----			
Testemunha	5,26	0,13	0,010	0,043	0,11	0,04	4,08	0,64	0,27	0,30
V20	6,53	0,18	0,015	0,053	0,21	0,06	8,15	0,64	0,30	0,36
V30	6,55	0,15	0,010	0,050	0,15	0,04	11,49	1,39	0,29	0,40
V40	6,36	0,18	0,009	0,057	0,18	0,04	5,18	0,80	0,31	0,27
V50	7,16	0,21	0,011	0,052	0,19	0,05	12,52	1,00	0,16	0,72
V60	7,00	0,22	0,017	0,071	0,23	0,07	7,25	1,09	0,37	0,32
Gesso	4,00	0,11	0,011	0,030	0,10	0,03	5,02	1,18	0,30	0,29

As quantidades de alguns nutrientes incorporados na espécie Angico (TABELA 13), seguiram uma ordem de resposta aos tratamentos semelhante àquela observada para os parâmetros de crescimento. Observa-se que N, P, Mg, Ca e K se comportaram de maneira semelhante. Os tratamentos Gesso e testemunha apresentaram as menores quantidades destes nutrientes por planta, enquanto para a maioria destes nutrientes, o tratamento V60 mostrou as maiores quantidades, seguido pelo tratamento V20 um pouco abaixo, com os tratamentos intermediários, V30, V40 e V50 apresentando quantidades um pouco abaixo da observada nestes tratamentos.

O nutriente orgânico C se comportou de maneira um pouco distinta em relação aos demais. Todos os tratamentos com aplicação de calcário (V20, V30, V40, V50 e V60), praticamente se equivaleram em relação a quantidade deste nutriente, com o tratamento testemunha apresentando resultado um pouco abaixo e o tratamento Gesso apresentando a menor quantidade deste elemento nas plantas. Segundo Paula et al. (1989), a prática da calagem, além de eliminar o efeito tóxico do alumínio, fornece cálcio que é um elemento indispensável para o funcionamento das membranas celulares, particularmente do plasmalema, o qual garante uma absorção adequada dos nutrientes. Estes resultados demonstram que a aplicação de calcário favoreceu tanto o crescimento quanto a incorporação de macronutrientes nestas plantas de Angico.

Em relação aos micronutrientes, nenhum padrão lógico de resposta aos tratamentos foi observado para a espécie Angico.

TABELA 14. Quantidades de nutrientes na espécie Canafístula.

Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----g/planta-----						-----mg/planta-----			
Testemunha	1,25	0,04	0,003	0,007	0,030	0,013	1,62	0,08	0,042	0,055
V20	5,45	0,20	0,013	0,030	0,090	0,040	7,54	0,87	0,150	0,280
V30	3,84	0,12	0,009	0,060	0,075	0,055	6,91	0,52	0,097	0,180
V40	3,33	0,16	0,008	0,020	0,065	0,025	4,33	0,44	0,085	0,150
V50	3,23	0,16	0,008	0,020	0,077	0,031	5,32	0,40	0,110	0,130
V60	1,77	0,07	0,004	0,010	0,040	0,016	1,99	0,20	0,054	0,074
Gesso	2,60	0,08	0,007	0,010	0,057	0,002	4,49	0,65	0,088	0,130

Na espécie Canafístula, como pode ser observado na TABELA 14, vários macro e micronutrientes apresentaram lógica parecida aos parâmetros de crescimento das plantas. Os nutrientes C, N, P, Ca, Fe, Mn, Zn e Cu se comportaram de maneira semelhante, de maneira que o tratamento V20 apresentou as maiores quantidades destes nutrientes, seguido pelos tratamentos V30, V40, V50 e Gesso, que apresentaram quantidades bem parecidas dos nutrientes citados. Na sequência, os tratamentos V60 e Testemunha apresentaram as menores quantidades destes nutrientes entre todos os tratamentos aplicados.

Os nutrientes K e Mg também apresentaram uma sequência lógica parecida entre si para a quantidade de nutrientes, com as maiores quantidades sendo observadas nos tratamentos V30 e V2, e as menores nos tratamentos Gesso e Testemunha, com os demais tratamentos com aplicação de calcário apresentando resultados intermediários e bem próximos entre si. Ulhôa (1997), verificou que o conteúdo de alguns nutrientes na parte aérea das mudas de baru (*Dipterys alata*), não apresentou nenhuma correlação com a calagem. Entretanto, Silva (2004) observou que a absorção na parte aérea e raiz de mudas de sumaúma (*C. pentandra*), foi influenciada positivamente pela calagem.

4 CONCLUSÕES

A aplicação de calcário promoveu aumento do pH, neutralização de Al e aumento nos teores de Ca e Mg no solo em respostas às diferentes doses aplicadas.

A Canafístula parece não ter apresentado nódulos pelo reduzido desenvolvimento de suas raízes.

Para a espécie Angico, a aplicação de calcário foi benéfica ao desenvolvimento dos nódulos, produção de biomassa da raiz e parte aérea, exceto no tratamento V60 onde não houve incremento no número e massa dos nódulos, enquanto que o gesso apresentou pouco ou nenhum efeito sobre os atributos avaliados.

A aplicação de calcário promoveu aumento na matéria seca total e no Índice de Qualidade de Dickson em ambas espécies, o que indicou maior qualidade das mudas com a aplicação deste corretivo, com exceção do tratamento V60 na Canafístula, onde o IQD foi inferior ao do tratamento gesso.

Com o aumento do pH, a neutralização do Al e o suprimento de Ca e Mg no solo devido a aplicação de calcário, observou-se que houve aumento no crescimento em altura e diâmetro do colo na Canafístula e no diâmetro do colo no Angico.

A aplicação de calcário mostrou resultados superiores ao do Gesso tanto no diâmetro do colo quanto na altura das duas espécies, apesar de não mostrar diferenças estatísticas na altura do Angico.

Os teores de nutrientes nas plantas inclusive no tratamento testemunha sugerem que as plantas estavam bem nutridas ao final do experimento, mesmo com os baixos níveis da maioria destes nutrientes no solo antes da aplicação do calcário.

As quantidades de nutrientes incorporadas nos tecidos vegetais, para a maioria dos nutrientes, seguiu a mesma ordem de crescimento das plantas, com exceção de Fe e Mn na Canafístula, que não apresentaram ordem específica de quantidade de nutrientes.

5 LITERATURA CITADA

ALVAREZ, E.; MONTERROSO, C. & FERNÁNDEZ, M.L. Aluminum fractionation in Galician (NW Spain) Forest soils as related to vegetation and parent material. *Forest Ecology and Management*, 166:193-206, 2002.

ALMEIDA, J. A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 10:143-150, 1986.

ALVA, A.K. Nodulation and early growth of soybean mutants with increased nodulation capacity under acid soil infertility factors. *Agronomical Journal*, 80:836-841, 1988.

ANDREW, C.S. Effect of calcium, pH and nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pastures legumes. Nodulation and growth. *Journal Agriculture*. 27:611-616, 1976.

BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M.; RESENDE, M. & RIBEIRO, A.C. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de Latossolos do Planalto Central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 7:221-226, 1983.

BALIERO, F.C.; OLIVEIRA, I.G. & DIAS, L.E. Formação de Mudanças de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: resposta a calagem, fósforo, potássio e enxofre. *Revista Árvore*, 25:183-191, 2001.

BARBIERI, A.; CARNEIRO, M.A.C.; MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Nodulação em leguminosas florestais em viveiros no sul de Minas Gerais. *Cerne*, 4:145-153, 1998.

BARBOSA, L.M.; ASPERTI, L.M. & BEDINELLI, C. Estudos sobre o estabelecimento e desenvolvimento de espécies com ampla ocorrência em mata ciliar. *Revista do Instituto Florestal*, 4:605-608, 1992.

BENEDETTI, E. L.; WINK, C.; SANTIN, D.; SEREDA, F.; ROVEDA, L. F. & SERRAT, B. M. Crescimento e sintomatologia em mudas de espinheira-santa com omissão de nutrientes. *Floresta*, 24:295-300, 2008.

BERNARDINO, D.C.S.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. & MARQUES V.B. Influência da saturação por bases do substrato e da relação Ca:Mg do corretivo no crescimento inicial de *Daelbergia nigra*. *Revista Árvore*, 31:567-573, 2007.

BLAMEY, F.P.C. & CHAPMAN, J. Soil ameriolation effects on peanut growth, yield and quality. *Plant and Soil*, 65:319-334, 1982.

BULL, L.T.; NAKAGAWA, J. & PRADO, R.C. Influência da relação K/(Ca+Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras. II. Absorção de potássio em função da relação K/(Ca+Mg) no complexo de troca do solo. *Científica*, 21:67-75, 1993.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. & KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:37-44, 2003.

CAIRES, E.F. & ROSOLEM, C.A. Nodulação e absorção de nitrogênio pelo amendoim em resposta a Calagem, Cobalto e Molibdênio. *Scientia Agricola*, 57:193-202, 2000.

CALDEIRA, M.V.W.; RONDON NETO, R.M. & SCHUMACHER, M.V. Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Revista Árvore*, 28:39-47, 2004.

CHAER, G.M.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. & BODDEY, R.M. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiology*, 31:139-149, 2010.

CHEN, H.; RICHARDSON, A.E.; GARTNER, E.; DJORDJEVIC, M.A.; ROUGHLEY, R.J. & ROLFE, B.G. Construction of an acid-tolerant *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* strain with enhanced capacity for nitrogen fixation. *Applied Environmental Microbiology*, 57:205-211, 1991.

CORREA, J.C.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; FERNANDES, D.M. & PERES, M.G.M. Aplicação superficial de diferentes fontes de corretivos no crescimento radicular e produtividade da aveia preta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1583-1590, 2008.

DICKSON, A.; LEAF, A.L. & HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle*, 36:10-13, 1960.

DUGUMA, B.; KANG, B.T. & OKALI, D.U.U. Effect of liming and phosphorus application on performance of *Leucaena leucocephala* in acid soils. *Plant and Soil*, 110:57-61, 1988.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. 320p.

CARVALHO, P. E. R. Espécies Arbóreas Brasileiras. Brasília, Embrapa-Florestas, 2003. 486p.

FAGEIRA, N.K. Efeito da calagem na produção de arroz, milho e soja em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 58:825-831, 2001.

FERNANDEZ, J.Q.P. Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetida a diferentes níveis de calagem e doses de P, K e S. *Revista Árvore*, 20:425-431, 1996.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; DIAS, L. E. & FARIA, S. M. Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils. Morrilton: Winrock International Institute for Agricultural Development, 1995. 320p.

FRANCO, A.A. & FARIA, S.M. The contribution of N₂ fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, 29:897-903, 1997.

GAMA, J.R.N.F. & KIEHL, J.C. Influência do alumínio de um Podzólico Vermelho-Amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:475-482, 1999.

GOMES, J. M. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K. Viçosa Universidade Federal de Viçosa, 2001, 161p. (Tese de Doutorado)

GONÇALVES, C. S. & GOI, S.R. Crescimento e Nodulação de *Inga Marginata* em resposta à adição de N, P e Inoculação com rizóbio. *Floresta e Ambiente*, 6:118-126, 1999.

GREWAL, H.S & WILIAMS, R. Liming and Cultivars Affect Root Growth, Nodulation, Leaf to Stem Ratio, Herbage Yield, and Elemental Composition of Alfafa on an Acid Soil. *Journal of Plant Nutrition*, 8:1683-1696, 2003.

GUIMARÃES G.F.P.B. Avaliação de quatro forrageiras tropicais cultivadas em dois solos da Ilha do Marajó-PA submetidos a crescentes saturações por bases. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000. 197p. (Dissertação de Mestrado)

HARIDASAN, M. & ARAÚJO, G.M. Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 28:15-26, 2005.

HAYATSU, M. & KOSUGE, N. Effects of urea fertilization and liming on nitrification in Cerrados soils (Brazil). *Soil Science and Plant Nutrition*, 39:367-371, 1993.

HAYNES, R.J. Nitrification. Mineral nitrogen in the plant-soil system. Madison: Academic, 1986. 164p.

KITAMURA, A.E.; ALVES, M.C.; SUZUKI, L.G.A.S. & GONZALEZ, A.P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:405-416, 2008.

KREUTZER, K. Effects of forest liming on soil processes. *Plant and Soil*, 169:447-470, 1995.

LACERDA, M.J.R.; FREITAS, K.R. & SILVA, J.W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. *Bioscience Journal*, 2:185-190, 2009.

LORENZI, H. *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 452p.

MARQUES, R. & MOTTA, A.C.V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, R.M. (Org.). *Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícola*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2003. p.81-102.

MALHI, S. S.; GRANT, C. A.; JOHNSTON, A. M. & GILL, K. S. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. *Soil and Tillage Research*, 60:101-122, 2001.

MARSCHNER, H. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. *Plant and Soil*, 134:1-20, 1991.

MARTINS, A.P.L. & REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agraria*, 8:1-17, 2007.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J.G. & EVANGELISTA, A.R. Influência da Relação Cálcio:Magnésio do Corretivo na Nodulação, Produção e Composição Mineral da Alfafa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34:533-538, 1999.

MUNNS, D.N. Soil acidity and nodulation. In: ANDREW, C.S.; KAMPRATH, E.J. (Eds.). Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Melbourne: CSIRO, 1978. p.247-264.

NICOLOSO, F.T.; FORTUNATO, R.P.; FOGACA, M.A.F. & ZANCHETTI, F. Calagem e adubação: Efeito no Crescimento de Mudas cultivadas em Horizontes A e B de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. *Ciência Rural*, 38:1596-1603, 2008.

OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. & REYNIER, F. N. Efeito do fosfogesso na produção de feijão e arroz e no comportamento de alguns nutrientes. In: RIVALDO, O.F. Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura. Brasília, DF, 1985. p.45-59.

PALLARDY, S. *Physiology of woody plants*. San Diego: Academic Press, 2008. 454p.

PAULA, B. M.; NOGUEIRA, F. D. & SANTOS, H. P. A calagem na produção de matéria seca e composição mineral do sorgo em solo Glei Pouco Húmico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 24:477-482. 1989.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F.M.; OTSUBO, I.M.N. & OTSUBO A.A. Resposta da Cultura do Feijoeiro à Adubação Nitrogenada e à Inoculação com Rizóbio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:219-226, 2009.

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

PINTRO, J.C.; MATUMOTO-PINTRO, P.T. & SCHWAN-ESTRADA, K.R.F. Crescimento e desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cultivadas em solo sob diferentes níveis de fertilidade. *Acta Scientiarum*, 20:285-289, 1998.

POOLPIPATANA, S. & HUE, N.V. Differential acidity tolerance of tropical legumes grown for green manure in acid sulfate soils. *Plant and Soil*, 163:31-139, 1999.

PRITCHETT, W.L. Site preparation and fertilization of slash pine on wet savana soil. *Southern Journal of Applied Forestry*, 3:86-90, 1979.

RAIJ, B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

RBMA - RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA. Informações Gerais sobre a Mata Atlântica. Disponível em: <<http://www.rbma.org.br/>>. Acesso em 10 mai. 2011.

SILVA, D.J. & DEFELIPO, V.B. Necessidade de calagem e diferentes relações cálcio:magnésio para a produção de mudas de Eucalipto. *Revista Árvore*, 17:303-313, 1993.

SOUZA, L.G.; NETO, E.B.; SANTOS, C.S. & STAMFORD, N.P. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:207-217, 2007.

SILVA, A.R.M. Liming for the production of seedlings of mogno (*Swietenia macrophylla* King.) and cedro (*Ceiba pentandra* L. Gaertn). Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2004. 53p. (Dissertação de Mestrado)

STAMFORD, N.P. & COSTA, J.P.V. Efeito de fontes e níveis de calcários na fixação do N₂ e no estado nutricional de caupi. *Ciência Agronômica*, 1:37-48, 1995.

TEDESCO, N. Produção de mudas de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) adubadas com NPK. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria. 1999. 71p. (Dissertação de Mestrado)

TUCCI, C.A.F.; SOUZA, P.A.; VENTURIN, N. & BARROS, J.G. Calagem e adubação para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Cerne*, 13:299-307, 2007.

ULHÔA, M.L. Effect of liming and fertilization on the growth and nutrition of plants baru (*Dipteryx alata* Vog.) fruto-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil) and tingui (*Magonia*

pubescens St. Hil). Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1997. 74p. (Dissertação de Mestrado)

VALE, F.R.; FURTINI NETO, A.E.; RENÓ, N.B.; FERNANDES, L.A. & RESENDE, A.V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 31:609-616, 1996.

VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A. & GUILHERME, L.R.G. Manejo da fertilidade do solo. Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. 206p.

VALERI, S.V.; AGUIAR, I.B. de; CORRADINE, L.; SOUZA, E.C.A. & BANZATO, D.A. Efeito de fósforo e cálcio no desenvolvimento e na composição química foliar de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em casa de vegetação. IPEF, 29:47-53, 1985.

VARGAS, L.K. & SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 22:411-7, 1998.

VELOSO, C.A.C.; BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S. & VEIGAS, I.A. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. Scientia Agricola, 49:402-409, 1992.

ZAMPIER, A. C. Avaliação dos níveis de nutrientes, cafeína e taninos após adubação mineral e orgânica, e sua relação com a produtividade na erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.). Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2001. 103p. (Dissertação de Mestrado)

APÊNDICES

APÊNDICE 1. Quadro de Análise estatístico do Diâmetro do Colo da espécie Angico.

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Trat-a(Ta)	7	793,88365	113,41195	71,6546 **
Resíduo-a	32	50,64831	1,58276	
Parcelas	39	844,53196		
Trat-b(Tb)	6	85,42247	14,23708	16,2996 **
Int. TaxTb	42	34,46186	0,82052	0,9394 ns
Resíduo-b	192	167,70485	0,87346	
Total	279	1132,12113		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Trat-a(Ta) = Medições

Trat-b(Tb) = Tratamentos

APÊNDICE 2. Quadro de Análise estatístico da Altura da espécie Angico.

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Trat-a(Ta)	7	5722,26629	817,46661	119,9231 **
Resíduo-a	32	218,13086	6,81659	

Parcelas 39 5940,39714

Trat-b(Tb) 6 1295,66821 215,94470 33,4692 **
Int. TaxTb 42 474,68721 11,30208 1,7517 **
Resíduo-b 192 1238,79314 6,45205

Total 279 8949,54571

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Trat-a(Ta) = Medições

Trat-b(Tb) = Tratamentos

APÊNDICE 3. Quadro de Análise estatístico do Diâmetro do Colo da espécie Canafístula.

QUADRO DE ANÁLISE

FV GL SQ QM F

Trat-a(Ta) 7 316,66930 45,23847 39,1204 **
Resíduo-a 32 37,00453 1,15639

Parcelas 39 353,67383

Trat-b(Tb) 6 31,73526 5,28921 9,9246 **
Int. TaxTb 42 61,92023 1,47429 2,7663 **

Resíduo-b	192	102,32427	0,53294
-----------	-----	-----------	---------

Total	279	549,65360
-------	-----	-----------

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Trat-a(Ta) = Medições

Trat-b(Tb) = Tratamentos

APÊNDICE 4. Quadro de Análise estatístico da Altura da espécie Canafístula.

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Trat-a(Ta)	7	5722,26629	817,46661	119,9231 **
Resíduo-a	32	218,13086	6,81659	
Parcelas	39	5940,39714		
Trat-b(Tb)	6	1295,66821	215,94470	33,4692 **
Int. TaxTb	42	474,68721	11,30208	1,7517 **
Resíduo-b	192	1238,79314	6,45205	
Total	279	8949,54571		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Trat-a(Ta) = Medições

Trat-b(Tb) = Tratamentos