

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DE ARAÇATUBA

BIOFERTILIZANTE NA PRODUÇÃO DA ALFAFA E
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Rodrigo Luis Lemes

Zootecnista

ARAÇATUBA – SP

2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DE ARAÇATUBA**

**BIOFERTILIZANTE NA PRODUÇÃO DA ALFAFA E
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO**

Rodrigo Luis Lemes

Orientador: Prof. Adj. Manoel Garcia Neto

Co-orientador: Prof. Adj. Cecílio Viegas Soares Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária – UNESP, Campus de Araçatuba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

ARAÇATUBA – SP

2012

Catálogo na Publicação(CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação – FMVA/UNESP

Lemes, Rodrigo Luis

L552b

Biofertilizante na produção de alfafa e atributos
químicos do solo / Rodrigo Luis Lemes. -- Araçatuba: [s.n],
2012.

58f. il.; CD-ROM

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária, 2012.

Orientador: Prof Adj. Manoel Garcia Neto

Co-orientador: Prof. Adj. Cecílio Viegas Soares Filho

1. Nitrogênio. 2. Medicago sativa. 3. Nitrogênio – fixação.
4. Bovinos-esterco. 5. Alfafa- raiz.

CDD 631.84

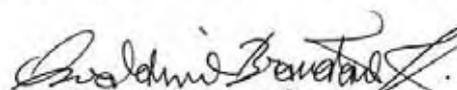
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

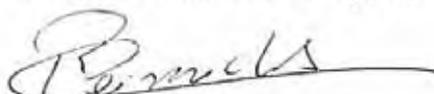
TÍTULO: Biofertilizante na produção da Alfafa e atributos químicos do solo.

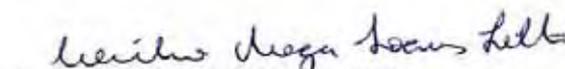
AUTOR: RODRIGO LUIS LEMES

COORDENADOR: Dr. CECÍLIO VIEGA SOARES FILHO

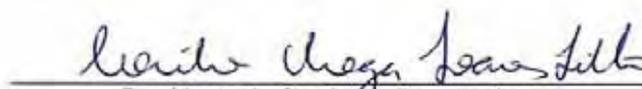
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal) pela Comissão Examinadora.


Dr. OSVALDINO BRANDÃO JÚNIOR


Dr. REGES HEINRICHS


Dr. CECÍLIO VIEGA SOARES FILHO

DATA DA REALIZAÇÃO: 11 de julho de 2012.



Presidente da Comissão Examinadora
Dr. CECÍLIO VIEGA SOARES FILHO
- Coordenador -

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RODRIGO LUIS LEMES - nascido em Tupã – SP, em 06 de julho de 1983, é Zootecnista formado em julho de 2006 pela Universidade Estadual de Londrina – UEL. Trabalhou, com produção, manejo e aspectos sanitários da criação de frangos de corte. Em março de 2010, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal) da Faculdade de Medicina Veterinária – UNESP (Campus de Araçatuba). Trabalha atualmente no Instituto de Cooperativismo e Associativismo da Coordenadoria de Desenvolvimento dos Agronegócios – CODEAGRO, junto à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, no município de Tupã – SP atuando na constituição, estruturação e legalização de cooperativas e associações, assessorando pequenos, médios e grandes produtores rurais.

“Quero a certeza dos loucos que
brilham. Pois se o louco persistir na
sua loucura, acabará sábio.”
(Raul Seixas)

Aos meus pais, **Adelino Luiz Lemes** e **Neide Gilio Lemes**, que me educaram e deram a oportunidade para esta conquista, cujo exemplo de vida foi e sempre será de fundamental importância para minha formação pessoal e profissional.

DEDICO

À minha namorada Luana, pelo amor e carinho, pela compreensão dos meus compromissos, pela motivação, pela colaboração nas várias fases deste trabalho, mas, em especial, por compartilhar meus objetivos.

OFEREÇO

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Aos Professores, Manoel Garcia Neto, Reges Heinrichs e Cecílio Viega Soares Filho, pela orientação acadêmica, que fazem com invejável sabedoria, organização e profissionalismo, pelo apoio e confiança nas horas difíceis, mas, sobretudo, pela distinta amizade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, por sempre estar presente em minha vida, dando-me força, paciência e sabedoria nos momentos mais difíceis.

À Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba e ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

A todos Docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pelos ensinamentos, amizade e colaboração para minha formação profissional.

Ao professor Dr. Paulo Alexandre Monteiro de Figueiredo, membro da banca examinadora do exame geral de qualificação, pelas sugestões apresentadas.

Ao professor Dr. Osvaldino Brandão Junior, membro da banca examinadora da defesa, pelas sugestões apresentadas.

À FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO (FAPESP), que concedeu auxílio financeiro, sem o qual não seria possível a execução deste trabalho.

A todos meus amigos e companheiros do curso de Pós-Graduação pelos bons momentos que passamos juntos, companheirismo e auxílio nas horas difíceis.

A todos os técnicos de laboratório e funcionários, em especial ao técnico Carlos Renato, pela ajuda durante o curso e desenvolvimento desta pesquisa e amizade.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação da FMVA-UNESP, pela paciência, ajuda e apoio durante o curso.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e meu desempenho acadêmico.

SUMÁRIO

	Página
I INTRODUÇÃO	14
II REVISÃO DE LITERATURA	16
II.I <i>Medicago sativa</i> cv. Crioula	16
II.II Correção e Adubação do Solo	17
II.III Adubação Orgânica	19
III MATERIAL E MÉTODOS	20
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
IV.I Produção de matéria seca da parte aérea, raiz e nódulos	24
IV.II Atributos químicos do solo	29
IV.III Teores de nutrientes na parte aérea da planta	36
IV.IV Valor Nutritivo da parte aérea	44
V CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS	50

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Composição do biofertilizante e quantidade de nutrientes aplicados de acordo com o tratamento	22
Tabela 2 - Análise da variância da produção média de matéria seca (PMS) de acordo com as doses de biofertilizante e os cortes.....	24
Tabela 3 - Análise da variância da produção de matéria seca acumulada, matéria seca das raízes (MS raízes) e peso dos nódulos.....	26
Tabela 4 - Análise de regressão da produção de matéria seca (MS) da parte aérea acumulada, matéria seca das raízes e peso seco dos nódulos da alfafa.....	27
Tabela 5 - Médias dos atributos químicos do solo, em função das doses de biofertilizante	29
Tabela 6 - Análise de regressão dos atributos químicos do solo ao final do experimento.....	30
Tabela 7 - Médias dos atributos químicos do solo, em função das doses de biofertilizante.....	33
Tabela 8 - Médias dos micronutrientes do solo, em função das doses de biofertilizante.....	34
Tabela 9 - Análise da variância e média da quantidade dos macronutrientes da parte aérea da alfafa de acordo com as doses de biofertilizante por vaso.....	36

Tabela 10 - Análise de regressão dos nutrientes da parte aérea da alfafa.....	37
Tabela 11 - Análise da variância e média da quantidade dos micronutrientes da parte aérea da alfafa de acordo com as doses de biofertilizante por vaso.....	41
Tabela 12 - Média de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) na parte aérea da alfafa em função das doses de biofertilizante e cortes.....	45
Tabela 13 - Análise de regressão de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da parte aérea da alfafa.....	46

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Médias mensais da temperatura do ar (°C) no interior da casa de vegetação durante o período do experimento (2010).....	20
Figura 2 - Produção de matéria seca média por corte (a) e acumulada (b) de alfafa adubada com doses de biofertilizante.....	27
Figura 3 - Teores de cálcio em solo cultivado com alfafa de acordo com as doses de biofertilizante.....	30
Figura 4 - Teores de magnésio (a), soma de bases (b), saturação por bases (c) e boro (d) em solo cultivado com alfafa de acordo com as doses de biofertilizante.....	31
Figura 5 - Quantidade absorvida de fósforo de acordo com as doses de biofertilizante na alfafa.....	38
Figura 6 - Quantidade absorvida de zinco (mg vaso^{-1}) de acordo com as doses de biofertilizante em alfafa.....	42
Figura 7 - Porcentagem de fibra em detergente ácido (FDA) na parte aérea da alfafa de acordo com as doses de biofertilizante.....	47

Biofertilizante na produção da Alfafa e atributos químicos do solo

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de doses crescentes de biofertilizante na produção de matéria seca (MS) da parte aérea, raízes e nódulos da alfafa, e os atributos químicos da parte aérea e do solo. O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal da Faculdade de Medicina Veterinária/UNESP, Campus de Araçatuba-SP, de maio a outubro de 2010 com doses crescentes de biofertilizante. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, sendo seis doses de biofertilizante (0, 25, 50, 100, 200 e 400 m³ ha⁻¹) e cinco repetições. As doses de biofertilizante foram consideradas como tratamentos principais e os cortes (cinco) como subparcela. Os cortes foram realizados, em média, a cada 27 dias, a 10 cm de altura do solo. Ao final do experimento foram coletados raízes, nódulos e o solo de todas as unidades experimentais para análise química. Foi observado aumento linear na produção de MS da parte aérea até a dose 400 m³ ha⁻¹ de biofertilizante. A produção de MS de raiz e nódulos não apresentaram diferença significativa. Para os atributos químicos do solo houve melhora significativa para pH, cálcio, magnésio, soma de bases e saturação de bases entre as doses de biofertilizante utilizado. A aplicação de biofertilizante aumentou os teores de nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre e ferro na parte aérea da alfafa, porém não alteraram os valores de proteína bruta, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro. O biofertilizante pode ser utilizado como insumo na agropecuária para melhorar a produção e qualidade da alfafa e alterar favoravelmente os atributos do solo.

Palavras-chave: alfafa – raiz, bovino - esterco, *Medicago sativa*, nitrogênio - fixação

Biofertilizer in production of alfalfa and chemical attributes of the soil

SUMMARY: In order to evaluate the production of dry matter (DM) of shoots, roots, nodules and soil chemical properties and nutrient content of alfalfa shoots, there was an experiment in the greenhouse at the Field Support Department, Production and Animal Health, of Veterinary Medicine / UNESP College, Araçatuba - SP, from May to October 2010 with increasing doses of organic biofertilizer. The experimental design was completely randomized, fertilized with six doses of biofertilizer (0, 25, 50, 100, 200 and 400 m³ ha⁻¹) and five repetitions. Biofertilizer doses were considered as main treatments and cuts (five) as subplot. We observed a linear growth in DM yield of shoots up to a dose 400 m³ ha⁻¹ of biofertilizer. The DM production of roots and nodules were not significantly different. For soil chemical properties significantly had improve for pH, calcium, magnesium, base sum and base saturation between the doses of biofertilizers. The application of biofertilizer increased levels of nitrogen, calcium, magnesium, sulfur and iron in the shoots of alfalfa, but did not alter the values of crude protein, acid detergent fiber and neutral detergent fiber. The biofertilizer can be used as an input in agricultural production and to improve the quality of alfalfa and favor alter the soil characteristics.

Key Words: alfalfa - root, bovine - manure, *Medicago sativa*, nitrogen - fixing

I INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se nos setores mundiais de carne e leite, principalmente, pelo baixo custo de produção, em consequência da exploração predominante em pastagens. Isto torna o País competitivo internacionalmente, apresentando-se como segundo maior exportador mundial de carne bovina e o quinto maior produtor de leite do mundo (BEEFPOINT, 2012; FAO, 2010).

Para maximizar a produção de leite é necessária a suplementação de proteína e energia. Administrar ração concentrada às vacas leiteiras é uma prática bastante eficiente do ponto de vista nutricional, porém, elevam de forma considerável os custos de produção (VILELA et al., 1996). Por esse motivo a utilização de leguminosas forrageiras vem sendo utilizada como alternativa de baixo custo na suplementação animal.

Neste cenário a alfafa (*Medicago sativa* L.) é uma ótima alternativa e o interesse pelo seu cultivo está relacionado, principalmente, à sua qualidade nutritiva, boa produtividade, capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico (N₂) e alta palatabilidade, contribuindo para que os animais aumentem o consumo e conseqüentemente a produção (MOREIRA et al., 2007; RODRIGUES et al., 2008), além da baixa sazonalidade na produção de forragem.

Por outro lado, a intensificação e concentração da produção acabam contribuindo para o acúmulo de dejetos conhecido como biofertilizante. A produção de dejetos em um sistema de produção de leite pode se tornar um sério problema econômico, ambiental ou legal se não forem corretamente manejados.

Os custos ambientais não são pequenos, em algumas regiões do País, especialmente nos estados do Sul e Sudeste, o nível de poluição do ambiente iguala ou supera valores internacionais. Boa parte dos chamados efluentes de suínos, aves e bovinos é lançado direta ou indiretamente na natureza, o que se transforma em grande fonte poluidora (RTS, 2009).

O gerenciamento sustentável tem sido o mais recomendado para a diminuição de problemas causados pelo acúmulo de dejetos animais nas propriedades rurais. Uma forma eficiente é a utilização dos dejetos animais como insumo na produção agrícola, que não somente reduz o potencial poluente e os custos da produção, como também melhora a qualidade do solo.

A utilização de biofertilizante em leguminosas ainda representa alguns dos principais questionamentos quando se trata de estratégias de fornecimento de nutrientes, principalmente o nitrogênio e a sua influência na resposta produtiva da planta.

Frente a atual crise de fertilizantes, recursos naturais cada vez mais escassos, principalmente em relação ao nitrogênio (AITA; GIACOMINI, 2007) e o uso indiscriminado de fertilizantes, causando a contaminação do ambiente e aumento do custo de produção, torna-se importante o estudo para avaliar a resposta da alfafa em função da aplicação de biofertilizante.

Sendo assim, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a produção de matéria seca da parte aérea, raiz, nódulos e os teores de nutrientes foliares da alfafa bem como os atributos químicos do solo, com doses crescentes de biofertilizante orgânico.

II REVISÃO DE LITERATURA

II.1 *Medicago sativa* cv. Crioula

A alfafa é uma forrageira perene, originária do sudoeste da Ásia, onde se difundiu para Europa e América. Foi introduzida no Brasil há 50 anos, por sementes provenientes da Argentina e Uruguai (NUERNBERG et al., 1990). É uma das mais importantes forrageiras no mundo por suas características produtivas e nutricionais, principalmente na alimentação do rebanho leiteiro de alta produção, que pode ser fornecida em pastejo, verde no cocho ou conservada. Por esse motivo é uma das forrageiras mais cultivadas no mundo com aproximadamente 32 milhões de hectares (PEREIRA, 2008). No Brasil a área ocupada por essa forrageira ainda é pequena, sendo a maior parte concentrada na região Sul. A região de Araçatuba possui apenas 17 hectares cultivados com alfafa, aproximadamente (SÃO PAULO, 2008). Entretanto, verifica-se um aumento da área planta na região Sudeste e Centro-Oeste (VILELA, 1992), provavelmente pela seleção de novas cultivares e pelo aumento da demanda de alimentos de alto valor nutritivos nos sistemas intensivos de produção de leite nessas regiões.

A alfafa possui vasto sistema radicular pivotante, que penetra de 2 a 5 metros de profundidade no solo, que pode recuperar nutrientes à grande profundidade. Nos primeiros 30 a 60 centímetros da superfície do solo ocorrem muitas ramificações da raiz e estas estruturas secundárias constituem a parte do sistema radicular que são responsáveis pela maior parte do suprimento de nutrientes à planta (RASSINI et al., 2008). Isso faz com que a alfafa tenha capacidade de produzir durante todo o ano.

Apresenta alta capacidade de fixação biológica de N₂, e segundo Nuernberg et al. (1990), não é recomendado o emprego de fertilizantes nitrogenados nas culturas já estabelecidas. Todavia, se não houver reposição do teor de cálcio removido no processo de colheita da forragem e se não ocorrer manutenção do pH adequado, condições essas favoráveis para o

desenvolvimento das bactérias, a eficiência na fixação de N_2 é severamente afetada (MOREIRA et al., 2007).

A alfafa é produzida na maioria das vezes em regiões de clima temperado, entretanto devido a sua grande variabilidade genética, pode sobreviver a temperaturas inferiores a $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*Medicago falcata*) e ser cultivadas em temperaturas de até $54\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*Medicago sativa*) (HANSON et al., 1978). A cultivar mais utilizada no Brasil é a Crioula, que pode produzir cerca de $26\text{ t ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$ com alto valor nutritivo (FONTES et al., 1993).

A alfafa Crioula é resultado do processo de seleção natural em conjunto com o homem, no Rio Grande do Sul desde 1850. Essa cultivar não apresenta queda de folha durante seu desenvolvimento, acumulando reservas nas raízes, que proporciona uma rebrota vigorosa, ótima produção de matéria seca, grande persistência e não apresenta dormência hiberna (HONDA; HONDA, 1990; NUERNBERG et al., 1990; OLIVEIRA et al., 1993).

Um dos obstáculos à expansão da cultura da alfafa no Brasil é o pouco conhecimento sobre a cultura, baixa produção de sementes e seu alto custo e pequena disponibilidade de cultivares adaptadas ao clima tropical.

II.II Correção e Adubação do Solo

Aproximadamente 90% da matéria seca acumulada pelos vegetais são provenientes do acúmulo de carbono, hidrogênio e oxigênio, oriundos do gás carbônico e água absorvidos e incorporados durante a fotossíntese (MALAVOLTA, 2006). Por esse motivo é importante que os demais nutrientes, muitos dos quais essenciais estejam prontamente disponíveis para a planta.

A absorção dos nutrientes pode ser influenciada pela condição climática, acidez, disponibilidade de água e nutrientes no solo, entre outros. Um solo sem correção e com deficiência nutricional limita o desenvolvimento das plantas.

A alfafa é muito sensível à acidez, e diminui drasticamente sua produção em solos com alta acidez (MOREIRA et al., 2007). Quando bem efetuada, a calagem pode diminuir ou eliminar a acidez do solo, reduzir a toxicidade do

alumínio e manganês, fornecer nutrientes como cálcio e magnésio, aumentar a eficiência da fixação simbiótica de N (UNDERSANDER et al., 1994) e aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo. O valor da saturação por bases deve estar acima de 95% (MOREIRA et al., 1999), entretanto, o valor recomendado é 80% (RAIJ et al., 1997).

Após a implantação da cultura da alfafa, quando não é mais possível incorporar os nutrientes, a aplicação de gesso pode contribuir, carreando os íons (principalmente os cátions) e corrigindo a acidez nos níveis mais profundos do solo (RAIJ et al., 1997).

Por ser uma leguminosa com alta capacidade de fixação de N atmosférico, não é recomendado aplicação de fertilizantes nitrogenados nos alfafais já estabelecidos, desde que a inoculação tenha ocorrido com sucesso, pois 80% do nitrogênio da parte aérea da alfafa é proveniente da fixação biológica (NUERNBERG et al., 1990; OLIVEIRA et al., 2003). Fontes et al. (1992), obtiveram um aumento de 1,6 kg de matéria seca para cada 1 kg de nitrogênio aplicado, mostrando a baixa conversão do nitrogênio aplicado em matéria seca. Tsai et al. (1993), observaram menor nodulação e baixa atividade nitrogenase em leguminosas adubadas com nitrogênio, entretanto ocorreu aumento da matéria seca com aplicação de nitrogênio, o que pode indicar uma substituição parcial do nitrogênio atmosférico pelo nitrogênio da adubação.

O fósforo é um importante nutriente para o surgimento de brotos na alfafa, aumentando de 3,8 para 4,7 brotos por planta elevando a aplicação de 0 para 59 kg ha⁻¹ (SANDERSON; JONES, 1993). A disponibilidade do fósforo varia em função do pH do solo (MALAVOLTA, 2006). Moreira et al. (2002a), mostraram que a fonte de fósforo mais eficiente foi o termofosfato, seguida pelo superfosfato triplo. Verificaram também, que os fosfatos naturais se equipararam a essas fontes, porém somente a partir do quarto corte. A recomendação de fósforo é entre 50 e 150 kg P₂O₅ ha⁻¹, dependendo da concentração no solo (RAIJ et al., 1997), na formação, entretanto Moreira e Malavolta (2001), obtiveram a maior produção de alfafa com uma dose equivalente a 820 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

O potássio é o nutriente requerido em maior quantidade pela alfafa (RASSINI; FREITAS, 1998), sendo a extração superada apenas pela soja e feijão (HONDA; HONDA, 1990). Lloveras et al. (2001), verificaram extrações de até 1.700 kg ha⁻¹ de potássio em solo cultivado com alfafa. Berg et al. (2005), verificaram uma rebrota mais rápida e maior longevidade do alfafal adubado corretamente com potássio. A adubação deve ser feita no plantio e em cobertura para evitar a perca, pois os sais de potássio geralmente apresentam alta solubilidade. Rassini e Freitas (1998), encontraram aumento linear na produção de matéria seca da alfafa, até a dose de 100 kg ha⁻¹ após cada corte.

II.III Adubação Orgânica

Com o aumento do preço dos insumos agrícolas, muitos produtores estão utilizando compostos orgânicos como opção alternativa na produção agropecuária. Embora os compostos orgânicos não tenham a mesma concentração de nutrientes dos adubos químicos, eles podem ser utilizados como complemento à adubação, promovendo também, uma regularidade no fornecimento de nutrientes para a planta, melhorando as características do solo.

Em solos tropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica tem grande importância no fornecimento de nutrientes às culturas, retendo cátions, complexando elementos tóxicos e micronutrientes, estabilizando a estrutura, atuando na infiltração e retenção de água, aeração e na atividade e diversidade microbiana (LIMA et al., 2007). Em alguns casos a matéria orgânica é responsável por até 70% da CTC dos solos (MACHADO, 2001).

A adubação orgânica melhora a capacidade de troca catiônica, soma de bases e os teores de fósforo e potássio no solo, promovendo uma maior reciclagem de nutrientes e aumento da produção de matéria seca na aveia preta (MELO et al., 2011).

III MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado no período de 19/04/2010 a 21/10/2010 em casa de vegetação com cobertura plástica transparente, no Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba/UNESP, Campus de Araçatuba, SP, situada a 21° 08' de latitude sul, 50° 25' de longitude oeste e a 415 metros de altitude. As temperaturas médias, máximas e mínimas durante a condução do experimento coletadas dentro da casa de vegetação estão apresentadas na Figura 1.

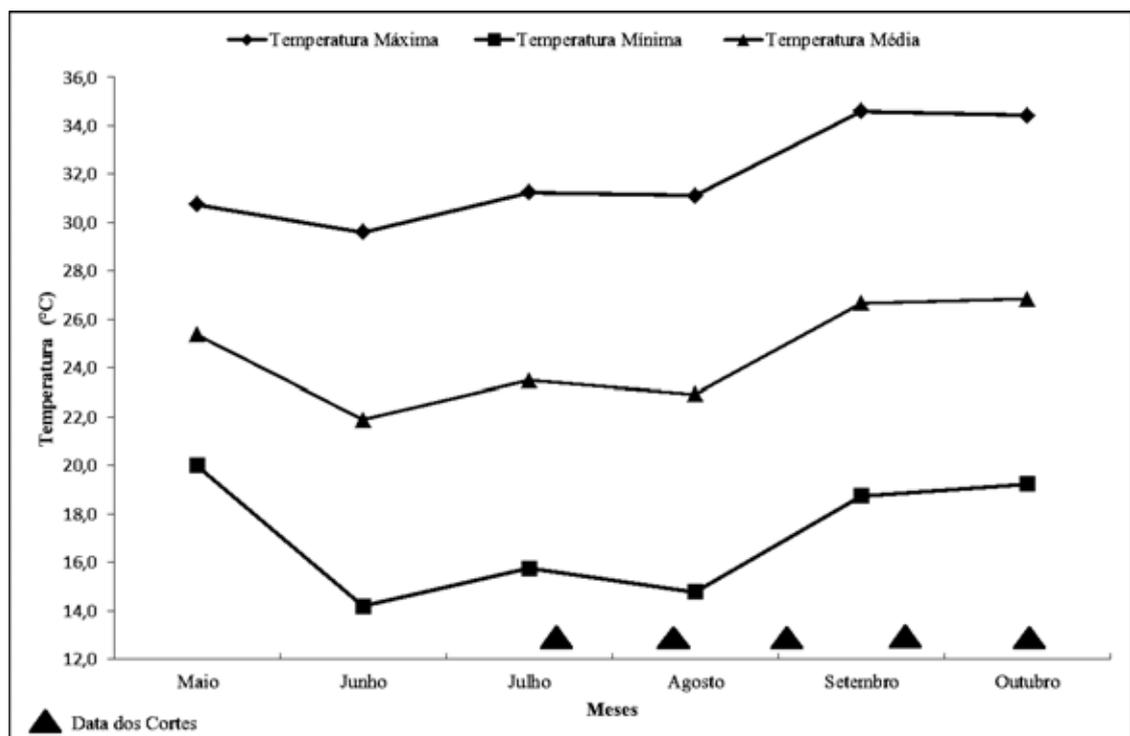


FIGURA 1 - Médias mensais da temperatura do ar (°C) no interior da casa de vegetação durante o período do experimento (2010).

Em uma área de pasto do Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal foi coletado o solo, classificado como Argissolo, na profundidade de 0-20 cm, passado em peneira com malha de quatro milímetros e retirada uma

amostra composta para análise que apresentou as seguintes características químicas: $P = 3 \text{ mg dm}^{-3}$; $MO = 17 \text{ g dm}^{-3}$; $\text{pH em CaCl}_2 = 4,6$; $K = 1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Ca = 13 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg = 6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $H+Al = 34 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; soma de bases = $20,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, capacidade de troca catiônica = $54,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e saturação por bases = $37,7\%$.

O resultado da análise de solo indicou a necessidade de correção da acidez do solo, corrigindo a saturação por bases para 80% (RAIJ et al., 1997). Para correção da acidez o solo foi incubado utilizando uma solução de carbonatos na relação 3:1 de $\text{CaCO}_3:\text{MgCO}_3$, respectivamente. Para cada repetição foram colocados cinco dm^3 de solo em bandeja plástica, com pipeta graduada adicionada a solução corretiva, homogeneizado e posteriormente transferido para os vasos de polipropileno com furos apoiados em pratos e etiquetados, o qual permaneceu incubado durante trinta dias sob umidade de 80% da capacidade de campo.

A adubação básica do solo foi feita dois dias antes da semeadura com 2 mg de zinco, 3 mg de manganês, $0,1 \text{ mg}$ de molibdênio, 1 mg de cobre, $0,5 \text{ mg}$ de boro, $61,53 \text{ mg}$ de enxofre, 150 mg de potássio e 200 mg de fósforo por dm^3 . O biofertilizante utilizado no experimento originou do resíduo de esterco mais urina de estábulo de vacas leiteiras após ser fermentado anaerobicamente em biodigestor. As características e a quantidade de cada elemento aplicado por tratamento estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição do biofertilizante e quantidade de nutrientes aplicados de acordo com o tratamento

Nutriente	Composição do Biofertilizante	Doses (m ³ ha ⁻¹)					
		0	25	50	100	200	400
		----- kg ha ⁻¹ -----					
Nitrogênio	0,300 g L ⁻¹	--	7,50	15,00	30,00	60,00	120,00
Fósforo	0,057 g L ⁻¹	--	1,43	2,85	5,70	11,40	22,80
Potássio	0,188 g L ⁻¹	--	4,70	9,40	18,80	37,60	75,20
Cálcio	0,105 g L ⁻¹	--	2,63	5,25	10,50	21,00	42,00
Magnésio	0,057 g L ⁻¹	--	1,43	2,85	5,70	11,40	22,80
		----- mg ha ⁻¹ -----					
Manganês	1 mg dm ⁻³	--	25	50	100	200	400
Zinco	1 mg dm ⁻³	--	25	50	100	200	400
Ferro	1 mg dm ⁻³	--	25	50	100	200	400

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com seis doses de biofertilizante (0, 25, 50, 100, 200 e 400 m³ ha⁻¹) e cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. A aplicação foi fracionada em três para não encharcar o solo nos tratamentos com altas doses de biofertilizante. A primeira aplicação ocorreu juntamente com a semeadura, a segunda 30 dias após a primeira e a terceira nove dias após a segunda adubação e 20 dias antes do primeiro corte.

Em maio de 2010 foi realizada a semeadura da alfafa e após 15 dias foi realizado o desbaste, permanecendo cinco plantas uniformes por vaso. Foram realizados cinco cortes a 10 cm do solo quando as plantas estavam com 10% de florescimento nas datas 19/07/2010 (59 dias após a semeadura), 09/08/2010 (21 dias de rebrota), 02/09/2010 (24 dias de rebrota), 24/09/2010 (22 dias de rebrota) e 21/10/2010 (27 dias de rebrota).

A parte aérea cortada foi acondicionada em sacos de papel, posteriormente colocados em estufa a 65°C até peso constante, (SILVA; QUEIROZ, 2002). Após cinco cortes, as raízes foram coletadas, lavadas em peneira de malha um milímetro, e foram separados os nódulos. As raízes tiveram o mesmo tratamento da parte aérea para serem submetidas à pesagem.

Os nódulos foram colocados em saco de papel e levados para estufa com circulação forçada de ar, a 65°C por 72 horas até a obtenção do peso constante para determinar o peso seco dos nódulos.

A concentração de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da planta foi analisada no primeiro, segundo e quinto cortes. As determinações seguiram a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Ao final do experimento o solo coletado foi analisado segundo descrição de Raij et al. (2001): P, K, Ca e Mg utilizando-se o método da resina trocadora de íons; S-SO₄²⁻ pela extração com solução de fosfato de cálcio; pH em CaCl₂; matéria orgânica por calorimetria; H + Al com solução tampão SMP; Al em KCl. Em relação aos micronutrientes, o boro foi extraído via água quente e Cu, Fe, Mn e Zn em DTPA-TEA pH 7,3.

A concentração de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido da parte aérea foram analisadas em todos os cortes e as determinações seguiram a metodologia descrita por Campos et al. (2004). A concentração de proteína bruta foi calculada multiplicando a porcentagem de nitrogênio por 6,25.

Os dados das análises de solo, plantas e raízes foram testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias e as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS, versão 9.1.3 (SAS Institute, 2004), no procedimento GLM para o modelo de parcelas subdivididas no tempo, sendo as doses de biofertilizante consideradas como tratamento principal e os cortes como sub-parcela. Os resultados foram submetidos à ANOVA e teste Duncan para a comparação múltipla de médias, a 5% de significância. Foram realizadas análises de regressão em função das doses de biofertilizante (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002) e análises de regressão dos modelos não lineares (VEDENOV; PESTI, 2007).

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

IV.1 Produção de matéria seca da parte aérea, da raiz e dos nódulos

A produção de matéria seca (MS) da parte aérea da alfafa apresentou diferença significativa para as doses e cortes estudados, entretanto, não houve diferença significativa na interação entre cortes e doses (Tabela 2), assim foi possível interpretar isoladamente cada efeito principal (doses e cortes).

Tabela 2 - Análise da variância da produção média de matéria seca (PMS) de acordo com as doses de biofertilizante e os cortes

Fontes de variação	Quadrados médios
	PMS
Doses Biofertilizante (DB)	9,19 *
Erro a	3,50
Cortes (C)	26,31 ***
Interação (DB x C)	2,70 ns
Erro b	1,84
CV a (%)	31,29
CV b (%)	22,71
Doses (m ³ ha ⁻¹)	g vaso ⁻¹
0	5,22 B
25	5,50 B
50	6,26 BA
100	6,18 BA
200	5,86 B
400	7,00 A
Cortes	
1	5,99 BC
2	4,47 D
3	5,57 C
4	6,51 BA
5	7,20 A

^{ns} Não-significativo. *, ** e *** significativos a 0,05; 0,01 e 0,001 de probabilidade, respectivamente pelo teste F. ABC-Letras diferentes, para o mesmo parâmetro e na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Duncan a 5%.

Avaliando os cortes observou-se que a maior produção de MS ocorreu no quinto corte, provavelmente pela temperatura adequada (Tabela 1),

entretanto, não diferiu do quarto corte, que pode ter sido causado por uma maior fixação atmosférica de N_2 , pois Fernandes et al. (2005), estudando cultivares de alfafa e período de crescimento (70 e 124 dias após a semeadura), observaram aumento na massa seca e número dos nódulos da alfafa com maior tempo de crescimento. A menor produção ocorreu no segundo corte, e pode ter ocorrido provavelmente pelo menor intervalo entre cortes, e uma menor radiação ultravioleta, pois o acumulado para o período anterior ao corte foi de 4820 W m^{-2} (CETESB, 2010), aproximadamente 26% menor que o período anterior ao quinto corte.

Tanksley et al. (2003), em experimento com aplicação de esterco bovino fresco e compostagem também verificaram rendimentos maiores nos meses de verão. Isso foi atribuído à faixa de temperatura ideal de crescimento da alfafa estar entre 10°C e 35°C . As variações de produção de MS da parte aérea entre os tratamentos foram mínimos. Isso pode ter sido devido ao fato de que os tratamentos que não receberam nitrogênio utilizando esterco ou composto foram capazes de fixar todo nitrogênio necessário da atmosfera.

No quarto corte, embora não apresentando diferença estatística em relação ao controle, a produção média de MS da parte aérea da alfafa foi maior do que o segundo e terceiro cortes (Tabela 2). Isso se deve, provavelmente, em razão do efeito inicial do nitrogênio do biofertilizante, pois as sementes são pequenas e possuem pouca reserva de nutrientes e os nódulos não estavam completamente formados possibilitando a fixação simbiótica de N_2 .

Oliveira et al. (2004), compararam o efeito da simbiose e doses de adubação nitrogenada (0, 1, 2, 4, 6, 8, 16 mmol l^{-1} de NH_4NO_3) na produção de alfafa, em experimento em casa de vegetação e em campo. No experimento sob condições controladas, foi realizado apenas um corte (42 dias após a semeadura), e verificou-se efeito positivo da adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca, teor de nitrogênio e proteína bruta. Entretanto, no experimento de campo, verificou-se efeito negativo da adubação nitrogenada mineral ($450 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}$) sobre o processo simbiótico, com redução da

nodulação, porém, sem efeito sobre a produção de matéria seca, nitrogênio total, proteína bruta, nitrogênio não proteico e digestibilidade “in vitro” da MS.

Na produção acumulada e média por corte de MS da parte aérea, a dose de 400 m³ ha⁻¹ de biofertilizante foi superior estatisticamente ao tratamento sem adubação orgânica (Tabelas 2 e 3).

Tabela 3 - Análise da variância da produção de matéria seca da parte aérea acumulada, matéria seca das raízes (MS raízes) e peso seco dos nódulos da alfafa

Fontes de variação	(g vaso ⁻¹)		
	Prod. Acumulada	MS Raízes	Peso Nódulos
Doses Biofertilizante (DB)	47,79 *	4,55 ns	0,05 ns
Erro	14,72	8,28	0,13
CV (%)	12,89	15,48	32,49
Doses (m ³ ha ⁻¹)			
0	26,13 B	18,68	1,05
25	26,75 B	18,38	1,13
50	31,30 BA	18,40	0,98
100	30,01 BA	17,30	1,24
200	30,78 BA	20,26	1,11
400	35,07 A	18,51	1,25

^{ns} Não-significativo. *, ** e *** significativos a 0,05; 0,01 e 0,001 de probabilidade, respectivamente pelo teste F. ABC-Letras diferentes, para o mesmo parâmetro e na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Duncan a 5%.

Foi realizada análise de regressão (Tabela 4) para determinar qual tipo de equação seria mais adequada para a produção de MS (linear ou quadrática), pois para experimentos biológicos a equação não linear pode explicar melhor os resultados. Verificou-se que para MS média por corte e MS acumulada a melhor equação foi o modelo linear, respondendo até a dose de 400 m³ ha⁻¹ de biofertilizante (Figura 2). Para MS de raiz e nódulos a equação linear e nem a quadrática foram indicadas para explicar os resultados.

Tabela 4 - Análise de regressão da produção de matéria seca (MS) da parte aérea acumulada, matéria seca das raízes e peso seco dos nódulos da alfafa

Efeito	MS	MS	MS	MS
	Acumulada	Média	Raízes	Nódulos
Pr > F				
Linear	0,0162	<0,0001	0,7135	0,2812
Quadrático	0,5017	0,5239	0,6163	0,6877
CV (%)	15,24	19,41	15,29	36,12
R ²	21,40	87,98	1,44	4,84

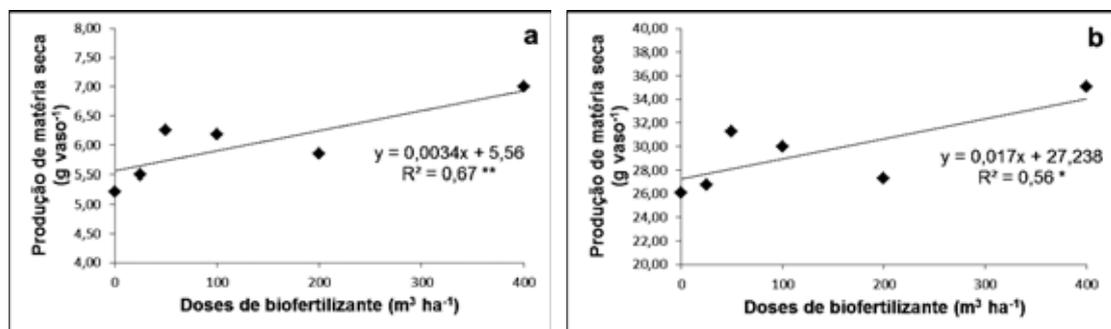


FIGURA 2 - Produção de matéria seca média por corte (a) e acumulada (b) de alfafa adubada com doses de biofertilizante.

Esse aumento de produção de MS da alfafa pode ser explicado por uma quantidade extra de nutrientes como nitrogênio, potássio, cálcio e enxofre presentes no biofertilizante orgânico, bem como pela melhoria nas propriedades químicas do solo e pela estimulação dos microrganismos no solo.

Esses resultados corroboram com Schmitt et al. (1993), que em experimento a campo, adicionando esterco suíno (28, 56 e 112 t ha⁻¹) e fertilizante mineral (proporcional aos teores de P e K do esterco) observaram aumento significativo na produção de MS da alfafa colhidas do tratamento com esterco em relação ao tratamento controle.

A produção de matéria seca do sistema radicular e dos nódulos da alfafa não apresentou diferença significativa entre as doses de biofertilizante (Tabelas 3 e 4). Russelle et al. (2007), em experimento realizado em área abandonada

de confinamento utilizaram cultivares de alfafa com a capacidade de fixar nitrogênio e cultivar geneticamente modificada que não era capaz de fixar nitrogênio atmosférico por meio da simbiose. Os resultados corroboram com Russelle et al. (2007), que não verificaram diferença na produção e distribuição de matéria seca de raiz entre os cultivares com e sem fixação biológica de nitrogênio. Os autores também não encontraram correlação entre a quantidade de massa seca de raiz produzida e a quantidade de N mineralizado no solo.

Oliveira et al. (2004), encontraram quantidade de nódulos semelhantes para cultivares diferentes, porém no experimento a campo observaram maior quantidade de nódulos no tratamento sem adubação em relação à adubação nitrogenada. Isso pode ser associado ao efeito inibitório da adubação mineral que diminui a vida útil da cultura e da qualidade de proteína na matéria seca (CIHACEK, 1994).

Gomes et al. (2002), estudando doses de calcário e relações Ca:Mg em alfafa, encontraram diferenças no número de nódulos por vaso, sendo que os melhores resultados foram nas maiores doses ($7,2 \text{ t ha}^{-1}$) de calcário, não tendo diferença significativa as relações Ca:Mg. O aumento do número de nódulos se relacionou com o aumento no conteúdo de nitrogênio na matéria seca da parte aérea. No presente experimento, como o solo foi corrigido, não foi encontrada diferença no peso seco de nódulos e o biofertilizante orgânico aplicado não causou redução na nodulação.

IV.II Atributos químicos do solo

Houve diferença significativa entre as doses de biofertilizante para o índice de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB) e saturação de bases (V%) (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias dos atributos químicos do solo em função das doses de biofertilizante

Fontes de variação	Quadrados médios				
	pH (CaCl ₂)	Ca	Mg	SB	V (%)
Doses Biofertilizante	0,04 *	9,71 **	3,25022 **	19,75168 ***	35,16214 ***
Erro	0,02	2,14	0,88064	2,34313	4,76505
CV (%)	2,54	7,53	12,70	5,55	4,43
DB (m ³ ha ⁻¹)			mmol _c dm ⁻³		%
0	5,05 BA	18,26 C	7,80 BA	27,29 B	49,35 BA
25	4,94 B	18,99 BC	7,13 B	26,90 B	47,17 BC
50	4,95 B	17,71 C	6,59 B	24,84 C	45,13 C
100	5,19 A	19,54 BAC	6,45 B	26,70 CB	51,48 A
200	5,00 B	21,37 A	7,80 BA	29,86 A	50,57 A
400	5,07 BA	20,63 BA	8,54 A	29,97 A	51,92 A

^{ns} Não-significativo. *, ** e *** significativos a 0,05; 0,01 e 0,001 de probabilidade, respectivamente pelo teste F. ABC-Letras diferentes, para o mesmo parâmetro na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Duncan a 5%. SB = soma de bases, V = saturação por bases.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados das análises de regressão. Na concentração de Ca, apesar da equação linear apresentar maior significância (Figura 3), optou por utilizar a equação quadrática, pois essa pode explicar melhor os resultados em experimento agrônomicos. Nos atributos Mg, SB, saturação por bases e boro a equação linear é a mais indicada (Figura 4).

Tabela 6 - Análise de regressão dos atributos químicos do solo ao final do experimento

Efeito	pH	MO	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB Pr > F	CTC	V	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
Linear	0,4047	0,1706	0,1049	0,4848	0,5339	0,0018	0,0126	0,0003	0,1745	0,0054	0,0265	0,2471	0,8583	0,7185	0,8634
Quadrático	0,6535	0,1970	0,8772	0,7117	0,1211	0,0511	0,1221	0,6648	0,9362	0,5076	0,1528	0,5479	0,3322	0,1369	0,0884
CV (%)	2,92	15,64	16,41	10,71	53,27	7,83	13,66	6,79	7,10	5,71	10,22	13,81	42,87	61,99	16,64
R ²	3,30	12,14	9,51	2,32	9,88	37,48	26,42	38,82	6,74	26,27	22,14	6,15	3,74	8,42	10,46

O índice pH variou de 4,94 a 5,19, sendo a maior média na dose 100 m³ ha⁻¹ de biofertilizante, no entanto, não diferiu estatisticamente da dose 0 e 400 m³ ha⁻¹ (teste F), e não diferiu na análise de regressão (Tabela 6), pois não se enquadra em equações lineares e quadráticas, e equações acima de segundo grau podem não explicar corretamente experimentos biológicos.

A manutenção da mesma faixa de pH em todos os tratamentos é visto como positiva, pois em adubações minerais com N normalmente ocorre diminuição do pH com o aumento das doses aplicadas.

A concentração de Ca apresentou uma resposta quadrática, e a dose de 255 m³ ha⁻¹ de biofertilizante foi a que otimizou a concentração desse nutriente no solo (Figura 3). Já a concentração de Mg no solo respondeu linearmente até a dose de 400 m³ ha⁻¹ (Figura 4a).

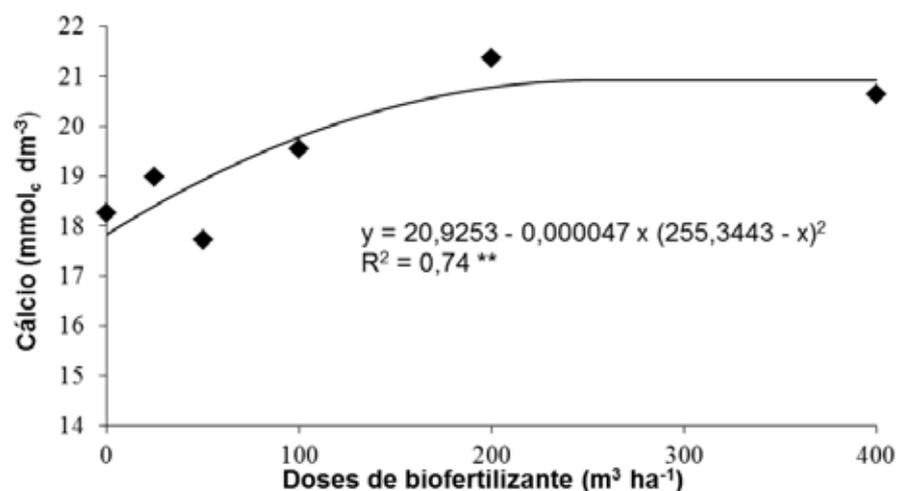


FIGURA 3 - Teores de cálcio em solo cultivado com alfafa de acordo com as doses de biofertilizante.

Os teores de Ca e Mg tiveram comportamento semelhante sendo que as maiores doses de biofertilizante apresentaram as maiores concentrações

desses nutrientes no solo ao final do experimento. Nas doses de biofertilizante 200 e 400 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ a concentração de Ca foi de 21,37 e 20,63 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ e a de Mg foi de 7,80 e 8,54 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente, propiciando uma relação Ca:Mg próxima de 3:1.

Esse resultado é importante para não alterar a relação Ca:Mg, pois segundo Gomes et al. (2002), em estudo com diversas relações Ca:Mg, verificaram efeito negativo com o excesso de Mg na produção de MS da alfafa, chegando a matar as plantas 20 dias após a semeadura.

Moreira et al. (1999), verificaram que a relação 4:1 de Ca:Mg foi a que apresentou melhor eficiência sobre a nodulação da alfafa. Os tratamentos 100 e 200 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ foram os que mais se aproximaram desse valor ficando em torno de 3:1. Lloveras et al. (2004), em estudo aplicando esterco suíno (25 e 50 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) em alfafa encontraram aumento significativo ($P > 0,05$) do teor de Mg do solo quando foi aplicado 50 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de esterco suíno.

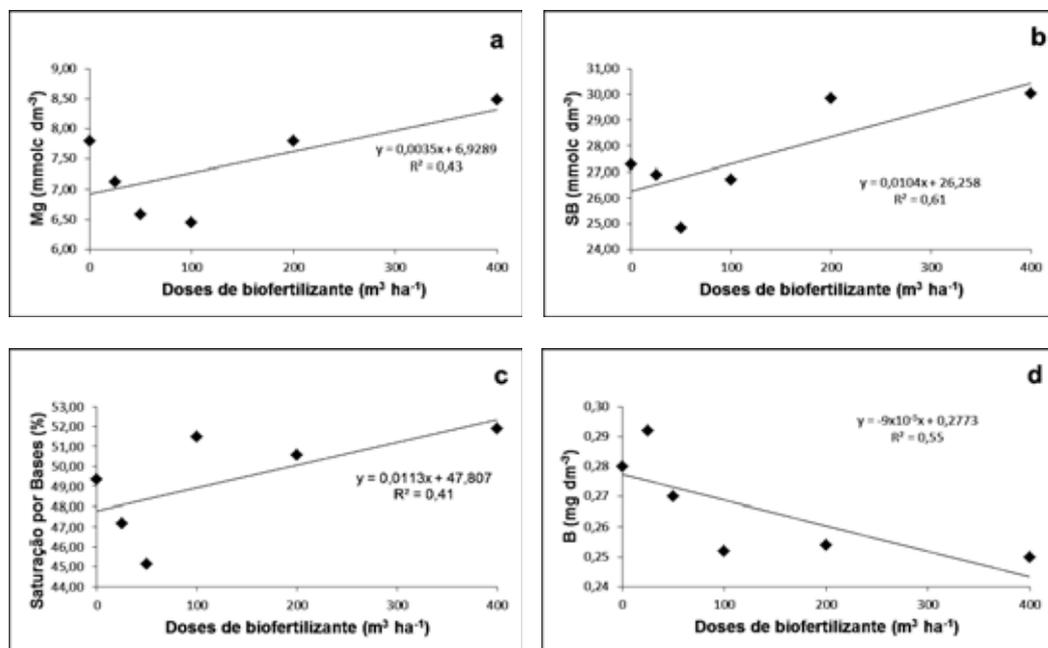


FIGURA 4 - Teores de magnésio (a), soma de bases (b), saturação por bases (c) e boro (d) em solo cultivado com alfafa de acordo com as doses de biofertilizante.

Se compararmos a concentração de Ca e Mg do solo no início do experimento (13 e 6 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente), observa-se que todos os tratamentos tiveram aumento na concentração, devido a aplicação de corretivo, entretanto nota-se concentração muito maior nos tratamentos com 200 e 400 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (Figuras 3 e 4). Este aumento é importante, pois segundo Moreira et al. (2008), a alfafa é provavelmente a cultura que mais absorve Ca e Mg, e segundo Honda e Honda (1990), a remoção de Ca foi de 224 kg ha^{-1} e Mg 45 kg ha^{-1} , muito superior as outras culturas como Algodão, Milho e Soja.

A soma de bases se comportou de maneira semelhante ao Ca e Mg (Figura 4b), pois pela definição, SB é expressa em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ e é a soma Ca, Mg, potássio (K) e algumas vezes o sódio (Na), na forma trocável. Com o aumento do Ca e Mg nas maiores doses de biofertilizante ocorreu o aumento da SB.

A saturação por base apresentou valores maiores com a elevação das doses de biofertilizante, e os valores variaram de 45 a 52% de saturação por bases (Figura 4c e Tabela 5). Isso foi benéfico para maior produtividade da cultura, considerando ser uma das mais exigentes em V%, que é de $V=80\%$ segundo Raij et al. (1997).

Entretanto, Moreira et al. (1999), em experimento com duas doses de calcário, suficientes para elevar a saturação por bases a 80% (3,9 t ha^{-1}) e outra com o dobro da quantidade verificaram uma produção significativamente maior no tratamento com a maior dose.

A matéria orgânica (MO), fósforo (P), acidez potencial (H+Al), potássio (K), capacidade de troca de cátions (CTC), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e o zinco (Zn) não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) entre as doses de biofertilizante aplicadas pelo teste F (Tabelas 7 e 8).

Apesar do grande volume aplicado em alguns tratamentos, o biofertilizante não tinha concentração de sólidos muito elevada, portanto nem as maiores doses foram suficientes para alterar significativamente os atributos das Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Médias dos atributos químicos do solo, em função das doses de biofertilizante

Fontes de variação	Quadrados médios				
	Matéria orgânica	P	Acidez potencial	K	CTC
Doses Biofertilizante	11,50 ^{ns}	140,41 ^{ns}	17,23 ^{ns}	0,07 ^{ns}	29,98609 ^{ns}
Erro	10,14	105,87	7,12	0,04	12,87679
CV (%)	15,92	16,20	9,37	28,46	6,40
DB (m ³ ha ⁻¹)	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³		
0	19,76 A	54,91 B	28,05 BA	0,81 A	55,35 BA
25	21,08 A	63,07 BA	30,21 A	0,78 A	57,11 BA
50	18,05 A	67,96 BA	30,32 A	0,53 A	55,16 BA
100	19,65 A	61,39 BA	25,37 B	0,71 A	52,07 B
200	19,13 A	63,65 BA	29,17 A	0,79 A	59,03 A
400	22,36 A	69,99 A	27,76 BA	0,54 A	57,74 A

^{ns} Não-significativo pelo teste F. CTC = capacidade de troca catiônica. ABC-Letras diferentes, para o mesmo parâmetro na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Duncan a 5%.

Comparando os dados iniciais do solo com a média no final do experimento nota-se uma melhora em diversos atributos químicos como matéria orgânica, fósforo e capacidade de troca catiônica (Tabela 7).

A concentração de fósforo na dose 400 m³ ha⁻¹ de biofertilizante diferiu estatisticamente (P<0,05) em relação ao controle, aumentando 27%, entretanto não diferiu das demais doses (Tabela 7). Salmerón et al. (2010), em experimento com esterco suíno observaram aumento de 21% na concentração de P em relação ao controle nos primeiros 30 cm do solo. A concentração de P deve ser monitorada com atenção para não ocorrer contaminação de mananciais, pois segundo Raij et al. (1997), com as concentrações de P ao final desse experimento, a recomendação de adubação para formação seria mínima, e para manutenção não seria necessária.

A concentração de K no solo diminuiu 43% em relação ao início do experimento, mesmo tendo sido realizada adubação inicial. Segundo Rassini (1998), o K é o nutriente mais requerido pela alfafa e quando negligenciado,

ocorre perda de vigor e menor longevidade do alfafal. No experimento não foi aplicado K após os cortes (total de cinco) o que deve ter acarretado extração de K pela cultura no período de avaliação.

Os teores de boro no solo após o último corte não diferiram estatisticamente pelo teste F (Tabela 8), porém foram diferentes pela análise de regressão que indicou uma equação linear (Figura 4d). A concentração de boro diminuiu com o aumento das doses de biofertilizante, provavelmente ocorreu maior extração com o aumento da produção de MS nas doses mais elevadas de biofertilizante, entretanto estavam de acordo com os encontrados por Moreira et al. (2000), em experimento testando corretivo com várias relações Ca:Mg, e segundo recomendações de Raij et al. (1997), as concentrações estavam no nível intermediário para formação, necessitando apenas um quilo de boro por hectare.

Tabela 8 - Médias dos micronutrientes do solo, em função das doses de biofertilizante

Fontes de variação	Quadrados médios				
	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
Doses Biofertilizante	0,00148 ^{ns}	0,02796 ^{ns}	100,33830 ^{ns}	0,10253 ^{ns}	0,08994 ^{ns}
Erro	0,00076	0,03666	164,05043	0,14325	0,09236
CV (%)	10,36	14,04	23,59	24,88	17,01
DB (m ³ ha ⁻¹)	(mg dm ⁻³)				
0	0,28 BA	1,38 A	54,24 A	1,57 A	2,00 A
25	0,29 A	1,30 A	50,22 A	1,38 A	1,74 A
50	0,27 BA	1,47 A	49,13 A	1,46 A	1,81 A
100	0,25 B	1,41 A	50,25 A	1,85 A	1,61 A
200	0,25 BA	1,34 A	57,42 A	1,57 A	1,70 A
400	0,25 B	1,27 A	61,08 A	1,43 A	1,85 A

^{ns} Não-significativo pelo teste F. CTC = capacidade de troca catiônica. ABC-Letras diferentes, para o mesmo parâmetro na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Duncan a 5%.

As concentrações de cobre e ferro no solo ao término do experimento (Tabela 8) foram semelhantes aos encontrados por Moreira et al. (2000), não

sendo necessária adubação com cobre para formação de alfafa (Raij et al., 1997). Lloveras et al. (2004), em um estudo aplicando esterco suíno (25 e 50 m³ ha⁻¹) em alfafa, verificaram concentrações semelhantes de cobre, entretanto observaram aumento significativo no tratamento com esterco, em um solo mais pobre, após dois anos de aplicação. Entretanto as concentrações de ferro foram menores das encontradas no presente trabalho, e apresentaram aumento significativo no tratamento com 50 m³ ha⁻¹ em relação ao controle em solo com fertilidade natural pouco mais elevada.

Os teores de manganês não tiveram diferença estatística entre as doses (Tabela 8), porém as concentrações foram muito abaixo das encontradas por Lloveras et al. (2004), que também não encontraram diferença significativa.

Os níveis de zinco ao final do experimento (Tabela 8) estavam muito abaixo dos encontrados por Moreira et al. (2000), que também não observaram diferença significativa entre os tratamentos, e levemente menores do que os encontrados por Lloveras et al. (2004), em solo com fertilidade elevada, onde foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Segundo Raij et al. (1997), esses teores são adequados ao estabelecimento da cultura da alfafa, não sendo necessário adubação com zinco.

IV.III Teores de nutrientes na parte aérea da planta

Pela análise de variância os teores de nutrientes N, K, Ca, Mg e S da parte aérea da alfafa apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre as doses de biofertilizante (Tabela 9).

Tabela 9 - Análise da variância e média da quantidade dos macronutrientes da parte aérea da alfafa de acordo com as doses de biofertilizante por vaso

Fontes de variação	Quadrados médios					
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Doses Biofertilizante (DB)	4591,77 **	32,80 ns	1808,50 **	833,69 *	27,89 *	11,07 *
Erro a	299,90	9,87	151,57	162,47	6,25	1,94
Cortes (C)	24830,18 **	163,68 ***	14093,78 ***	3003,33 ***	336,41 ***	24,65 **
Interação (DB x C)	1432,21 ns	17,20 ns	1192,54 ns	286,39 ns	10,94 ns	5,13 ns
Erro b	2102,98	9,97	817,75	141,02	7,90	2,93
CV a (%)	10,68	16,11	9,63	16,73	14,09	10,89
CV b (%)	28,28	16,20	22,37	15,58	15,83	13,37
DB ($m^3 ha^{-1}$)	mg vaso ⁻¹					
0	127,70 D	16,40 B	116,51 CB	62,47 B	15,71 B	11,66 B
25	142,79 CD	17,49 B	107,62 C	62,48 B	15,65 B	11,68 B
50	172,87 B	20,05 BA	128,54 B	78,31 BA	17,11 B	12,38 B
100	158,83 CB	21,19 BA	123,17 CB	85,12 A	18,47 BA	13,42 BA
200	162,42 CB	19,17 BA	131,56 B	77,24 BA	18,14 BA	12,60 B
400	208,40 A	22,99 A	158,72 A	93,10 A	21,52 A	15,22 A
Cortes						
1	151,62 B	19,33 B	161,50 A	86,65 A	17,70 B	13,17 A
2	122,88 B	15,37 C	128,86 B	55,03 B	11,81 C	11,01 B
5	212,00 A	23,45 A	93,18 C	85,17 A	23,24 A	14,16 A

^{ns} Não-significativo. *, ** e *** significativos a 0,05; 0,01 e 0,001 de probabilidade, respectivamente pelo teste F. ABC-Letras diferentes, para o mesmo parâmetro e na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Duncan a 5%.

O efeito da interação não foi significativo para nenhum dos elementos estudados, assim foi possível discutir isoladamente cada efeito principal.

A análise de regressão (Tabela 10) não mostraram diferença significativa ao nível de 5%, (equação linear e quadrática) para nenhum nutriente, entretanto foi realizado análise de regressão para P e Zn, pois se aproximaram de 5%. Provavelmente, para os outros nutrientes uma equação acima de segundo grau seria significativa, entretanto é mais racional, em experimentos agrônômicos, utilizar equações até segundo grau ou a lei de Mitscherlich.

Tabela 10 – Análise de regressão dos nutrientes da parte aérea da alfafa

Efeito	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	Pr > F										
Linear	0,1017	0,6665	0,9711	0,7011	0,8786	0,3910	0,7179	0,4269	0,3174	0,5145	0,0565
Quadrático	0,1792	0,0571	0,9330	0,1138	0,6763	0,9992	0,6864	0,6465	0,1189	0,6781	0,0922
CV (%)	13,63	7,70	33,38	12,50	11,72	17,46	25,75	28,73	17,33	26,08	24,43
R ² (%)	12,51	11,00	0,03	7,80	0,61	2,24	0,90	2,54	9,82	1,81	17,32

A absorção de N na parte aérea da alfafa aumentou com a aplicação crescente das doses de biofertilizante no solo (Tabela 9). O menor teor encontrado foi do tratamento controle (24,46 g kg⁻¹) e o maior foi o tratamento com 400 m³ ha⁻¹ (29,77 g kg⁻¹), isso representa uma concentração 22% maior neste último tratamento. Isso ocorreu provavelmente pela quantidade de nitrogênio fornecida utilizando biofertilizante (120 kg ha⁻¹) e também devido ao pequeno aumento, apesar de não significativo, na concentração de MO no solo que este tratamento obteve. Esses valores se aproximaram dos obtidos por Moreira et al. (2002b), em um experimento para avaliar o efeito de doses e diferentes fontes de P em alfafa, porém os autores não verificaram diferenças entre as fontes.

Entretanto, os valores encontrados neste trabalho foram menores do que os observados por Oliveira et al. (2004), que em experimento em casa de vegetação testando doses de N e cultivares de alfafa, encontraram uma maior concentração de N na planta no tratamento com a maior dose (16 mmol N L⁻¹), porém não detectaram diferença entre os cultivares. Outro fator que poderia ter causado essa menor concentração de N na planta no presente experimento seria o índice de pH que estava levemente abaixo do recomendado por Honda e Honda (1990), que é de 6,8, pois um pH mais ácido pode prejudicar a eficiência de fixação de N₂ pela bactéria *Sinorhizobium meliloti*.

A quantidade de P foliar por vaso não teve diferença pelo teste F, porém pelo teste de Duncan o tratamento com 400 m³ ha⁻¹ de biofertilizante diferiu dos tratamentos 0 e 50 m³ ha⁻¹, absorvendo 40% mais em relação ao controle. A análise de regressão do P (Tabela 10) indicou que a equação não linear explica melhor os resultados obtidos, sendo a dose 114 m³ ha⁻¹ que otimiza a absorção de P (Figura 5).

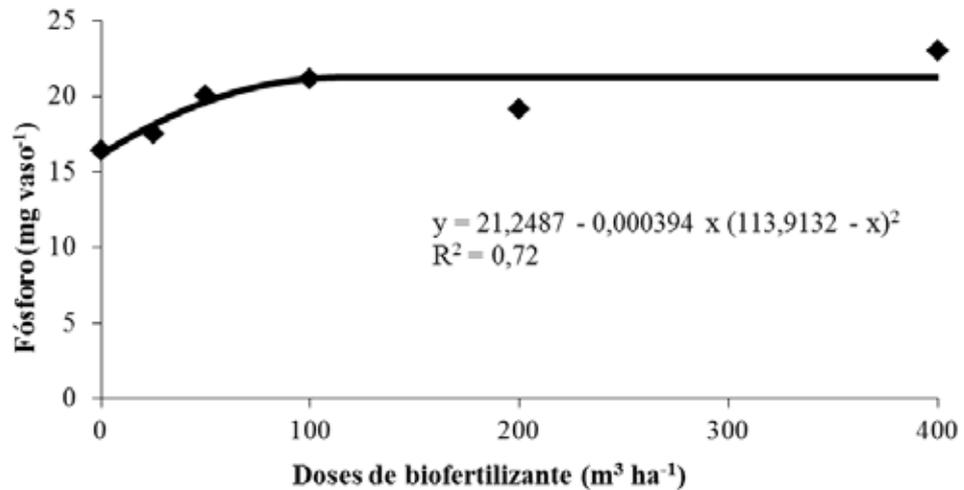


FIGURA 5 – Quantidade absorvida de fósforo de acordo com as doses de biofertilizante na alfafa.

Os teores de P na MS estavam acima do valor crítico estabelecido por Andrew e Robins (1969), que foi de 2,4 g kg. Esses valores seguem a concentração de P no solo ao final do experimento, que apesar de não ser significativamente diferente ($P > 0,05$ no teste F), a dose de 400 m³ ha⁻¹ foi superior ao controle pelo teste Duncan (Tabela 7).

Apesar de não ter ocorrido neste trabalho pode ocorrer o efeito de diluição na concentração com o aumento da produção de MS. Aumento semelhante na concentração foi observado por Lloveras et al. (2004), com aplicações de 25 e 50 m³ ha⁻¹ em cada ano de esterco suíno em alfafa, que apesar da quantidade aplicada ter sido menor do que neste experimento, sabe-se que o esterco suíno tem concentração maior de nutrientes em relação ao biofertilizante bovino, portanto a quantidade de nutriente aplicada pelos autores foi maior do que aplicada no tratamento 400 m³ ha⁻¹. Entretanto Salmerón et al. (2010), não encontraram diferenças na concentração de P aplicando doses de esterco suíno em Ebro Valley, Espanha.

O tratamento 400 m³ ha⁻¹ foi o que mais absorveu K (Tabela 7), e a concentração ficou dentro dos valores estabelecidos por Moreira et al. (1997) e Raji et al. (1997). Um dos motivos para o aumento apenas no tratamento com

maior aplicação de biofertilizante, seria a baixa disponibilidade do nutriente no solo, pois segundo Raij et al. (1997) os valores encontrados no solo ao final do experimento são considerados baixo e muito baixo, pois a alfafa exporta uma grande quantidade de K do solo. Outro motivo pode ser atribuído ao efeito da inibição competitiva entre K, Ca e Mg verificado por Moreira et al. (1999), em experimento com várias relações Ca:Mg, que encontraram teores diferentes de K na alfafa.

A maior quantidade absorvida de Ca por vaso foi no tratamento $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ que representou uma absorção 49% maior que o controle. Em todos os tratamentos a concentração desse nutriente ficou dentro dos valores encontrados por Moreira et al. (1997) e Raij et al. (1997). Esse aumento está de acordo com a concentração de Ca no solo que aumentou com a elevação das doses de biofertilizante. Resultados semelhantes também foram obtidos por Carneiro et al. (2009), que trabalhando solos com fungos micorrízicos arbusculares, obtiveram aumento da quantidade de Ca por vaso de acordo com a elevação das doses de P. Entretanto, no trabalho de Lloveras et al. (2004), ocorreu diminuição na concentração de Ca com o aumento das doses de esterco suíno.

A quantidade de Mg foliar foi maior na dose de $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante. Essa absorção foi 37,51% maior do que a dose de $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, a qual apresenta a menor absorção. Esses dados refletem a concentração de Mg encontrado no solo após o último corte. Os resultados dos tratamentos 200 e $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (3,07 e $3,09 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente) foram superiores aos encontrados por Lloveras et al. (2004), em experimento com aplicação de esterco suíno e adubação mineral por dois anos, porém não encontraram diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, Salmerón et al. (2010), também em experimento com esterco suíno, encontraram diferença significativa entre os tratamentos no segundo ano do experimento, porém as concentrações foram menores (2,2 a $2,4 \text{ g kg}^{-1}$).

A maior quantidade de S por vaso foi no tratamento $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Tabela 7), sendo 30,53% maior do que o controle. A concentração foi semelhante aos

níveis descritos por Raij et al. (1997) e acima das encontradas por Moreira et al. (1997), que observaram diferença significativa na concentração de S na MS em função das doses de gesso. Entretanto, Lloveras et al. (2004), não verificaram diferença significativa na concentração de S aplicando doses de esterco suíno na alfafa.

O nitrogênio e enxofre são muito importantes na nutrição vegetal, pois são constituintes de aminoácidos como cisteína, cistina e metionina, além de participarem de processos metabólicos envolvidos na fotossíntese, e uma adequada relação nitrogênio:enxofre (N:S) indica um bom estado nutricional da planta. Como as concentrações de N e S responderam de forma semelhante, verificou-se relação N:S de aproximadamente 11:1 no tratamento controle, 13,7:1 no tratamento $400\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ e chegando a 14:1 no tratamento $50 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, valores próximos ao indicado como adequado para gramíneas (COSTA, 1999; GUADANIN et al., 2009).

A quantidade de B encontrada não apresentou diferença estatística (Tabela 11). A concentração não alcançou os níveis obtidos por Moreira et al. (2000), entretanto ficou próximo dos valores máximos descritos por Raij et al. (1997). Lloveras et al. (2004) em trabalho realizado na Espanha, também não observaram diferença estatística entre os tratamentos, porém encontraram valores inferiores ao deste trabalho.

Tabela 11 - Análise da variância e média da quantidade dos micronutrientes da parte aérea da alfafa de acordo com as doses de biofertilizante por vaso

Fontes de variação	Quadrados médios				
	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
Doses Biofertilizante (DB)	0,00510 ns	0,00011 ns	0,10570 **	0,00880 ns	0,00131 ns
Erro a	0,00260	0,00006	0,00640	0,00659	0,00088
Cortes (C)	0,06830 ***	0,00044 **	0,28300 **	0,10650 ***	0,01041 ***
Interação (DB x C)	0,00330 ns	0,00011 ns	0,07390 ns	0,00890 ns	0,00112 ns
Erro b	0,00130	0,00005	0,34900	0,00510	0,00052
CV a (%)	16,05	18,07	8,19	23,22	17,83
CV b (%)	11,51	16,81	19,12	20,49	13,67
DB (m ³ ha ⁻¹)	mg vaso ⁻¹				
0	0,287 A	0,038 B	0,815 D	0,322 A	0,180 A
25	0,301 A	0,041 BA	0,885 DC	0,313 A	0,164 A
50	0,345 A	0,040 BA	1,004 BC	0,330 A	0,156 A
100	0,309 A	0,041 BA	1,007 BC	0,369 A	0,155 A
200	0,334 A	0,042 BA	1,034 BA	0,368 A	0,155 A
400	0,331 A	0,050 A	1,135 A	0,402 A	0,189 A
Cortes					
1	0,406 A	0,046 A	1,085 A	0,311 B	0,200 A
2	0,259 B	0,034 B	0,821 B	0,268 B	0,139 B
5	0,282 B	0,045 A	1,026 A	0,473 A	0,159 B

^{ns} Não-significativo. *, ** e *** significativos a 0,05; 0,01 e 0,001 de probabilidade, respectivamente pelo teste F. ABC-Letras diferentes, para o mesmo parâmetro e na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Duncan a 5%.

Os tratamentos 200 e 400 m³ ha⁻¹ diferiram do 0 e 25 m³ ha⁻¹, e o 400 m³ ha⁻¹ recuperou 39,27% mais Fe em relação ao controle, que foi o que menos absorveu. Entretanto, todas as concentrações estavam de acordo com a literatura (MOREIRA et al., 2002b; RAIJ et al., 1997). Moreira et al. (2002b), também encontraram diferenças nas concentrações desse mineral de acordo com a dose e fonte de P aplicada.

Os teores dos micronutrientes Cu, Mn e Zn não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, pelo teste F (Tabela 8). O Zn respondeu linearmente até a dose 400 m³ ha⁻¹ (Figura 6). As concentrações do Cu e Zn ficaram abaixo das encontradas na literatura (MOREIRA et al., 2000; RAIJ et

al., 1997), porém a concentração de Mn ficou dentro da faixa definida por Raij et al. (1997).

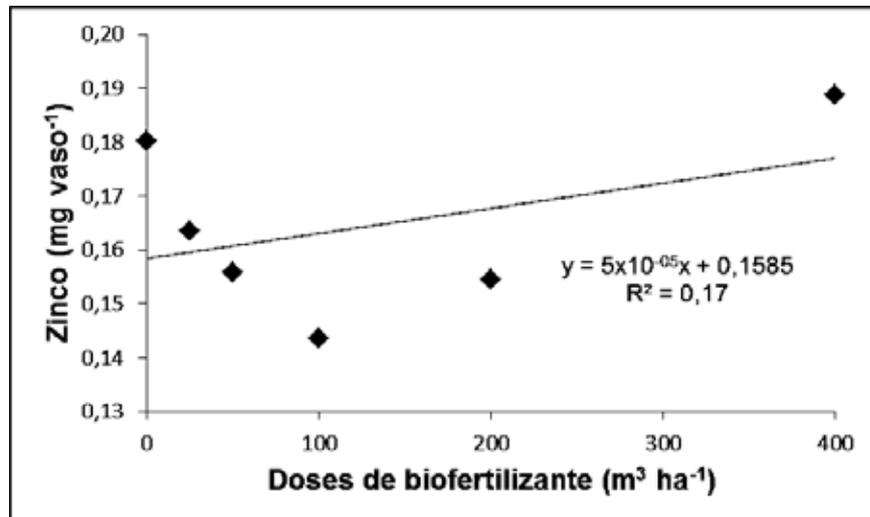


FIGURA 6 – Quantidade absorvida de zinco (mg vaso⁻¹) de acordo com as doses de biofertilizante em alfafa.

Resultados divergentes foram encontrados por Salmerón et al. (2010), que verificaram o aumento significativo na concentração de Cu no primeiro ano do experimento e do Zn no segundo ano, com o aumento da aplicação de esterco suíno em alfafa. Lloveras et al. (2004), na Espanha, também encontraram resultados diferentes na concentração de Cu com vários níveis de aplicação de esterco suíno.

Com relação aos cortes todos os nutrientes apresentaram diferenças significativas (Tabelas 9 e 11). As maiores absorção de N, P, Mg e Mn, ocorreram no quinto corte. Isso se deve provavelmente a quantidade de produção de MS que no quinto corte foi maior se comparada aos outros cortes (Tabela 2), e o primeiro corte obteve a maior quantidade de K, B e Zn, em relação aos demais cortes.

A quantidade de K foi diminuindo com os cortes (Tabela 7), pois esse nutriente estava em níveis considerados baixo (Tabela 5) no solo ao final do experimento, não suprimindo as necessidades da planta.

As menores quantidades dos elementos Ca, S, Cu e Fe, por vaso, foram encontradas no segundo corte. Moreira et al. (2000), também encontraram nível maior de B no primeiro corte da alfafa, e níveis maiores de Cu e Mn no quinto corte, em experimento para testar as relações Ca:Mg. Entretanto diferente deste trabalho eles encontraram valores maior de Zn no sexto corte.

Xavier et al. (2005), testando a eficiência de inoculantes, encontraram uma maior concentração de N no primeiro corte, o que não ocorreu neste trabalho. Já Moreira et al. (2002b), encontraram a maior concentração no terceiro quarto e quinto corte da alfafa, trabalhando com doses de P. Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn são semelhantes aos encontrados por Moreira et al. (2000).

IV.IV Valor nutricional da parte aérea

O efeito da interação não foi significativo para nenhum dos atributos nutricionais estudados, assim foi possível discutir isoladamente cada efeito principal.

A concentração de proteína bruta não obteve diferença estatística ($P > 0,05$) entre as doses de biofertilizante estudadas pelo teste F, e variaram de 14,98 a 18,45% (Tabela 12), entretanto, pelo teste de Duncan os tratamentos 50, 100, 200 e 400 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ foram superiores ao tratamento controle. Esses valores ficaram próximos aos encontrados por Pompeu et al. (2003), para a alfafa cultivar crioula, em experimento com aplicação de adubação nitrogenada. A concentração de proteína bruta ficou próxima do recomendado pela EMBRAPA (2002), para fornecimento de concentrado para vacas leiteiras.

Lloveras et al. (2000), também não encontraram diferença significativa na concentração de proteína bruta em experimento com alfafa com aplicação de 30 kg ha^{-1} ano de nitrogênio, entretanto a concentração de proteína foi maior (20,04 a 23,58%).

Entretanto, Oliveira et al. (2004), encontraram concentração significativamente maior em experimento utilizando dose de nitrogênio oito vezes maior que o controle em casa de vegetação, porém, não encontraram diferença significativa em experimento a campo com aplicação de 450 $\text{kg de nitrogênio ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

Tabela 12 - Média de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) na parte aérea da alfafa em função das doses de biofertilizante e cortes

Fontes de variação	Quadrados médios		
	PB	FDN	FDA
Doses Biofertilizante (DB)	10,72 ns	13,68 ns	18,72 ns
Erro a	2,79	19,08	11,23
Cortes (C)	24,64 *	200,43 ***	110,89 ***
Interação (DB x C)	2,23 ns	16,14 ns	5,72 ns
Erro b	5,41	10,47	4,64
CV a (%)	9,63	11,51	13,80
CV b (%)	13,39	8,53	9,12
DB (m ³ ha ⁻¹)	%		
0	14,98 B	37,79 A	25,15 A
25	16,74 AB	38,98 A	24,54 BA
50	18,45 A	39,25 A	24,51 BA
100	18,15 A	36,81 A	24,71 BA
200	17,57 A	37,36 A	22,66 B
400	18,36 A	37,42 A	24,07 BA
Cortes	%		
1	15,79 B	37,91 B	25,19 B
2	17,77 AB	35,55 C	22,56 C
3		36,06 C	23,64 C
4		42,35 A	27,37 A
5	18,58 A	38,71 B	22,64 C

^{ns} Não-significativo. *, ** e *** significativos a 0,05; 0,01 e 0,001 de probabilidade, respectivamente pelo teste F. ABC-Letras diferentes, para o mesmo parâmetro e na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Duncan a 5%.

A análise de regressão da Tabela 13 mostra que para o FDA, a equação que melhor explica os resultados é a de segundo grau. Os atributos PB e FDN não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% para equação liner e quadrática.

Tabela 12 – Análise de regressão de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da parte aérea da alfafa

Efeito	PB	FDN	FDA
		Pr > F	
Linear	0,0979	0,2165	0,0948
Quadrático	0,1956	0,9491	0,0413
CV (%)	13,49	13,04	12,43
R ² (%)	12,34	1,05	4,68

Essa avaliação qualitativa da forrageira é importante em um sistema de produção a pasto, pois influencia diretamente os custos de produção, substituindo parte do fornecimento de grãos e suplementos.

A concentração de proteína bruta foi significativamente maior para o quinto corte (Tabela 12). Esse aumento na concentração pode ter ocorrido devido à melhor formação das raízes e melhor capacidade de absorção dos nutrientes e também pelo fato dos cortes serem feitos após avaliação visual do estágio de florescimento, podendo ocorrer pequenas variações, pois segundo Kawas et al. (1990), o teor de proteína altera de acordo com estágio de maturação da alfafa.

Os teores de fibra em detergente neutro não apresentaram diferença significativa, pelo teste F, entre as doses de biofertilizante estudadas (Tabela 12). Fontes et al. (1992), forneceram a mesma quantidade de nitrogênio que foi fornecida pelo biofertilizante, usando ureia, também não encontraram diferença significativa entre os tratamentos e os valores de fibra em detergente neutro foram semelhantes. Pompeu et al. (2003), utilizando adubação nitrogenada também não encontraram diferença significativa entre os tratamentos, entretanto os teores de fibra em detergente neutro foram maiores, provavelmente pelo fato do estágio de maturação mais avançado das plantas, pois o primeiro corte foi feito aos 107 dias após a semeadura.

Os teores de fibra em detergente ácido também não tiveram diferença significativa, pelo teste F, entre as doses de biofertilizante estudadas (Tabela 12), entretanto, a análise de regressão apresentou uma equação quadrática, (Figura 7). Valores semelhantes foram encontrados por Cherney et al. (1994), em experimento testando doses de nitrato de amônio em alfafa, coletada 71 dias após a semeadura, e também não encontraram diferença significativa entre os tratamentos.

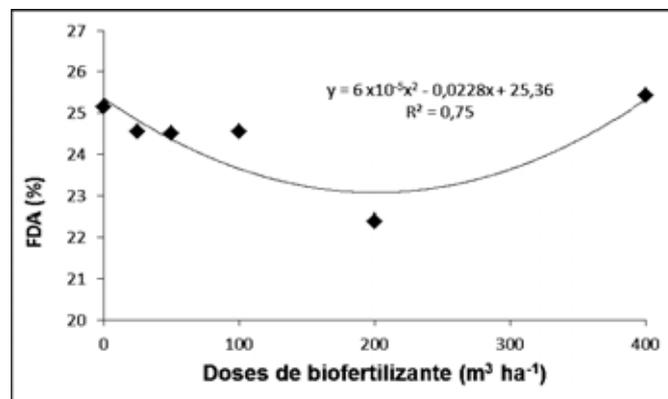


FIGURA 7 – Porcentagem de fibra em detergente ácido (FDA) na parte aérea da alfafa de acordo com as doses de biofertilizante.

A avaliação da fibra dos alimentos é importante, principalmente em vacas leiteiras, para manter o funcionamento correto do rúmen e o teor de gordura no leite.

Os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido tiveram diferença significativa entre os cortes (Tabela 9). Esses valores podem ter variado provavelmente por uma pequena diferença no estágio de maturação das plantas, pois os cortes eram feitos após avaliação visual de maturação, que pode ocorrer pequeno erro e segundo Kawas et al. (1990), a fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro varia de acordo com o estágio vegetativo da planta. Os valores de fibra em detergente neutro ficaram dentro dos estabelecidos por Kawas et al. (1990), como pré-florescimento e

florescimento inicial. Os teores de fibra em detergente ácido foram semelhantes aos valores definidos como pré-florescimento encontrado por Kawas et al. (1990).

V CONCLUSÕES

A cultura da alfafa respondeu linearmente, para matéria seca da parte aérea, até a dose de $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante.

Os atributos químicos pH, Ca, Mg, SB e V% do solo apresentaram diferença entre os tratamentos, sendo que o Ca obteve uma resposta quadrática, com a absorção máxima na dose $255 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante, e Mg, SB e V% apresentaram resposta linear.

Os nutrientes N, K, Ca, Mg, S e Fe da parte aérea tiveram diferença significativa. O P apresentou uma resposta quadrática, atingindo a quantidade máxima na dose $114 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante, e o Zn respondeu linearmente. Os valores de proteína bruta, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro não diferiram entre as doses de biofertilizante.

O biofertilizante pode ser utilizado como insumo na agropecuária para melhorar a produção e qualidade da alfafa e alterar favoravelmente os atributos do solo.

REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2006, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, IPNI Brasil, 2007. p. 1-35.

ANDREW, C. S.; ROBINS, M. F. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentages of phosphorus. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.20, p. 665-674, 1969.

BEEFPOINT. **USDA: produção mundial de carne bovina cresce 13% em 20 anos, brasileira cresce 65%**. Disponível em: <http://sistema.sinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_dados_horarios.asp>. 2010. Acesso em: 26 jun. 2012.

BERG, W. K.; CUNNINGHAM, S. M. Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield and yield components. **Crop Sci**, v.45, p. 297-304, 2005.

CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análise de alimentos**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CARNEIRO, R. F. V.; EVANGELISTA, A. R.; FERREIRA, A. S. Crescimento vegetativo e aquisição de nutrientes pela alfafa em resposta à micorriza e doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 267-273, 2009. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=119012585006>> Acesso em: 10 jul. 2011.

CHERNEY, D. J. R.; CHERNEY, J. H.; PELL, A. N. Inorganic nitrogen supply effects on alfalfa forage quality. **Journal of Dairy Science**, v.77, p. 230-236, 1994.

CIHACEK, L. J. Alfalfa nutrient needs and fertilization. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DA ALFAFA (*Medicago sativa* L.) NOS TRÓPICOS, Juiz de Fora, 1994. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA, CNPGL, 1994. p. 93-97.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Parâmetros meteorológicos**. Disponível em: <http://sistema.sinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_dados_horarios.asp>. 2010. Acesso em: 26 out. 2011.

COSTA, M. N. X. **Influência de épocas e doses de adubação nitrogenada na produção estacional de dois capins**. Piracicaba, 1999. 63 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Produção de Leite no Sudeste do Brasil**. 2002. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSudeste/introducao.html>>. Acesso em: 03 jun. 2011.

FERNANDES, A. C. et al. Crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular de três cultivares de alfafa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.9, n.1, p. 51-56, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000100008>>. Acesso em: 03 fev. 2012.

FONTES, P. C. R. et al. Resposta da cultura de alfafa (*Medicago sativa*) a adubação nitrogenada. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.21, n.6, p. 996-1001, 1992.

FONTES, P. C. R. et al. Produção e níveis de nutrientes em alfafa (*Medicago sativa* L.) no primeiro ano de cultivo, na zona da mata de MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.2, p. 205-211, 1993.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **Food and agricultural commodities production**. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 03 jan. 2012.

GOMES, F. T. et al. Nodulação, fixação, de nitrogênio e produção de matéria seca de alfafa em resposta a doses de calcário, com diferentes relações cálcio:magnésio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p. 925-930, 2002.

GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. v.11. 309 p.

GUADANIN, E. C.; SCHOROEDER JUNIOR, L.; SOUZA, M. A. S. Relações nitrogênio enxofre na produção de matéria seca da raiz da *brachiaria brizantha* cv. Xaraés. In: INIC - ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13, 2009, São José dos Campos. Ciência & Ética - O paradigma do século XXI, 2009.

HANSON, C. H.; TYSDAL, H. M.; DAVIS, R. L. **Alfalfa**. In: HUGLES, H. D.; HEALTH, M. E.; METCALF, D. S. **Forages**: la ciência de la Agricultura baseada en la produccion de pastos. México, Companhia Editorial Continental, 1978. Cap. 12, p. 151-162.

HONDA, C. S.; HONDA, A. M. **Cultura da alfafa**. Cambará: IARA Artes Gráficas, 1990. 245 p.

KAWAS, J. R.; JORGENSEN, N. A.; LU, C. D. Influence of alfalfa maturity on feed intake and site of nutrient digestion in sheep. **Journal of Animal Science**, v.68, p. 4376-4386, 1990.

LIMA, J. J. et al. Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Acta Scientiarum**, v. 29, supl., p. 715-719, 2007.

LLOVERAS, J. et al. Efecto del abonado nitrogenado invernal en la producción y calidad de la alfalfa en los regadíos del Urgell. In: REUNIÓN IBÉRICA DE PASTOS Y FORRAJES, 3, 2000.Bragança-La Coruña (Portugal-Spain), 2000. p. 255-261.

LLOVERAS, J. et al. Potassium fertilization effects on alfalfa in a Mediterranean climate. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 1, p. 139-143, 2001.

LLOVERAS, J. et al. Effect of swine slurry on alfalfa production and on tissue and soil nutrient concentration. **Agronomy Journal**, v.96, p. 986–991, 2004.

MACHADO, P. L. O. **Manejo da matéria orgânica em solos tropicais**. 1 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2001. n. 24. 25 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 631 p.

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

MELO, A. V. et al. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. **Semina**. Ciências Agrárias (Online), v. 32, p. 411-420, 2011.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Fontes e doses e extratores de fósforo em alfafa e centrosema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1519-1527, 2001.

MOREIRA, A.; BERNARDI, A. C. C.; RASSINI, J. B. Correção do solo, estado nutricional e adubação da alfafa. In: FERREIRA, R. P. (Eds). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. Brasília: EMBRAPA, 2008, p. 37-51.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G.; EVANGELISTA, A. R. Efeito de doses de enxofre na produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 5, p. 533-538, 1997.

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**, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, L. A. C. Eficiência de fontes e doses de fósforo na alfafa e na centrosema cultivadas em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1459-1466, 2002a.

MOREIRA, A. et al. O. Efeito da relação cálcio e magnésio do corretivo sobre micronutrientes na alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 2051-2066, 2000.

MOREIRA, A. et al. **Fertilidade do solo e estado nutricional da alfafa cultivada nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 40 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 67).

MOREIRA, A. et al. Fontes e doses de fósforo na concentração de nitrogênio e micronutrientes na alfafa e na centrosema. **Boletim de Indústria Animal**, v. 59, n. 2, p. 157-165, 2002b.

NUERNBERG, N. J.; MILAN, P. A.; SILVEIRA, C. A. M. **Manual de produção de alfafa**. Florianópolis: EMPASC, 1990. 102 p.

OLIVEIRA P. R. D.; PAIM, N. R.; CZERMAINSKI, A. B. C. Seleção para rendimento e qualidade da forragem em alfafa crioula. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 9, p. 1039-1044, 1993.

OLIVEIRA, W. S. et al. Alfalfa yield and quality as function of nitrogen fertilization and symbiosis with *Sinorhizobium meliloti*. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 433-438, 2004.

OLIVEIRA, W. S. et al. Disponibilidade hídrica relacionada ao conteúdo de nitrogênio e produtividade da alfafa (*Medicago sativa* L.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v. 34, n. 6, p. 1275-1286, 2003.

PEREIRA, A. V. Cultivares de alfafa. In: FERREIRA, R. P. et al. **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2008, v. 1, p. 193-214.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

POMPEU, R. C. F. F. et al. Produção de matéria seca e qualidade de quatorze cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) sob irrigação no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p. 153-160, 2003.

RAIJ, V. B. et al. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 284 p.

RAIJ, V. B. et al. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p. 245-258. (Boletim, 100).

RASSINI, J. B. **Alfafa (*Medicago sativa* L.): estabelecimento e cultivo no Estado de São Paulo**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1998. 27 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 15).

RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. Desenvolvimento da alfafa (*Medicago sativa* L.) sob diferentes doses de adubação potássica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 487-490, 1998.

RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. P.; CAMARGO, A. C. Cultivo e estabelecimento da alfafa. In: FERREIRA, R. P. (Eds). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. Brasília: EMBRAPA, 2008, p. 37-51.

REDE DE TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL-RTS. Gestão de dejetos animais passa por expansão. Disponível em: <<http://rts.ibict.br/noticias/destaque-2/imagens/gestao-de-dejetos-animais-passa-por-expansao>>. 2009. Acesso em: 03 jun. 2011.

RODRIGUES, A. A; CAMERÓN, E. A.; VILELA, D. Utilização da Alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras. In: FERREIRA, R. P. (Eds).

Cultivo e Utilização da Alfafa nos Trópicos. Brasília: EMBRAPA, 2008, p. 361-392.

RUSSELLE, M. P. et al. Managing nitrogen contaminated soils: Benefits of N₂-fixing alfalfa. **Agronomy Journal**, v.99, p. 738–746, 2007.

SALMERÓN, M. et al. Yield and Environmental Effects of Summer Pig Slurry Applications to Irrigated Alfalfa under Mediterranean Conditions. **Journal of Production Agriculture**. v. 102, p. 559-567, 2010.

SANDERSON, M. A.; JONES, R. M. Stand dynamics and yield components of alfalfa as affected by phosphorus fertility. **Agronomy Journal**, v.85, n.2, p. 241-246, 1993.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008.** São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 26/07/2012.

SAS INSTITUTE INC. **SAS OnlineDoc 9.1.3.** Cary: SAS Institute Inc., 2004.

SCHMITT, M. A.; SHEAFFER, C. C.; RANDALL, G. W. Preplant manure and commercial P and K fertilizer effects on alfalfa production. **Journal of Production Agriculture**. v. 6, p. 385-390, 1993.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos:** métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002.

TANKSLEY, K. A.; MARTIN, E. C. **Application of animal manure/compost in an irrigated alfalfa production system.** Presented at the 2003 Annual Meeting of the ASAE, Las Vegas, NV, 2003. Paper 32370.

TSAI, S. M.; SILVA, P. M.; CABEZAS, W. L.; BONETTI, R. Variability in nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropped with maize. **Plant and Soil**, v. 152, n. 1, p. 93-101, 1993.

UNDERSANDER, D. et al. Alfalfa management guide. **Madison: American Society of Agronomy**, 1994. 51 p.

VEDENOV, D.; PESTI, G. M. A comparison of methods of fitting several models to nutritional response data. **Journal Animal Science**. v.86, n.2, p. 500-507, 2007.

VILELA, D. Potencialidade da alfafa na Região Sudeste do Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n.175, p. 50-53, 1992.

VILELA, D. et al. Produção de leite de vacas holandesas em confinamento ou em pastagem de *Coast-cross*. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p. 1228-1244, 1996.

XAVIER, D. F. et al. Eficiência de inoculantes de rizóbio na nodulação de alfafa em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p. 781-785, 2005.