



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
Centro de Ciências Agrárias e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal



**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E VALOR
NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE LEGUMINOSAS EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA**

NÁDYLLA DANNUSE RODRIGUES DE ALMEIDA

Chapadina-Ma
2019

NÁDYLLA DANNUSE RODRIGUES DE ALMEIDA

**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E VALOR
NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE LEGUMINOSAS EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Daniele de Jesus Ferreira

Chapadinha-Ma
2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

RODRIGUES DE ALMEIDA, NÁDYLLA DANNUSE.
CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E VALOR NUTRICIONAL DE
VARIEDADES DE LEGUMINOSAS EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA
/ NÁDYLLA DANNUSE RODRIGUES DE ALMEIDA. - 2019.

91 p.

Coorientador(a): Prof. Dr. Anderson de Moura Zanine.

Orientador(a): Profa. Dra. Daniele de Jesus Ferreira.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal (25.06)/ccaa, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha, 2019.

1. Crotalária. 2. Feijão guandu. 3. Morfologia. 4.
Produção. I. de Jesus Ferreira, Profa. Dra. Daniele. II.
de Moura Zanine, Prof. Dr. Anderson. III. Título.

NÁDYLLA DANNUSE RODRIGUES DE ALMEIDA

**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E VALOR
NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE LEGUMINOSAS EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em : ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Daniele de Jesus Ferreira UFMA/CCAA (Orientadora)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Anderson de Moura Zanine UFMA/CCAA (Coorientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Henrique Nunes Parente UFMA/CCAA (Membro interno)
Universidade Federal do Maranhão

Dra. Anny Graycy Vasconcelos de Oliveira Lima (Membro externo)
Bolsista PNP/CAPE/PPGCA/UFMA

“Tudo o que fizerem, seja em palavra seja em ação, façam-no em nome do Senhor **Jesus**, dando por meio dele graças a **Deus Pai.**” (Colossenses 3:17)

À Deus eterno, imortal, invisível mais real, a Ele!

DEDICO

A minha querida Mãe **Lucy Lima** pelos seus esforços, orações, há mãe como **Te amo**, se não fosse Deus em você, eu não tinha conseguido.

Ao meu querido Pai **Francisco Almeida** pelo apoio, dedicação, meu grande parceiro.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido a oportunidade de chegar até aqui há foi somente você. À minha família, meu bem mais valioso, por acreditarem e sonharem junto comigo. Meus pais pela ajuda, o amor de vocês me fortaleceu até aqui. Meus irmãos Natalia, Rafael e Davi Lucas, amor de irmão é amor para a vida inteira. Amo vocês!

A minha amada avó Afoncina pela força de viver e está sempre presente, te amarei além da vida. Meu amado avô que com saudade lembrarei todos os dias da minha vida honras “Chico Silva”. Minhas queridas tias Leoneide e Lourisan Almeida pela ajuda e apoio de sempre. Meus queridos avós Maria Rodrigues e Luis Lima pelas orações. Em especial ao meu Noivo amado Jheyson Lages que com tanto carinho e cuidado me ajudou a chegar até aqui. Te amo!

A Universidade Federal do Maranhão e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade de crescimento.

Aos meus orientadores, Prof^a. Dr^a. Daniele de Jesus Ferreira e Prof. Dr. Anderson de Moura Zanine por toda ajuda, ensinamentos e conhecimento transmitido. Ao Prof. Dr. Ricardo Martins Araujo Pinho pelo acompanhamento e ajuda prestada durante todo experimento. Aos prof. Dr. Henrique Nunes Parente e Prof^a Dr^a. Michelle de Oliveira Maia Parente pelo auxílio e o uso do Laboratório de Produtos de Origem Animal (LAPOA), ao Prof. Dr. Miguel Arcanjo Moreira Filho pela disponibilidade sempre que precisei, pela sua ajuda e profissionalismo. Ao Prof. Dr. Marcos Delmondes Bomfim pela disponibilidade do uso do Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal, pela disponibilidade e ajuda do zootecnista Dr. Leonardo Bernardes Taverny de Oliveira no acompanhamento laboratorial. Ao Prof. Zinaldo Firmino da

Silva pela disponibilidade e uso do Laboratório de Nutrição de Gado de leite. As amigas de mestrado em especial a Jarlyanne Costa, Alanna Mesquita, Elinalva Moraes, pelo companheirismo, ensinamentos e momentos alegres durante essa árdua jornada. Ao amigo Tomaz de Melo Neto obrigado por sua humildade e ajuda nesses dois anos de mestrado.

Aos amigos Ygo Portela, Diana, Claudia, Darley, Cledson, Thiago, Rodolfo, Anderson e Ygo Cassiano e todos que estiveram presentes para a realização do experimento. Há todo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, aos amigos e profissionais do campus CCAA desde aos auxiliares de serviços gerais aos vigias obrigada pela dedicação e serviço prestado e até pelo “Bom dia de sempre”. Agradecimentos em especial aos meus pastores pela intercessão e carinho. Apenas Gratidão. **Foi Deus!**

Obrigada!

SUPORTE FINANCEIRO

“ O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 ”.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Dados de temperatura no período do experimento-(INMET).....	32
Figura 2. <i>Crotalárias juncea</i>	33
Figura 3. <i>Crotalaria spectabilis</i>	33
Figura 4. <i>Crotalaria ochroleuca</i>	34
Figura 5. <i>Cajanus cajan</i>	34
Figura 6. Vasos preenchidos e adubados.....	35
Figura 7. Sementes das leguminosas	36
Figura 8. Semeadura nas bandejas.....	37
Figura 9. Plantio em sementeiras e transplântio para vasos	37
Figura 10. Vasos na área experimental e plântulas	38
Figura 11. Adubação e transplântio nos vasos	38
Figura 12. Avaliações morfológicas.....	40
Figura 13. Coleta de dados durante o período experimental	41
Figura 14. Avaliação morfológica da raiz e retirada dos nódulos	42
Figura 15. Quantificação dos nódulos	43

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do solo utilizado no ensaio.	31
Tabela 2. Níveis de significância para produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e para a produção de matéria seca total (PMST) das leguminosas.	45
Tabela 3. Produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e produção de matéria seca total (PMST) em função das doses de P ₂ O ₅ de leguminosas.	47
Tabela 4. Produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e produção de matéria seca total (PMST) das leguminosas.	49
Tabela 5. Níveis de significância para altura da planta (AP), número de folhas (NF) diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR) e número de nódulos (NN) das leguminosas.	52
Tabela 6. Altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR), número de nódulos (NN) em função das doses de P ₂ O ₅ em leguminosas.	53
Tabela 7. Altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR), número de nódulos (NN) em função das leguminosas.	55
Tabela 8. Interação entre níveis de adubação fosfatada e as espécies de leguminosas para o número de folhas.	57
Tabela 9. Teores de matéria seca da folha (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca da raiz (MSR), matéria mineral da folha (MMF), matéria mineral do caule (MMC) matéria mineral da raiz (MMR), proteína bruta da folha (PBF), nitrogênio da raiz (NR), fibra em detergente neutro do caule (FDNC), fibra em detergente neutro da folha (FDNF), fibra em	

detergente ácido da folha (FDAF) e fibra em detergente ácido do caule (FDAC), das leguminosas..... 58

Tabela 10. Teores de matéria seca de folha (MSF), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de raiz (MSR), matéria mineral de folha (MMF), fibra em detergente neutro da folha (FDNF), fibra em detergente neutro de caule (FDNC), fibra em detergente ácido da folha (FDAF) e fibra em detergente ácido de caule (FDAC) das leguminosas em função de níveis de adubação fosfatada..... 59

Tabela 11. Teores de matéria seca de folha (MSF), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de raiz (MSR), matéria mineral de folha (MMF), fibra em detergente neutro da folha (FDNF), fibra em detergente neutro de caule (FDNC), fibra em detergente ácido da folha (FDAF) e fibra em detergente ácido de caule (FDAC) das leguminosas. 60

Tabela 12. Interação entre níveis de adubação fosfatada e as espécies de leguminosas para a composição bromatológica. 63

Tabela 13. Eficiência da adubação fosfatada em função da Produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e produção de matéria seca total (PMST)..... 67

Tabela 14. Produção média das leguminosas em função das doses de P para Produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e produção de matéria seca total (PMST) e Número de nódulos (NN).. 68

Tabela 15. Eficiência da adubação fosfatada em função da Produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e produção de matéria seca total (PMST) e Número de nódulos (NN)..... 70

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Importância das leguminosas forrageiras no sistema de produção.....	17
2.2 <i>Crotalaria juncea</i>	20
2.3 <i>Crotalaria spectabilis</i>	22
2.4 <i>Crotalaria ochroleuca</i>	23
2.5 Feijão Guandu (<i>Cajanus cajan</i>).....	24
2.6 Adubação fosfatada e o sistema de produção	26
CAPITULO I - CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E VALOR NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE LEGUMINOSAS ADUBADAS COM NÍVEIS DE FÓSFORO .29	
1. INTRODUÇÃO.....	29
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.1 Produção de Biomassa Aérea e Radicular	45
3.2 Composição morfológica e quantificação de nódulos	52
3.3 Composição Bromatológica	58
3.4 Eficiência da adubação fosfatada.....	66
4. CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS.....	72

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da adubação fosfatada sobre a produção de matéria seca da parte aérea e de raízes, a composição morfológica, quantificar o número de nódulos e avaliar a composição química de três cultivares de crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*) e o feijão guandu (*Cajanus cajan*). O experimento foi realizado na Universidade Federal do Maranhão em casa de vegetação utilizando vasos com 6 dm³ de solo e com irrigação monitorada. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4×4, com quatro doses de adubação fosfata (0, 100, 200, 300 kg/ha de P₂O₅) e quatro cultivares de leguminosas (*Crotalárias juncea*, *spectabilis*, *ochroleuca* e o feijão guandu), com quatro repetições, totalizando 64 vasos. Houve efeito linear positivo para produção de matéria seca de folha, produção de matéria seca de caule e produção de matéria seca total. Os maiores valores de produção de matéria seca da folha ocorreu para a *Crotalaria spectabilis*, com média de produção superior a 2000 kg quando comparada às demais espécies analisadas. Associado a essa produção, a *Crotalaria spectabilis* apresentou menor produção de caule (2071,61 kg/ha) e, conseqüentemente, maior relação folha:caule (2,38). Foi observado maior produção de matéria seca do caule (6878,45 kg/ha) para a *Crotalaria juncea*, comparada às demais leguminosas, essa espécie apresentou média de produção superior a 3000 kg/ha de caule quando comparada às demais leguminosas estudadas. Houve efeito linear positivo para o comprimento da raiz em que o maior nível de fósforo proporcionou maior comprimento de raiz. A quantidade maior de nódulos ocorreu na *Crotalaria spectabilis*. Os maiores teores de fibra em detergente neutro na folha foram observados para a *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca* e o feijão guandu. Os menores teores de fibra em detergente neutro do caule, fibra em detergente ácido da folha e a fibra em detergente ácido do caule, 74,43; 31,94 e 64,35%, foram observados na *Crotalaria spectabilis*, respectivamente. Houve efeito linear crescente para os teores de proteína bruta da folha, apenas para a *Crotalaria juncea* e feijão guandu. Portanto, adubação fosfatada alcançou maior eficiência de adubação na dose de 100 kg/ha. A adição de fósforo promoveu melhores resultados em função das quatro leguminosas estudadas.

Palavra-Chave: Morfologia, Crotalaria, Feijão guandu, Produção.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of phosphate fertilization on root and shoot dry matter production, morphological composition, quantify number of nodules and evaluate the chemical composition of three crotalaria cultivars (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*) e o feijão guandu (*Cajanus cajan*). The experiment was carried out at the Federal University of Maranhão in a greenhouse using pots with 6 dm³ of soil and with irrigation monitored. The experimental design was completely randomized in a 4 × 4 factorial scheme, with four doses of phosphate fertilization (0, 100, 200, 300 kg / ha P₂O₅) and four legume cultivars (*Crotalaria juncea*, *spectabilis*, *ochroleuca* and feijão guandu), with four replicates, totaling 64 vessels. There was positive linear effect for leaf dry matter production, stem dry matter yield and total dry matter production. The highest values of leaf dry matter production occurred for *Crotalaria spectabilis*, with an average yield of over 2000 kg when compared to the other species analyzed. *Crotalaria spectabilis* showed lower stem production (2071.61 kg/ha) and, consequently, a higher leaf: stem ratio (2.38). The highest dry matter yield of the stem (6878.45 kg / ha) was observed for *Crotalaria juncea*, compared to the other legumes, this species presented an average yield of more than 3000 kg/ha of stem when compared to the other legumes studied. There was a positive linear effect for root length where the highest level of phosphorus provided greater root length. The greater number of nodules occurred in *Crotalaria spectabilis*. The highest levels of neutral detergent fiber in the leaf were observed for *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca* and feijão guandu. The lowest levels of neutral detergent fiber of the stem, acid detergent fiber of the leaf and the acid detergent fiber of the stem, 74.43; 31.94 and 64.35%, were observed in *Crotalaria spectabilis*, respectively. There was an increasing linear effect for crude protein contents of the leaf, only for *Crotalaria juncea* and feijão guandu. Therefore, phosphate fertilization achieved higher fertilization efficiency at the dose of 100 kg/ha. The addition of phosphorus promoted better results as a function of the four legumes studied.

Key word: Morphology, Crotalaria, Guandu feijão, Production.

1. INTRODUÇÃO

O fósforo é o nutriente mais mencionado como a principal causa da baixa produtividade das pastagens em solos ácidos de baixa fertilidade, sendo considerado o nutriente mais importante para a formação de pastagens em solos da região do Cerrado (Vilela et al., 2002).

Destaca-se que os solos do Cerrado possuem baixo nível de fertilidade (Uchôa et al., 2009), pois são solos que apresentam elevada acidez, alta saturação de alumínio e baixa saturação de bases. O fósforo, além de se encontrar em baixas concentrações nesses solos, a sua disponibilidade para as plantas depende das reações de adsorção pelos óxidos e de precipitação com ferro e alumínio (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Assim, o fósforo é o nutriente mais utilizado na adubação de culturas do Cerrado, pois se encontram em concentrações baixas e indisponíveis para absorção pelas plantas (GOEDERT, 1987). Conhecer o nível da adubação fosfatada no solo auxilia no manejo deste nutriente, pois o fósforo tem grande importância para o enraizamento e perfilhamento das forrageiras e ainda participa da formação do trifosfato de adenosina (ATP), responsável pelas reações de transferência de energia na planta (Silva et al., 2003).

O uso de técnicas que promova aumentos significativos na produtividade é fundamental para a sustentabilidade da produção, induzindo assim a maiores retornos econômicos. Uma alternativa para aumentar a oferta e qualidade de forragem é o uso de leguminosas como fonte alternativa de alimentação de ruminantes em consórcio com gramíneas ou como banco de proteína, além de possibilitar o melhoramento do sistema forrageiro (Skonieski et al., 2011).

As leguminosas contribuem para redução dos impactos ambientais, além de diminuir o uso de fertilizantes nitrogenados, pois tem grande potencial de fixação de nitrogênio podendo auxiliar no aporte para as gramíneas (Assmann et al., 2004). No entanto, a falta de uma

adubação correta pode limitar o desenvolvimento das leguminosas diminuindo a composição nutricional da mesma. Pois a ausência de adubação e manutenção de áreas de plantio pode limitar o desenvolvimento dessa planta (MACEDO, 2005).

Nesse cenário, as crotalárias vêm destacando-se nos sistemas de cultivo, sendo uma leguminosa muito usada em rotação com diversas culturas e no enriquecimento do solo, por apresentar grande potencial de fixação biológica de nitrogênio (LOVERA, 2003). Essa leguminosa pode ser ainda empregada como forragem na alimentação de ruminantes (CALEGARI, 1995). O feijão-guandu (*Cajanus cajan*) também vem destacando-se como forrageira com potencial para suprir os espaços deixados pelas gramíneas nos períodos críticos de produtividade.

Oliveira et al. (2001) descreve que o fósforo é considerado um dos nutrientes mais importantes no desenvolvimento de leguminosas, sendo essencial o incremento de níveis de adubação fosfatada ideal para seu cultivo. Nesse contexto, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito do fósforo nas leguminosas, crotalárias e feijão-guandu em suas características produtivas e nutricionais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância das leguminosas forrageiras no sistema de produção

O melhoramento dos sistemas de produção a pasto requer técnicas estratégicas e introdutórias nas pastagens, como o uso de adubações e leguminosas que viabilizam o aumento e melhoria das pastagens, que possuam respostas morfogênicas, composições nutricionais e produtivas ideais para atingir o ápice de produção por área. A caracterização dessas variáveis relacionadas ao crescimento é fundamental para o entendimento do desenvolvimento de uma

planta e sua produção, em determinadas circunstâncias, pois, são altamente influenciadas por variáveis ambientais (FISCHER ; SILVA, 2001).

As leguminosas forrageiras, diante da habilidade de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico e a sua contribuição para a produção animal, são essenciais para incrementar a produtividade e constituírem um caminho na direção da sustentabilidade de sistemas agrícolas e pecuários (Barcellos et al., 2008). Com o crescimento das áreas de pastejo e o surgimento de outras áreas para suprir o aumento da produção pecuária, vem surgindo, no decorrer dos tempos, um processo de desequilíbrio ecológico e desvantajoso no ecossistema, como desmatamento, degradação do solo, extinção de animais como répteis, aves, anfíbios entre outros e de cultivares nativos (Carvalho et al., 2010).

O pecuarista no sistema de produção à pasto é pontualmente dependente de forragem em quantidades satisfatórias para atender a demanda de sua produção. A intensificação dos sistemas de produção pastoris é apontada como uma das alternativas de exploração sustentável, minimizando a pressão sobre a abertura de novas áreas para produção agropecuária (Barcellos, et al.2008). O uso de leguminosas associadas às áreas pastoris é notado como uma das alternativas de exploração sustentável, minimizando a abertura de novas áreas para produção agropecuária e diminuindo o custo financeiro de preparação de solo e insumos para produção em pasto, favorecendo o potencial do uso da mesma (ANDRADE; KARIA, 2000).

A utilização de técnicas que proporcione melhoria na eficiência do pastejo se insere perfeitamente no conceito de intensificação do sistema de produção e ao mesmo tempo não acarreta desperdício de insumos agrícolas, mas apresentam reflexos positivos na produtividade e na lucratividade da propriedade rural (ZANINE, 2011).

O grande número de espécies de leguminosas é bastante significativo podendo ser uma alternativa para intensificar a produção. Segundo Carvalho e Pires (2008), os principais

benefícios da utilização de leguminosas são o aumento no aporte de N para o ecossistema de pastagem, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos, disponibilizando a oferta de forragem em épocas secas do ano, melhorando assim, o valor nutritivo da forragem disponível para o animal que está em pastejo, favorecendo incrementos em produtividade animal contribuindo para a sustentabilidade do ecossistema.

No Brasil, a pecuária é uma atividade pioneira no mercado econômico e produtivo sendo uma base financeira nacional na economia. A ampliação da pecuária em áreas de vegetação nativa de regiões de fronteira continua sendo a estratégia preconizada para aumentar a produção pecuarista brasileira. Tal conjuntura demanda aumento da eficiência técnico-econômica da propriedade para assegurar a competitividade e a lucratividade do empreendimento frente às alternativas de uso do solo, de modo sustentável, sem impactar negativamente o ambiente (Martha Jr. et al., 2006).

As pastagens para suportarem todo o sistema produtivo pecuário devem ser bem manejadas e planejadas desde a preparação do solo inicial e durante todo o sistema de ciclo produtivo no pasto, um grande ponto positivo no uso alternativo em associação gramíneas e leguminosas é a utilização do nitrogênio suprido pela leguminosa que dá suporte à produtividade de forragem e amplia a vida útil da pastagem. Leguminosas bem adaptadas, tardias e resistentes à seca poderão ainda diminuir a estacionalidade da produção de forragem verificada em pastos exclusivos de gramíneas. (Barcellos et al., 2008).

A consorciação favorece o aumento do ganho em peso do animal ou manutenção do peso durante o período em que a gramínea se torna menos disponível. No entanto, o estabelecimento e manutenção do consórcio apresentam algumas limitações que são contornadas com um manejo adequado (ANDRADE; KARIA, 2000).

As leguminosas são forrageiras importantes para a produção animal, tendo em vista todos os seus benefícios solo-planta-animal com altas habilidades, desde fixação biológica do nitrogênio (FBN) é a principal via de inclusão do N atmosférico no sistema solo-planta (PEOPLES; CRASWELL, 1992). Como o nitrogênio é um dos principais insumos para a adubação, o produtor é beneficiado porque passa a gastar menos com produtos químicos, uma vez que as leguminosas conseguem fixar o nitrogênio da atmosfera via FBN. Diminuído assim, os custos financeiros do produtor para aplicação de adubação, favorecendo alta qualidade de produção, influenciando todo o sistema agrário, até mesmo no controle de pragas e mantendo a fertilidade do solo. Podendo também ser uma ótima alternativa para complementação na alimentação de ruminantes.

O processo de produção da pecuária brasileira tem por base o uso do pasto como principal fonte de alimento, então enriquecer essa pastagem é um grande passo de melhoramento do mesmo, através de leguminosas alternativas e ricas nutricionalmente para suprir a necessidade do animal.

2.2 *Crotalaria juncea*

A adoção de leguminosas na formação de pastagens, em consórcio ou exclusivas, é orientada pela escolha do cultivar mais adequado às condições ambientais, à natureza da exploração, à capacidade de intervenção e à disponibilidade de recursos, dentre outros fatores dentro do sistema de produção (Barcellos, et al.2008).

Dentre esses cultivares de leguminosas destaca-se a *Crotalaria juncea* uma espécie anual de verão, de crescimento muito rápido e vigoroso de porte alto. É a espécie que produz a maior quantidade de biomassa no menor tempo e, conseqüentemente, fornece nitrogênio em

maior quantidade, protege o solo contra os efeitos da erosão, tem um bom controle de ervas daninhas e é má hospedeira de nematoides do gênero *Meloidogyne* (Calegari et al., 1993).

A crotalária vem recendo grande destaque no final, quando passou a ser utilizada na rotação de cultura e como adubo verde pelos produtores agrícolas (CALEGARI, 1995). E nos últimos anos estuda-se o potencial no combate à dengue, pois a mesma promove a atração das libélulas que são predadora do *Aedes aegypti* (DENÓFRIO, 2011).

A crotalária é uma leguminosa, com muitas características importantes, dentre elas a rápida germinação, crescimento e desenvolvimento e sua alta tolerância à escassez de água. A adubação verde é um processo no qual são utilizadas certas culturas vegetais para proporcionar melhorias químicas, físicas e biológicas no solo (DIAS, 2005).

Dentre as diversas leguminosas usadas como adubo verde, a Crotalária é muito eficiente como produtora de massa vegetal e como fixadora de nitrogênio, (SALGADO, 1982). Foi introduzida inicialmente para a produção de fibras, mas se difundiu como planta condicionadora do solo. É utilizada como planta para cobertura do solo e adubo verde, contribuindo para o incremento da fertilidade e redução da erosão do solo (Lewis et al, 2005).

Segundo Wutke (1993) a *Crotalaria juncea* pode fixar 150 a 165 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio no solo, podendo chegar a 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹ em certas ocasiões, produzindo 10 a 15 toneladas de matéria seca correspondendo a 41 e 217 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O respectivamente. Aos 130 dias de idade pode apresentar raízes na profundidade de até 4,5m, sendo que 79% de seu peso se encontram nos primeiros 30 cm (DOURADO, 2001).

Silva et al. (2002), observaram que a *C. juncea* foi a espécie que mais destacou-se como produtora de biomassa e incorporadora de nutrientes no solo, associando-se ainda a adubação fosfatada e a prática de podas, aumentando assim sua produção (LAMÔNICA, 2008). Podendo assim, ser uma alternativa alimentar como banco de proteína que são áreas separadas da

pastagem principal, geralmente formadas por leguminosas em monocultivo, que contribuem na correção da deficiência de proteína e fornecem forragem de melhor qualidade aos animais. É estratégia oportuna para propriedades que não disponibilizam de grandes áreas de pastagem, melhorando o ganho de peso dos animais (Costa et al., 2008).

O uso de crotalárias em cobertura, têm sido adotado por parte dos produtores rurais do Cerrado, nos últimos anos (Amabile et al., 2000). As crotalárias apresentam elevada tolerância ao estresse hídrico, quando semeadas na época da safrinha (fevereiro a abril), reduzem a multiplicação de fitonematoides no solo e proporcionam significativo acúmulo de fitomassa e nutrientes na parte aérea (Pacheco et al., 2015). Sendo, viável o seu uso na época seca do ano como fonte alimentar para ruminantes, tem grande capacidade de incorporar nitrogênio ao sistema agrícola, por meio da fixação biológica. Resultados preliminares também têm demonstrado alto potencial da espécie *C. juncea* em promover a descompactação do solo (Foloni et al., 2006).

2.3 *Crotalaria spectabilis*

A *Crotalaria spectabilis* pertence à família Fabaceae e juntamente com as demais espécies do gênero *Crotalaria* são popularmente conhecidas como crotalária, guizo ou chocalho de cascavel, sendo utilizadas como cultura de cobertura ou de adubação verde (Leal et al., 2012). É uma leguminosa anual de verão, e considerada a mais eficiente na redução da população da maior parte dos nematoides, com destaque para galhas, cisto e lesões radiculares.

Destaca-se também pela capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico e produção de massa verde. Devido ao seu porte médio, pode ser utilizada nas entrelinhas de culturas perenes sem prejudicar o trânsito de máquinas ou pessoas. A sua utilização está focada

no controle de nematóides fitoparasitos em áreas de culturas anuais ou perenes. Ainda, de acordo com Araújo et al. (2015), a cobertura morta com resíduos culturais de *C. spectabilis* apresenta interferência na dinâmica populacional da tiririca (*Cyperus rotundus*), com redução do número e da fitomassa seca dessa planta daninha. Contudo, atualmente, existem poucas informações na literatura sobre a importância da *C. spectabilis*, o que intensifica a necessidade de pesquisas sobre a cultura. (TOEBE,2017).

Espécie de ampla adaptação ecológica, recomendada para adubação verde. Sugere-se seu emprego como planta-armadilha em solos infestados por nematóides formadores de galhas. Suas plantas são arbustivas, de crescimento ereto e determinado, relativamente precoces e desenvolvimento inicial lento (Silva et., al. 2009)

2.4 *Crotalaria ochroleuca*

A *Crotalaria ochroleuca* é uma leguminosa anual de crescimento determinado, arbustiva e com hábito ereto. Tem apresentado boa adaptação às condições de solo e clima dos tabuleiros e à semelhança da *C. juncea*, tem o caule ereto semi-lenhoso. Apresenta expressiva proporção de caule na composição da biomassa da parte aérea e as folhas são estreitas (BARRETO; FERNANDES, 2001). Uma planta arbustiva com grandes potenciais de desenvolvimento e com produção de grande quantidade de biomassa suas folhas são numerosas e os seus caules possuem muitas ramificações. Apesar do grande potencial que esse gênero de leguminosas apresenta, o estudo desse cultivar ainda é escasso, justificando esse estudo.

Segundo Pereira (2006), a crotalaria de forma geral, mesmo de variedades diferentes fornece proteção rápida ao solo descoberto e grande produção de biomassa em um curto período

de tempo. É uma cultura muito utilizada como adubo verde, sendo cultivada em várias regiões do mundo devido ao seu elevado potencial de fixação de nitrogênio atmosférico.

Possui características desejáveis de produção, para uma colheita significativa podendo ter diversidade de utilização no sistema pastoril (Whotman et al., 1994). Seu hábito de crescimento ereto possibilita o consórcio eficiente com culturas alimentícias, permitindo que os produtores possam ser beneficiados com o aumento de suas produtividades seja para agricultura ou pecuária. Segundo Leandro e Asmus (2014) a rotação de culturas com *Crotalaria ochroleuca* no verão propicia redução da densidade populacional do nematoide, podendo assim ser uma grande alternativa de controle biológico dessa infestação.

2.5 Feijão Guandu (*Cajanus cajan*)

O guandu (*Cajanus cajan*) é cultivado em aproximadamente 50 países da Ásia, África e Américas, principalmente em consórcio com cereais. Classifica-se em sexto lugar em área e produção em comparação com outras leguminosas com feijão e ervilha, porém tem mais utilização que aqueles (GODOY; SANTOS, 2011). O guandu é, sobretudo consumido, por humanos, como grãos secos, sendo também usado como legume verde em muitos países.

As folhas do guandu têm três folíolos inteiros, com pequenas manchas resinosas na parte de baixo (dorsal). Possui crescimento ereto, com altura variando de 1,2 a 3 m de altura, com caule lenhoso e forte contendo amido na fase vegetativa, que desaparece na fase reprodutiva, quando as reservas são mobilizadas para o preenchimento das vagens (GODOY; SANTOS, 2011).

O sistema radicular é do tipo pivotante, cuja raiz principal, nas plantas mais velhas, se torna mais grossa e lenhosa. O guandu não tem grandes exigências climáticas e de solos,

desenvolvendo-se satisfatoriamente em regiões de climas tropical, subtropical e semiárido (SINGH; OSWALT, 1992).

Mundialmente, seu uso na alimentação animal tem aumentado, possui elevada adaptabilidade ao ambiente tropical, boa capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, podendo ser utilizado como cultura forrageira (Silveira et al., 2005). Essa leguminosa segundo Paludo et al. (2012) mostra-se como uma excelente fonte de nutrientes, desde que seja manejado corretamente quanto à altura de corte, pode ser fornecido de várias maneiras, de acordo com a necessidade que melhor se adegue a realidade da produção animal.

A altura de corte recomendada por Paludo et al. (2012) para o feijão guandu, para ser utilizado na forma de feno, otimizando a fração potencialmente degradada, bem como a sua degradabilidade efetiva e potencial, é de 1,0 m, devido à grande porcentagem de folhas e baixa espessura de caule. O fornecimento de feno de guandu associado a palma forrageira apresentam-se como uma boa alternativa alimentar para ovinos na região semiárida, contribuindo no aumento da produtividade desses animais, pois essa associação não altera o consumo de matéria seca e energia, o pH e amônia ruminais (Wanderley et al., 2012).

O feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) também vem destacando-se como forrageira com potencial para suprir os espaços deixados pelas gramíneas tropicais e temperadas nos períodos críticos de produtividade do ano. O guandu se destaca pelas suas características morfológicas, fisiológicas, potencial produtivo e potencial nutricional, fornecendo forragem de qualidade mesmo nos períodos de pouca chuva e seca. No período seco, apresenta-se verde aumentando a aceitação pelos animais (Rodrigues et al., 2004).

A introdução de leguminosas na pastagem promove incrementos na produção animal, pelas características qualitativas e quantidade da forragem em oferta, pela participação na dieta

animal e pelos efeitos indiretos relacionados com a fixação biológica de nitrogênio e seu repasse ao ecossistema da pastagem.

No Nordeste brasileiro, o guandu é utilizado, sobretudo na alimentação humana, embora o seu uso na alimentação animal esteja crescendo. Na Região Sudeste e em menor extensão na Região Sul, é crescente seu uso para recuperação de áreas degradadas. No Centro-oeste e Sudeste também, o guandu é principalmente usado na alimentação animal, embora seu uso na alimentação humana esteja crescendo. Na alimentação animal, o guandu é oferecido como feno picado, como banco de proteína, seco moído sob a forma de farelo, sob pastejo, verde picado ou em consorciação com gramíneas (RAMOS, 2004).

2.6 Adubação fosfatada e o sistema de produção

As pastagens constituem a principal fonte de alimento para os bovinos, caprinos e ovinos sendo a forma mais prática e menor custo para o sistema de produção. Dentre os fatores inerentes ao estabelecimento de uma pastagem, a adubação fosfatada favorece o pleno desenvolvimento das forrageiras. A adubação é indispensável para aumentar o fornecimento de nutrientes e promover o estabelecimento ou manutenção das espécies introduzidas, já que a fertilidade natural dos solos é baixa (Gatiboni et al., 2000).

A eficiência de uso de fósforo em sistemas de preparo do solo tem significativa importância para a sustentabilidade do sistema produtivo e está diretamente relacionada à presença do nutriente na solução do solo. As raízes das plantas vão absorvê-lo, translocá-lo e utilizá-lo para a produção de biomassa vegetal. Essa eficiência depende de vários fatores, de natureza química, física e biológica, que podem estar relacionados ao fertilizante, manejo do solo, cultura e ambiente (Anghinoni et al., 2004).

O fósforo adicionado ao solo através dos adubos fosfatados provoca reações que tendem ao equilíbrio entre as fases sólida e líquida do solo. As plantas absorvem fósforo da solução do solo e a fase sólida passa a ser a fonte potencial de fósforo. O fluxo de fósforo inicia na fase sólida, com sua liberação para a solução do solo, sendo suprido até a superfície das raízes e, uma vez absorvido, acaba no interior da planta, onde será redistribuído entre seus órgãos, determinando o desenvolvimento e o rendimento da parte vegetal. (MARCOLAN, 2006).

Segundo Sengik (2003), o fósforo sendo um nutriente de baixa mobilidade no solo, devendo ser aplicado incorporado ao solo e o mais próximo das raízes. Os teores de fósforo, no solo, disponíveis são relativamente baixos, sua fixação na maioria dos solos é bastante elevada sobretudo em solos ricos em sesquióxidos de ferro e ou de alumínio e ácidos. Para elevar os níveis de fósforo no solo, a correção com a adubação fosfatada se torna uma prática adotada constantemente (Minhoni et al., 1991).

Para Malavolta (1989), as plantas não conseguem aproveitar mais que 10% do fósforo total aplicado, pois nos solos tropicais ácidos, ricos em ferro e alumínio, ocorre a absorção deste elemento. Pois para as plantas absorverem o P, um dos principais pontos importantes é o pH do solo. Sendo necessário a realização de calagem, para a neutralização parcial do alumínio trocável.

Um bom manejo na produção das leguminosas como a adição de adubações fosfatadas visando melhorar o aproveitamento do potencial dessas espécies vegetais, pode promover um maior desenvolvimento das mesmas. Pois o fósforo (P) é decisivo no metabolismo das plantas, pois desempenha papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, sendo também componente estrutural dos ácidos nucléicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos (SILVA; FRANÇA, 2010).

Uma vez que ocorre limitação com relação a disponibilidade desse nutriente, o nível de fertilidade no solo torna-se um dos fatores que determinam a produção de forragem. Oliveira et al. (2001) relataram que o P é considerado um dos nutrientes mais importantes no desenvolvimento das plantas, melhorando a produção de massa seca e, conseqüentemente, a qualidade da forragem. As baixas disponibilidades de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo com a elevação do suprimento de fósforo a níveis adequados. A deficiência de fósforo provoca coloração nas folhas que varia de verde-escura a púrpura, diminuição na altura da planta, atraso na emergência das folhas, redução na brotação e desenvolvimento de raízes secundárias, na produção de massa seca e de sementes (Grant et al., 2001).

Para Salgado et al. (1982) que estudaram o efeito da adubação (NPK) na cultura da crotalária e concluíram que, para o aumento da produção de sementes e massa verde é essencialmente necessária a adubação fosfatada, na maioria dos solos do Estado de São Paulo, bem como, uma adubação completa (NPK) em solos pouco férteis. Enfatizaram também a necessidade de desenvolver novos experimentos para esclarecimento dos efeitos da adubação fosfatada associada à técnica de manejo de produção para melhorar o sistema produtivo.

A importância do fósforo no sistema produtivo é indispensável, pois depois da água e do nitrogênio, o P é o nutriente mais limitante à produção das plantas forrageiras, com destaque principalmente na fase de estabelecimento, quando age na formação e crescimento das raízes e no perfilhamento (WERNER, 1986). Segundo Sanchez (2007), a ausência de fósforo resulta em plantas menos desenvolvidas prejudicando todo o ciclo produtivo promovendo assim a redução da produtividade. Mesmo sendo, um dos nutrientes que proporciona maior desempenho

nas culturas, na literatura, são poucos os trabalhos que enfatizam a importância do fósforo na qualidade e produção de algumas culturas como em leguminosas.

CAPITULO I - CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E VALOR NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE LEGUMINOSAS ADUBADAS COM NÍVEIS DE FÓSFORO

1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre leguminosas forrageiras e suas características produtivas, morfológicas e nutricionais são de grande importância, pois tornam possível avaliar o potencial de cada espécie em ambientes específicos, e com base nisso traçar estratégias de manejo adequado.

O uso de cultivares como *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca* e o feijão (*Cajanus cajan*) associada a adubação fosfatada, podem promover maiores produções vegetais e maiores ganhos na produção animal, podendo ser uma alternativa alimentar nos períodos secos do ano, proporcionando qualidade e quantidade de forragem em oferta. Gera ainda, grandes benefícios ao sistema de produção, por participar da dieta animal e também proporcionando efeitos indiretos relacionados a fixação biológica de nitrogênio e ciclagem de nutrientes com seu repasse ao ecossistema de pastagem (PEREIRA, 2016).

A baixa disponibilidade de nutrientes tem sido um dos principais fatores a limitar o crescimento das plantas nas regiões tropicais. Entre os nutrientes, o fósforo (P) é um dos que tem merecido maior preocupação, em razão da sua baixa disponibilidade natural na grande maioria dos solos brasileiros (MENDES, 2012). Por isso, a importância de se desenvolver estudos visando estabelecer o efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento das plantas.

Um ponto a se destacar, para a implantação e manutenção das leguminosas é a importância do manejo técnico no cultivo da mesma e a verificação da disponibilidade do

fósforo, uma vez que ocorrendo limitação desse nutriente, o nível de fertilidade no solo torna-se um dos fatores que determinam a redução da produção e desenvolvimento dessas espécies.

Segundo Oliveira et al., (2001), o fósforo é considerado um dos nutrientes mais importantes no desenvolvimento vegetal das leguminosas, melhorando a produção de biomassa aérea, crescimento radicular e favorecendo o aumento da produção de nódulos radiculares.

Cultivares como *Crotalárias juncea*, *spectabilis* e *ochroleuca* podem ser variedades com características agronômicas desejáveis, por adapta-se a áreas de cerrado (CARVALHO; AMABILE, 2006), podem promover fatores de melhoria do solo como descompactação do mesmo (Foloni et al. 2006). As crotalárias são muito eficientes como produtora de massa vegetal, podendo ser ofertada como banco de proteína e sendo uma excelente fixadora de nitrogênio no pasto (Dourado et al., 2001), constituindo-se excelente estratégia de incremento de N ao solo.

O feijão-guandu (*Cajanus cajan*) é uma das opções para melhorar a oferta de alimento nas pastagens (Oliveira et al., 2017). A adoção dessas leguminosas na formação de pastagem pode melhorar a qualidade do pasto, pode oferecer a formação de bancos de proteína e conseqüentemente incremento na produção animal.

Assim, tendo em vista a importância das leguminosas no sistema de produção animal, o presente estudo tem por objetivo avaliar o potencial de quatro cultivares, *Crotalária juncea*, *Crotalária spectabilis* e *Crotalária ochroleuca* e o feijão guandu (*Cajanus cajan*) em suas características produtivas, morfológicas e bromatológicas submetidas à quatro doses de adubação fosfatada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em uma área experimental da Universidade Federal do Maranhão, Campus Chapadinha - UFMA/CCAA, situado na latitude 03° 44' 27" Sul e longitude 43° 18' 44" Oeste, com altitude de 110 m. Para tanto, instalou-se um experimento em vasos com 6 dm³ de solo, realizado sob cultivo protegido em casa de vegetação com irrigação controlada, no período de dezembro de 2017 a fevereiro de 2018, com a duração de 70 dias de período experimental.

O solo utilizado no experimento foi o Latossolo Amarelo Distrófico (SIBCS, 2006), coletado no próprio *campus* da universidade, na camada de 0-20 cm. Para análise do solo, foram retiradas amostras ao acaso, na profundidade de 0-20 cm, coletado em uma área da UFMA/CCAA formando uma amostra composta. As análises químicas do solo foram realizadas pelo laboratório da Universidade Federal do Piauí-UFPI.

O parâmetro interpretativo segundo a análise do solo apresentou uma quantidade de P baixíssima com P= (Mehlich-I) 0,08 mg/dm³ incrementando assim o estudo para realização do mesmo. Na Tabela 1, são apresentados os dados referentes à análise química do solo utilizado no experimento, nas profundidades de 0-20 cm, com o pH do solo 5,0 apresentando assim um solo ácido para o cultivo das leguminosas.

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do solo utilizado no ensaio.

Profundidade	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ²⁺	SB	CTC(t)	CTC(T)	V
cm	H ₂ O	mg/dm ³					cmolc/dm ³				%
0 -20	5,0	0,08	4,6	1,1	0,89	0,3	0,3	1,2	1,5	5,23	22,94

SB- soma de bases; CTC- capacidade de troca de cátions efetiva (t) e total (T); V- Saturação de base.

O clima predominante na região, segundo a classificação de Koppen é do tipo tropical quente e úmido (Aw), possuindo temperaturas média e máxima, de 29 e 37 °C, respectivamente, com precipitação pluvial média de 1670 mm. A estação chuvosa é diversificada e podem ocorrer entre os meses de novembro a maio.

Observa-se na Figura 1, segundo os dados previstos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período experimental temperaturas, máxima de 35°C e mínima 23°C.

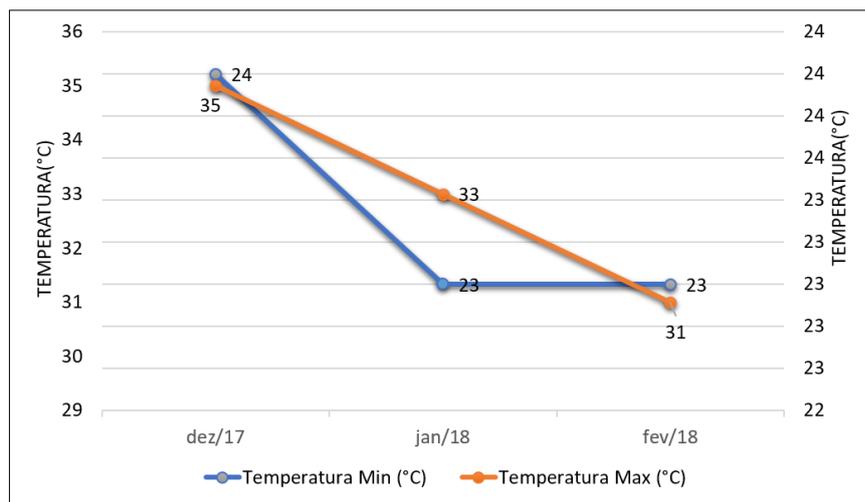


Figura 1. Dados de temperatura no período do experimento-(INMET).

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4, com quatro tratamentos sendo (0, 100, 200, 300 kg/ha de P₂O₅) e quatro cultivares de leguminosas *Crotalaria juncea* (Figura 2), *Crotalaria spectabilis* (Figura 3), *Crotalaria ochroleuca* (Figura 4) e a feijão guandu (*Cajanus cajan*) (Figura 5), em quatro repetições, totalizando assim 64 vasos para a realização do experimento onde em cada vaso foram plantadas quatro plântulas de cada cultivar.



Figura 2. *Crotalárias juncea*



Figura 3. *Crotalaria spectabilis*



Figura 4. *Crotalaria ochroleuca*



Figura 5. *Cajanus cajan*.

Os vasos com uma capacidade de 6 dm³ de solo, foram preenchidos com solos de camada de 0 - 20 cm de profundidade retirados de uma área do campus CCAA/UFMA com 6 dm³ de solo (Figura 6) que em seguida foram secos à sombra e peneirado.

Esse solo foi calcariado noventa dias antes do experimento (Figura 6), com o objetivo de elevar os teores de cálcio e magnésio, neutralizando o alumínio tóxico e o ferro, corrigindo o pH do solo e elevando a saturação de bases (V%) para 50% para um desenvolvimento satisfatório das culturas, pois a maioria das culturas apresentam boa produtividade quando no solo é obtido no valor V% entre 50 e 80% e valor de pH entre 6,0 e 6,5 (EMBRAPA, 2010). Sendo aplicado 8,0g de calcário por vaso incorporado ao solo para a correção da acidez melhorando a fertilidade do solo e absorção dos nutrientes pelas plantas pois em solos ácidos, o P é facilmente fixado devido à acidez ficando indisponível para as plantas.



Figura 6. Vasos preenchidos e adubados

O plantio, primeiramente foi executado em bandejas de 8x16 células semeando duas sementes por células (Figura 7), totalizando 128 plântulas por bandejas, para cada espécie foram utilizadas duas bandejas, proporcionando 256 plântulas (Figura 8), obtendo sobras para selecionar 64 plântulas de cada variedade, proporcionando 4 mudas de leguminosas para cada

vaso (Figura 9). Logo após, as plântulas, previamente germinadas em sementeira, foram transplantadas para os vasos (Figura 10), após a emissão de 4ª a 6ª folha definitiva.

Com base na análise química do solo foi realizada adubação fosfatada com as seguintes quantidades de nutrientes por unidade experimental: aplicou-se as dosagens de P_2O_5 a serem testadas (0; 100; 200 e 300 kg/ha) na forma de superfosfato simples (SFS), com 18% de P_2O_5 . Estima-se que cada 10 kg de P_2O_5 é capaz de elevar 1 mg/dm³ de P no solo (Pereira et al., 2018) elevando assim o teor de P até 30 mg/dm³.

A aplicação foi realizada em gramas sendo 1,7 g SFS/vaso (100%); 3,4g SFS/vaso (200%); 5,1g SFS/vaso (300%) na superfície de cada vaso próximo as raízes das plântulas que foram transplantadas, juntamente com a aplicação do SFS, sendo selecionada quatro mudas das espécies de leguminosas para cada vaso mantendo as quatro e separando duas para as demais avaliações.



Figura 7. Sementes das leguminosas



Figura 8. Semeadura nas bandejas



Figura 9. Plantio em sementeiras e transplântio para vasos



Figura 10. Vasos na área experimental e plântulas

Em seguida, foram realizadas as adubações de cobertura, tendo como fonte deste nutriente o cloreto de potássio (KCL), em níveis recomendados para a cultura 60 kg/ha, de acordo com a EMBRAPA (2007). Sendo assim, foi aplicado 250 mg KCL/vaso para suprir a necessidade da cultura (Figura 11).



Figura 11. Adubação e transplântio nos vasos

A irrigação nos vasos foi feita com base na capacidade de campo (CC), sendo feita manualmente nas quantidades definida pela retenção da água no solo (SOUZA, 1999). O índice CC foi adotado como o conteúdo de água retida pelo solo após a sua saturação, consequente o cessamento pela ação da gravidade (SOUZA et al., 2000).

Portanto, para mensurar a capacidade máxima de retenção de água do solo ou capacidade de campo, foi realizado em laboratório com vasos do mesmo volume utilizado no experimento, uma amostragem ou ensaio de teste para avaliar a quantidade de água que o solo retém, sendo utilizados quatro vasos com o mesmo solo utilizado no experimento. Adicionou-se água até dois terços da altura dos vasos, para que a mesma saturasse o solo por capilaridade, de modo a retirar todo oxigênio contido em seus poros.

Após a saturação do solo os vasos foram retirados da bandeja e colocados sobre um suporte para se observar a drenagem da água não retida, sendo vedados por papel filme e realizando a pesagem diária, três vezes ao dia até a verificação do peso final, no qual não teve mais alterações. E por diferença obteve-se a capacidade de campo no cessamento com uma retenção de 1,3 litros de água em cada vaso.

As irrigações nos vasos eram feitas manualmente adicionando 1,3 litros de água em cada vaso nos períodos de estiagem. As pesagens eram diárias e nos períodos chuvosos após o cessamento das mesmas (Alves et. al., 2010). Os vasos foram irrigados periodicamente, de forma a manter o nível de água sempre próximo à capacidade de campo em casa de vegetação, o ideal para leguminosas seria a CC de 80% (PRIMAVESI, 2002).



Figura 12. Avaliações morfológicas

Durante o período experimental foram realizadas avaliações semanalmente das características morfológicas das leguminosas. Sendo avaliadas no primeiro dia do transplante, as plantas primeiramente foram separadas e identificadas com uma fita colorida, duas plantas por vasos para o acompanhamento das análises morfológicas, mantendo as quatro plantas de cada espécie de leguminosas em cada vaso (Figura 12). O controle de plantas daninhas foi feito manualmente com a retirada das mesmas quando necessário, a fim de minimizar a competição por água, nutrientes e luz.

Distinguindo as estruturas morfogênicas das leguminosas, avaliou-se mensurar as variáveis quantitativas como comprimento da planta (AP) da base do caule até o ápice da planta, utilizando uma régua graduada em centímetros, diâmetro do caule (DC) mensurado com a utilização de um paquímetro (mm), número de folhas (NF) o número de folhas vivas/planta foi obtido a partir da quantificação de folhas com coloração verde em mais de 50% de sua área foliar (Figura 13) (Silva et al.,2010). As coletas de dados eram realizadas no intervalo de 7 dias

e no final do experimento quando completou 70 dias, foi realizada a última avaliação da parte aérea da planta, comprimento da raiz e quantidade de nódulos. No último dia do experimento as leguminosas foram cortadas próximo ao solo, separadas por parte (folhas, caule, raízes e nódulos) identificadas por tratamentos para as demais avaliações químicas.



Figura 13. Coleta de dados durante o período experimental

Após a retirada das plantas dos vasos, foram mensurados o comprimento da raiz principal (CR) (Figura 14). A coleta das raízes foi feita através de cortes separando a parte aérea da planta. As raízes foram lavadas em água corrente até a remoção do solo com o uso de uma peneira, logo após separadas e organizadas verticalmente para coleta das medidas com o uso de uma régua graduada em centímetros, obtendo o tamanho da raiz desde a base inicial até o final da raiz principal, denominada axial ou pivotante, apresentam extraordinário desenvolvimento fácil de serem identificadas e diferenciadas das raízes adventícias no qual minuciosamente foram lavadas para posteriormente serem avaliadas.



Figura 14. Avaliação morfológica da raiz e retirada dos nódulos

Em seguida, as raízes foram colocadas ao ar livre para evaporação do excesso de água proveniente da lavagem sobre folhas de papel previamente identificadas. Após a retirada do excesso de água, as raízes foram colocadas em sacos de papel previamente pesados e identificados e levadas à estufa de circulação forçada a 55 °C, por um período de 72 horas, após secagem, as raízes foram pesadas.

Os números de nódulos (NN) foram separados das raízes manualmente lavando em água corrente com o uso de peneiras evitando perdas para a contagem minuciosa, a quantificação foi realizada por vaso (Figura 15).



Figura 15. Quantificação dos nódulos

O material coletado foi acondicionado em saco de papel, identificado, pesado e colocado em estufa de ventilação forçada de ar, com temperaturas de 58 a 65°C por 72 horas, para determinação da matéria seca parcial (SILVA & QUEIROZ, 2002).

As análises químicas bromatológicas foram realizadas no laboratório da Universidade Federal do Maranhão. Para a determinação da composição química, as amostras coletadas foram moídas em moinho Wiley com peneira de crivo de 1 mm para a realização das análises laboratoriais necessárias ao estudo (AOAC, 2012).

Estas amostras foram utilizadas para determinar as concentrações de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) segundo as metodologias adaptadas da AOAC (2012), utilizando-se as equações: $MS (\%) = (ASA \times ASE) / 100$ onde ASA (amostra seca ao ar) e ASE (amostra seca á estufa); $PB = N_{teor} \times 6,25$; matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) conforme (AOAC, 2005) a análise da FDN e FDA foi feita em

autoclave, adaptado de Detmann et al. (2012). Para as raízes foram quantificados os teores de matéria seca e de nitrogênio.

Para determinação dos valores das variáveis morfológicas relacionadas à parte aérea das plantas, foi realizada a média das duas plantas analisadas contidas no vaso, enquanto os valores relacionados ao sistema radicular e à nodulação correspondem a média da produção total das quatro plantas contidas nos vasos.

A eficiência de adubação fosfatada na produção foi calculada admitindo-se que a contribuição do P no solo foi uniforme nos tratamentos que receberam adubação fosfatada, subtraindo então, dos tratamentos que receberam adubação a produção da testemunha (0 de P). O resultado da subtração foi dividido pela quantidade de P aplicado. Sob o ponto de vista agrônomo, a eficiência é expressa pelo rendimento de biomassa produzido por unidade de nutriente aplicado ao solo (Anghinoni et al., 2004). Eficiência biológica foi calculada pela quantidade de produção de matéria seca produzida dividida pela quantidade de dias do ciclo produtivo, no caso 70 dias.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, usando-se o PROC GLM do Software SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC), verificando a normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias usando-se PROC UNIVARIATE. Quando o valor de F foi significativo ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo LSMEANS, usando o teste de Tukey, quando comparando as cultivares (leguminosas) e análise de regressão quando foram avaliados o efeito da adubação fosfatada nas cultivares de leguminosas, com nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção de Biomassa Aérea e Radicular

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) em função dos níveis de adubação fosfatada para a produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC) e para a produção de matéria seca total (PMST). Comportamento similar foi observado para as espécies de leguminosas, em que houve efeito ($P < 0,05$) para a PMSF, PMSC, produção de matéria seca de raiz (PMSR) e PMST. No entanto, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) da interação entre níveis de adubação fosfatada e as espécies de leguminosas (Tabela 2).

Tabela 2. Níveis de significância para produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e para a produção de matéria seca total (PMST) das leguminosas.

Fonte de variação	PMSF	PMSC	PMSR	PMST
Adubação	0,0012	0,0018	0,4965	0,005
Leguminosas	0,0047	<0,001	0,0214	0,0334
Adubação*Leguminosas	0,5855	0,2079	0,5076	0,3445

Houve efeito linear positivo ($P < 0,05$) para PMSF, PMSC, e PMST em função da adubação fosfatada (Tabela 3). O maior nível de adubação proporcionou produções de 4693,83; 5223,29 e 9917,12 Kg/ha para PMSF, PMSC e PMST, respectivamente. Sendo assim, cada 1 kg de P_2O_5 proporcionou aumento de 8,18 kg de matéria seca de folha para as leguminosas avaliadas, e um aumento de 8,48 kg de matéria seca do caule. Para a produtividade total de matéria seca obteve uma produção aproximadamente de 17 kg de MS para cada kg de adubação fosfatada. O fósforo é um elemento essencial ao crescimento e reprodução das plantas, as quais

não alcançam seu máximo potencial produtivo sem um adequado suprimento nutricional (MARSCHNER, 1995).

Esse efeito positivo da adubação fosfatada no estabelecimento de leguminosas forrageiras reflete em aumento da produção de massa seca, sendo importante principalmente em casos onde os teores de fósforo no solo são baixos, como ocorre nos solos de Cerrado (CANTARELLA et al., 2002), no qual propositalmente foi usado no experimento para obtermos resultados da influência do fósforo no desenvolvimento das leguminosas.

De forma geral, todos os resultados apresentados em relação à produção de matéria seca vêm concordando com a sugestão de que o efeito da adubação fosfatada aumenta e melhora o desenvolvimento das leguminosas sendo, realmente, influenciado pela adição de níveis de P_2O_5 . O suprimento da adubação fosfatada teve efeito significativo ($P < 0,05$) sobre a produção de matéria seca das quatro leguminosas em estudo proporcionando no nível de 300 kg/ha maiores resultados durante o período experimental.

Verificando assim, que o maior nível de adubação proporcionou um efeito de resposta superior de 2552,95; 2817,68; e 5370,62 kg/ha, ou seja, houve um aumento de 54% da produção de matéria seca da parte aérea no nível de adubação de 300 kg/ha de P_2O_5 comparada as doses testemunha no qual as leguminosas não receberam doses de P_2O_5 (Tabela 3). Esse nutriente desempenha papel principal nos períodos iniciais da vida das plantas, quando estas necessitam de elevada disponibilidade no solo, elevando seu desenvolvimento vegetal desde a raiz até a parte aérea da planta.

Corroborando com esses dados, em estudo com feijoeiro, Zucareli et al. (2012) observaram que o incremento das doses de fósforo aplicadas via solo favorece o aumento da massa seca total e o índice de área foliar, constatando que a eficiência de uso de fósforo aumenta

significativamente a massa seca da parte aérea com a implementação de níveis de adubação fosfatada no solo.

Tabela 3. Produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e produção de matéria seca total (PMST) em função das doses de P₂O₅ de leguminosas.

Produção (Kg/ha)	Doses P ₂ O ₅ (%)				EPM	Valor de P	
	0	100	200	300		L	Q
PMSF ¹	2140,88	3287,29	3809,69	4693,83	0,93	0,0001	0,7616
PMSC ²	2405,61	4741,40	4771,02	5223,29	1,35	0,0008	0,0823
PMSR	2440,14	3073,20	3034,99	3367,86	0,83	0,1620	0,0732
PMST ³	4546,50	7886,74	8580,72	9917,12	1,89	0,0001	0,2558

EPM- Erro Padrão da Média; L – Linear; Q- Quadrática; R²- Coeficiente de determinação.

$${}^1\hat{Y} = 2255,738 + 8,181X \quad r^2 = 0,9807$$

$${}^2\hat{Y} = 3012,938 + 8,482X \quad r^2 = 0,7407$$

$${}^3\hat{Y} = 5211,893 + 16,805X \quad r^2 = 0,9014$$

As mesmas obtiveram uma eficiência biológica de produção diária confirmando os resultados lineares para PMSF 30,58; 46,96; 54,42; 67,05 kg/ha/dia. Para a variável de PMSC 34,36; 67,73 ;68,15; 74,61 respectivamente. Para a PMST 64,95; 112,66; 122,58; 141,67 kg/ha/dia e como os resultados obtidos obtiveram efeito linear a eficiência biológica teve maiores respostas na dose de 300 kg/ha de P aplicado.

Levando em consideração a produção de raízes, o maior nível de fósforo promoveu aumento próximo a 1 tonelada/ha de matéria seca em relação as leguminosas não adubadas. Essa resposta tem efeito positivo na maior absorção de água e minerais pela planta, provocando aumento da produtividade vegetal.

O fósforo desempenha um papel importante na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia e, conseqüentemente, atua na divisão e crescimento celular, entre outros processos de desenvolvimento vegetal, (Hawkesford et al., 2012) favorecendo o crescimento das raízes.

De uma maneira geral o fósforo atua desde o início do crescimento das plantas, estimulando o desenvolvimento das raízes, a formação das estruturas reprodutivas, a boa formação das leguminosas e sementes, bem como a produção (Sharma et al., 2013).

Além disso, melhora a aeração do solo e reduz o estresse no período de seca devido ao aumento da superfície radicular. Segundo Fernandes e Souza (2006), este aumento radicular ocorre porque, após a absorção, o íon fosfato é deslocado por via simplástica e, sob deficiência, a demanda metabólica ao longo desta via retira o P da rota de deslocamento e o incorpora ao metabolismo das células da raiz, resultando em crescimento proporcionalmente maior das raízes em comparação com a parte aérea (SCHONINGER,2013), potencializando a nodulação.

Deve-se notar que o P é essencial para o desenvolvimento adequado dos nódulos e para a fixação de nitrogênio, principalmente em sua formação, resultando em um maior número de nódulos (KARIKARI; ARKORFUL;2015).

De acordo com Marschner (2002), o crescimento do sistema radicular é afetado pela deficiência de P, pois tem uma função importante na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão de células, crescimento de célula e vários outros processos nas plantas.

Toda essa resposta positiva da adubação fosfatada na produção da biomassa aérea ou radicular pode ser explicada, pelo fato do fósforo ser um elemento essencial no metabolismo das plantas, por atuar nas funções vitais básicas, envolvido em inúmeras atividades biológicas das mesmas, como na formação dos ácidos nucléicos e fosfolipídios e também no fluxo e

estoque da energia por meio das moléculas de ATP e NADPH. Este elemento é, ainda, indispensável à fotossíntese e à respiração, além de diversas funções celulares, influenciando todo o ciclo do desenvolvimento vegetal (Novais et al., 2007).

Houve diferença estatística ($P < 0,05$) para as cultivares de leguminosas quanto a PMSF, PMSC, PMSR e PMST (Tabela 4). Os maiores valores de PMSF foi verificado para a *Crotalaria spectabilis*, que teve uma produção na média superior às demais leguminosas em torno de 2 toneladas de folhas.

Esse resultado é importante, pois pode ser um indicativo da maior capacidade fotossintética da planta e, principalmente, no âmbito nutricional, folhas tem valor nutricional superior às demais estruturas morfológicas da planta.

Acrescenta-se a isso, o fato de que para avaliação de plantas forrageiras a produção de lâminas foliares é imprescindível, uma vez que em relação à nutrição animal esse componente assume papel primordial, já que apresenta maior digestibilidade, o que garante oferta de alimento de melhor qualidade (Euclides et al., 2007). Assim, essa alta superioridade de produção da massa foliar pode refletir em maior produção animal, devido sua maior digestibilidade comparada ao caule.

Tabela 4. Produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e produção de matéria seca total (PMST) das leguminosas.

Produção (kg/ha)	Leguminosas				EPM
	<i>C. juncea</i>	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. ochroleuca</i>	<i>Cajanus cajan</i>	
PMSF	3047,88b	4945,36a	3126,15b	2883,28b	0,93
PMSC	6878,45a	2071,61c	4396,87b	3625,69b	1,35
PMSR	3904,23a	2092,07b	3374,76ab	2486,18ab	0,83

PMST	9926,33a	6865,56ab	7523,02ab	6508,97b	1,89
PMSF:PMSC	0,44c	2,38a	0,71b	0,79b	0,04
PMST:PMSR	2,54b	3,28a	2,23b	1,66c	0,03

Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem, estatisticamente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. EPM- Erro padrão da média

O menor valor da PMSC foi observado, também, na *Crotalária spectabilis* (2071,61 Kg/ha), o que ressalta a importância dessa leguminosa, uma vez que possui maior produção de folhas e menor produção de caule, um percentual de diferenciação de 58% de PMSF maior que PMSC. O aumento da produção de massa seca de folhas era esperado, pois o fósforo é um elemento essencial ao crescimento e reprodução das plantas, as quais não alcançam seu máximo potencial produtivo sem um adequado suprimento nutricional (MARSCHNER, 1995). No qual é bem caracterizado pela alta relação folha: caule (2,38) apresentando um grande potencial de produção de biomassa aérea diferenciando-se das demais leguminosas, tendo em vista que apresentou uma relação PMST: PMSR na ordem de 3,28 (Tabela 4) maior relação entre as demais enfatizando a mesma para uso alternativo de alimentação em oferta para ruminantes.

Sarmento et al. (2002) ressalta que a biomassa seca da parte aérea é uma característica importante, porque as folhas constituem uma das principais fontes de fotoassimilados e nutrientes, ingredientes esses vitais para o desenvolvimento de plantas, aumentando assim gradativamente a produção total da planta. Tendo em vista que as folhas são órgãos fotossintetizantes que capturam e utilizam a energia luminosa para as reações químicas vitais à planta. (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993).

A *Crotalária juncea* teve maior PMSC (6878,45 kg/ha), comparada às demais leguminosas produzindo em torno de 3 toneladas a mais de caule, perfazendo uma relação PMSF: PMSC de apenas 0,44 ou seja, a sua maior PMST (9926,33 kg/ha) é reflexo da maior

contribuição de caule, caracterizada por elevada quantidade de lignina em relação as folhas (Tabela 4). Apesar da *Crotalaria juncea* apresentar uma relação baixa de PMSF: PMSC para a nutrição animal, no ponto de vista agrônomo destacar-se por ter boa produção de matéria seca parte aérea com ênfase no sistema radicular proporcionando no sistema de produção descompactação do solo e uso como adubação verde.

À medida que as forrageiras amadurecem, aumenta o teor de parede celular em função do engrossamento da parede celular e ao decréscimo de relação folha:caule (BUXTON; HORNSTEIN, 1996), bem como maiores concentrações de lignina na fração caule em relação à folha (Hatfield et al., 1994), podendo comprometer a produção animal. Corrobora com essa constatação, a observação de que a parede celular da fração caule apresentou valor de digestibilidade *in vitro* inferior à fração folha (FUKUSHIMA; SAVIOLI, 2001).

Para Myasaka (1984) a *Crotalaria juncea* pode apresentar porte alto, podendo alcançar mais de dois metros de altura. Apresentando rápido crescimento, proporcionando assim maiores produtividades em períodos curtos. Segundo Silva (2002), essa leguminosa pode chegar a produzir 15.201 kg/ha de matéria seca.

Observando os resultados da Tabela 4, houve similaridade de produção entre o feijão guandu e a *Crotalaria ochroleuca*, principalmente porque não houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre essas cultivares para a PMSF, PMSC, PMSR, PMST e relação PMSF: PMSC.

Confirmando com estes dados, Souto et al. (2009) verificaram que a adubação fosfatada apresentou efeito significativo aos 40 dias após a germinação para a produção de massa seca da parte aérea e de raízes no feijão guandu. Pacheco et al. (2015), avaliando a seleção de espécies de crotalárias, descreveram que essas leguminosas são plantas de cobertura e com potencial para elevado crescimento radicular e, em camadas adensadas no solo, pode contribuir para o manejo de sistemas agrícolas, por meio da descompactação biológica do solo.

3.2 Composição morfológica e quantificação de nódulos

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) para os níveis de adubação para o número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR) das leguminosas. Para as espécies de leguminosas também foi observado efeito ($P < 0,05$) para todas as variáveis supracitadas, incluindo altura da planta (AP) o número de nódulos (NN) (Tabela 5). Houve efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre níveis de adubação fosfatada e as espécies de leguminosas apenas para o número de folhas (NF) (Tabela 5).

Tabela 5. Níveis de significância para altura da planta (AP), número de folhas (NF) diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR) e número de nódulos (NN) das leguminosas.

Fonte de variação	AP	NF	DC	CR	NN
Adubação	0,064	<0,001	0,0020	0,0398	0,7994
Leguminosas	<0,001	<0,001	<0,001	0,0049	<0,001
Adubação*Leguminosas	0,1325	0,0051	0,0601	0,0657	0,3321

Não foi observado efeito da adubação fosfatada ($P > 0,05$) para a altura da planta (AP) (Tabela 6). Avaliando o efeito da aplicação de fósforo no desenvolvimento da cultura do feijão guandu. Souto et al. (2009), relataram que a altura das plantas apresentou efeito significativo à adubação fosfatada. De forma similar, Bonfim-silva et al. (2014), verificaram efeito quadrático da adubação fosfatada para a altura das plantas no feijão guandu, com a resposta no ponto de máxima de 175 kg/ha de fósforo. Vale destacar, que estudos que levam em consideração cultivares de plantas menores, com maiores percentuais de folhas em relação ao caule, que deve ser preconizado para a alimentação animal.

Tabela 6. Altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR), número de nódulos (NN) em função das doses de P₂O₅ em leguminosas.

Variáveis	Doses de P ₂ O ₅ (kg/ha)				EPM	Valor de P	
	0	100	200	300		L	Q
Morfológicas							
AP (cm)	85,00	115,45	123,51	93,82	3,61	0,2534	0,521
DC ¹ (mm)	0,46	0,66	0,64	0,75	0,03	<0,001	0,4109
CR ² (cm)	46,09	43,81	54,03	53,47	1,91	0,0192	0,7741
NN	189,62	206,56	176,13	207,31	19,15	0,8439	0,7818

EPM- Erro Padrão da Média; L – Linear; Q- Quadrática; R²- Coeficiente de determinação

$${}^1\hat{Y} = 0,507 + 0,0008X \quad r^2 = 0,8145$$

$${}^2\hat{Y} = 44,498 + 0,0320X \quad r^2 = 0,6529$$

Apesar de não ter apresentado efeito da adubação fosfatada na altura da planta, possivelmente houve uma compensação com o diâmetro do caule (DC), uma vez que houve efeito linear positivo ($P < 0,05$) para o diâmetro do caule (Tabela 6), em que o maior nível de adubação proporcionou maiores valores, resultando em maior estrutura física para a sustentação da planta. Esses resultados corroboram com os encontrados por Trindade (2007), que observou aumentos significativos no diâmetro do caule de genótipos de feijão guandu adubados com fontes de fósforo. Lobo et al. (2012) também observaram aumento no diâmetro do caule e na produção de biomassa utilizando níveis de fósforo em leguminosas tropicais.

Foi observado efeito linear positivo da adubação fosfatada para o comprimento da raiz (CR), em que a maior dose de adubo proporcionou maior valor, 54,03 cm e as leguminosas sem adubação apresentaram menores valores, 46,09 cm (Tabela 6).

Segundo Henry et al. (2012), de forma geral, o menor crescimento das plantas cultivadas sob deficiência de P pode ser devido ao efeito direto desse nutriente sobre a taxa fotossintética líquida, visto ser o fósforo fundamental para que esse processo ocorra. Indiretamente, a

deficiência de P também reduz a fotossíntese por afetar negativamente o número e tamanho das folhas, reduzindo, dessa forma, a área foliar necessária a uma maior captação da radiação fotossinteticamente ativa (Ripley et al., 2004).

Os sintomas de deficiência de fósforo incluem diminuição do crescimento da planta, atraso na emergência das folhas, redução na taxa de brotação e, diminuição e/ou interrupção na densidade e no comprimento de raízes que, por consequência, afeta a produção de matéria seca e de sementes.

A deficiência de fósforo, além de reduzir o crescimento, também pode afetar a partição de assimilados entre as diferentes partes da planta, ocasionando, via de regra, uma variação na relação entre a massa seca das raízes e a diminuição da produção de massa seca da parte aérea (Hernandez et al. 2007).

Não foi observado efeito da adubação para o número de nódulos (NN) ($P > 0,05$) (Tabela 6). No entanto, quando houve a comparação entre as cultivares, foi observado diferenças significativas ($P < 0,05$). Esses resultados reforçam a importância de estudos que trabalhem com a interação adubação x cultivares.

Ressalto, que a seleção de cultivares para esse parâmetro se mostra mais efetiva que o efeito da adubação. Pode-se atribuir esse efeito à capacidade das leguminosas fixar e absorver grandes quantidades de N, necessitando, com isso concentrações proporcionais de P para balanço de absorção desses nutrientes pela planta. Possivelmente, o cultivo em vasos realizado nesta pesquisa, não tenha proporcionado condições favoráveis para facilitar o processo de absorção.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) para todas as variáveis morfológicas das quatro leguminosas avaliadas e para o número de nódulos (NN) das mesmas (Tabela 7). De forma

geral, a *Crotalaria juncea* apresentou os maiores valores de altura da planta e densidade de caule.

Assim, é possível considerar que essa leguminosa apresenta desenvolvimento rápido desde a germinação até o seu ápice de crescimento entre as demais leguminosas. Podendo ser usada como banco de proteína devido a seu porte sendo assim adaptável ao pastejo e para às condições de clima e solo do Cerrado visando ao fornecimento de forragem suplementar de maior valor nutritivo.

Uma possível utilização a se estudar sobre essa leguminosa, seria o uso em consórcio com gramíneas, podendo ser semeada ao mesmo tempo, pois a mesma tem crescimento rápido e poderia contribuir com a fixação biológica de nitrogênio como prioridade e, no segundo momento, como volumoso para os animais.

Tabela 7. Altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR), número de nódulos (NN) em função das leguminosas.

Variáveis Morfológicas	Leguminosas				EPM
	<i>C. juncea</i>	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. ochroleuca</i>	<i>Cajanus cajan</i>	
AP (cm)	161,20a	40,78c	96,89b	113,75b	3,61
DC (mm)	0,72a	0,47b	0,85a	0,48b	0,03
CR (cm)	52,78ab	57,03a	43,03b	44,75b	1,91
NN (n°)	125,50b	393,06a	91,81b	182,81b	19,15

Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EPM- Erro padrão da média.

No entanto, se considerarmos que para manter maiores alturas de planta (161,2 cm) como para *Crotalaria juncea* e densidades do caule (0,72 mm), a planta tem que investir em uma estrutura celular rica em lignina, pois quanto maior a planta fica ou atinge níveis de maturidade a concentração de lignina aumenta (FUKUSHIMA; DEHORITY, 2000). Podendo ser uma alternativa de consorcio com gramíneas em pastagens, ocasionando o melhoramento

da pastagem, a mesma apresenta crescimento rápido, além de trazer incrementos de produtividade de matéria seca.

Se compararmos essa leguminosa com a *Crotalária spectabilis* que apresentou 4 vezes menos altura e 0,25 mm a menos de diâmetro de caule e, não apresentou diferenças com a *Crotalária juncea* para o comprimento de raízes (Tabela 7) mostra-se que está torna-se mais eficiente no processo de pastejo, uma vez que plantas baixas, facilitam o processo de colheita pelo animal à pasto. Este processo tem seu momento crucial na construção do bocado, cuja massa e respectiva concentração de nutrientes constituem a base do consumo do animal (Carvalho et al., 2001) principalmente quanto apresenta maiores proporções de folhas, como é a arquitetura da *Crotalária spectabilis* (Tabela 3 e 4), além de uma possível maior capacidade de fixação biológica de nitrogênio, tendo em vista, as maiores quantidades de nódulos no sistema radicular (Tabela 7).

O maior número de nódulos foi observado para a *Crotalária spectabilis*, com valores de 268, 302 e 211 nódulos a mais que as leguminosas *Crotalária juncea*, *Crotalária ochroleuca* e o feijão guandu, respectivamente, ou seja, uma quantidade de nódulos superiores na ordem de 3 vezes para a *juncea*, 4 vezes a *ochroleuca* e 2 vezes o feijão guandu, sendo um fator determinante para auxiliar na adubação nitrogenada, apresentando melhor fixação biológica de nitrogênio (Tabela 7).

Houve interação entre níveis de adubação fosfatada e as espécies de leguminosas para o número de folhas (Tabela 8). Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de adubação para a *Crotalária juncea* e a *Crotalária ochroleuca*, com maiores números de folhas foram verificados nas doses intermediárias de fósforo. As folhas são órgãos fotossintetizantes que capturam e utilizam a energia luminosa para as reações químicas, principalmente na forma de

carboidratos solúveis (Ferro et al., 2015), sendo vitais à planta tanto no desenvolvimento (ZANINE; FERREIRA, 2015) quanto na recuperação ao pastejo (Zanine et al., 2016).

Tabela 8. Interação entre níveis de adubação fosfatada e as espécies de leguminosas para o número de folhas.

Leguminosas	Doses P ₂ O ₅ (kg/ha)				EPM	Valor de P	
	0	100	200	300		Linear	Quadrática
Número de folhas							
<i>C. juncea</i> ¹	37,12a	83,50a	74,37a	86,00a	6,20	<0,001	0,0162
<i>C. spectabilis</i>	17,00a	22,87b	17,33b	17,62b	1,96	0,9105	0,7021
<i>C. ochroleuca</i> ²	18,12a	60,62a	59,00a	71,62a	7,08	<0,001	0,0373
<i>Cajanus cajan</i>	18,50a	23,75b	23,12b	22,62b	0,89	0,7079	0,6818

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem, estatisticamente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. EPM- Erro Padrão da Média; L – Linear; Q- Quadrática; R²- Coeficiente de determinação

$${}^1\hat{Y} = 40,937 + 0,398X - 0,0008X^2 \quad r^2 = 0,8110$$

$${}^2\hat{Y} = 21,043 + 0,382X - 0,0007X^2 \quad r^2 = 0,8971$$

A adubação fosfatada não afetou ($P > 0,05$) as leguminosas *Crotalaria spectabilis* e o feijão guandu. Comparando-se as leguminosas, não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre elas para o tratamento sem adubação (Tabela 8). Sendo que na comparação das leguminosas nos níveis de adubação fosfatada ($P < 0,05$), as leguminosas *Crotalaria juncea* e a *Crotalaria ochroleuca*, apresentaram maiores números de folhas com respostas de efeito quadrático, porém com maiores quantidades de folhas na dosagem de 300 kg de P₂O₅.

As leguminosas *Crotalaria spectabilis* e o feijão guandu, não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) entre elas para o número de folhas. Cabe salientar, que o maior número de folhas observados pelas leguminosas *Crotalaria juncea* e a *Crotalaria ochroleuca*, não foram suficientes para produzir maior produção de folhas por hectare e, por consequência, maior

relação de folha:caule e parte aérea:raiz (Tabela 3 e 4), em comparação a *Crotalaria spectabilis* e o feijão guandu.

3.3 Composição Bromatológica

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) em função dos níveis de adubação nas leguminosas avaliadas para os teores de matéria seca do caule (MSC), matéria mineral da raiz (MMR) e proteína bruta da folha (PBF) (Tabela 9). Houve efeito significativo para as quatro variedades de leguminosas estudadas ($P < 0,05$) para todas as variáveis químico-bromatológica (Tabela 9).

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre os níveis de adubação fosfatada e as espécies de leguminosas para os teores de matéria mineral do caule (MMC) matéria mineral da raiz (MMR), proteína bruta da folha (PBF) e nitrogênio da raiz (NR) (Tabela 9).

Tabela 9. Teores de matéria seca da folha (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca da raiz (MSR), matéria mineral da folha (MMF), matéria mineral do caule (MMC) matéria mineral da raiz (MMR), proteína bruta da folha (PBF), nitrogênio da raiz (NR), fibra em detergente neutro do caule (FDNC), fibra em detergente neutro da folha (FDNF), fibra em detergente ácido da folha (FDAF) e fibra em detergente ácido do caule (FDAC), das leguminosas.

FV	MSF	MSC	MSR	MMF	MMC	MMR
Adubo	0,5396	0,0462	0,4692	0,5106	0,5290	0,0322
Leguminosas	<0,001	<0,001	0,0055	0,0148	<0,001	0,0012
Adubo*Leguminosas	0,1757	0,9010	0,9512	0,5710	0,0037	0,0002
FV	PBF	NR	FDNF	FDNC	FDAF	FDAC
Adubo	0,0098	0,1998	0,2708	0,9159	0,3466	0,2710
Leguminosas	<0,001	0,0255	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Adubo*Leguminosas	0,0020	0,0120	0,1204	0,9353	0,6838	0,2310

Levando em consideração a falta de interação, foi observado que apenas os teores de matéria seca do caule (MSC) apresentaram diferenças estatísticas para os níveis de fósforo, sendo observado efeito quadrático ($P < 0,05$). O maior teor de MSC ocorreu nas doses intermediárias (100 kg/ha e 200 kg/ha) de adubação fosfatada (Tabela 10). Resultados similares aos descritos por Bomfim-Silva et al. (2016), que registraram aumentos nos teores de matéria seca de caule na leguminosa java (*Macrotyloma axillare*), com a aplicação de fósforo de 180 kg/ha. Os autores relataram aumentos nos teores de matéria seca do caule próximo a 50%, em comparação a leguminosa que não recebeu adubação fosfatada.

Tabela 10. Teores de matéria seca de folha (MSF), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de raiz (MSR), matéria mineral de folha (MMF), fibra em detergente neutro da folha (FDNF), fibra em detergente neutro de caule (FDNC), fibra em detergente ácido da folha (FDAF) e fibra em detergente ácido de caule (FDAC) das leguminosas em função de níveis de adubação fosfatada.

Composição (%)	Doses P ₂ O ₅ (kg/ha)				EPM	Valor de P	
	0	100	200	300		L	Q
MSF	18,77	19,57	19,59	21,39	0,86	0,1804	0,7042
MSC ¹	19,15	22,39	22,05	21,77	0,87	0,0609	0,0497
MSR	21,42	21,95	20,41	23,71	0,84	0,4288	0,3560
MMF	14,71	9,87	9,72	10,81	1,58	0,3227	0,2675
FDNF	58,50	59,18	58,38	54,68	1,35	0,1273	0,2208
FDNC	78,36	78,94	79,56	79,40	1,42	0,5241	0,7766
FDAF	38,70	41,85	41,50	40,01	1,17	0,5631	0,0964
FDAC	70,09	67,40	68,41	67,80	1,23	0,2084	0,3194

EPM- Erro Padrão da Média; L – Linear; Q- Quadrática; R²- Coeficiente de determinação

$$^1\hat{Y} = 19,339 + 0,033X - 0,00008X^2 \quad r^2 = 0,8996$$

O maior teor de matéria seca foliar (MSF) foi observado no feijão guandu ($P < 0,05$) (25,97%), esse valor foi superior em 8,18 unidades percentuais, levando em consideração a média (17,78%) dos teores de MSF das três crotalárias. Não houve diferenças ($P > 0,05$) para os teores de MSC entre as crotalárias (Tabela 11). Para os teores de matéria seca de caule (MSC), a *Crotalaria juncea* e o feijão guandu, apresentaram os mesmos teores ($P > 0,05$), sendo esses superiores a *Crotalaria spectabilis* e a *Crotalaria ochroleuca*. Para os teores de matéria seca de raiz (MSR), houve maiores valores para a *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca* e o feijão guandu, que na média obtiveram teores de 23,44%, ou seja, 6,29 pontos percentuais superiores a *Crotalaria spectabilis* (Tabela 11). Porém para matéria seca total (MST) *Crotalaria juncea* e feijão guandu apresentaram os melhores valores de matéria seca produzida destacando assim sua produtividade em relação ao total da planta toda incluindo parte aérea e raízes. Sabe-se que com o envelhecimento da planta o teor de umidade é reduzido, resultando em maiores produções de MS podendo assim em ciclo produtivo maior resultar em maiores teores de matéria seca.

Tabela 11. Teores de matéria seca de folha (MSF), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de raiz (MSR), matéria mineral de folha (MMF), fibra em detergente neutro da folha (FDNF), fibra em detergente neutro de caule (FDNC), fibra em detergente ácido da folha (FDAF) e fibra em detergente ácido de caule (FDAC) das leguminosas.

Composição	Leguminosas				EPM
	<i>C. juncea</i>	<i>C. spectabilis</i>	<i>C. ochroleuca</i>	<i>Cajanus cajan</i>	
MSF	19,28b	18,41b	15,66b	25,97a	0,86
MSC	26,67a	14,65b	17,34b	26,70a	0,87
MSR	22,82a	17,15b	24,62a	22,90a	0,84
MMF	18,80a	10,58ab	8,48b	7,25b	1,58
FDNF	52,12b	59,67a	56,57ab	62,45a	1,35

FDNC	79,38ab	74,43c	78,23bc	83,90a	1,42
FDAF	41,59ab	31,94c	39,03ab	48,90a	1,17
FDAC	68,89a	64,35b	68,33a	71,87a	1,23
MST	68,77b	50,21b	57,62b	75,57a	2,57
MMT	46,80a	35,65b	40,97b	31,63b	2,90

Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem, estatisticamente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. EPM- Erro Padrão da média.

Em relação aos teores de matéria mineral da folha (MMF), os maiores valores foram registrados para a *Crotalária juncea* e a *Crotalária spectabilis*, não havendo diferenças estatísticas entre elas ($P>0,05$). É interessante ressaltar, que apesar dos menores teores de matéria seca de folha da leguminosa *Crotalária spectabilis*, a mesma obteve os maiores valores de matéria mineral na folha, sendo essa variável é de grande importância para a nutrição mineral do solo (mineralização da matéria orgânica) e dos animais (nutrição mineral dos ruminantes) (Tabela 11). Na produção de Matéria mineral total (MMT) da planta a *Crotalária juncea* obteve um teor de 46,80% de MMT, via de regra os minerais estão envolvidos em quase todas as vias metabólicas do organismo animal, com funções importantes na performance reprodutiva, na manutenção do crescimento, no metabolismo energético, na função imune, para a manutenção da vida, como também para o aumento da produtividade animal, sendo assim indispensável na composição alimentar do animal (Lamb et al., 2008).

Os maiores teores de fibra em detergente neutro na folha (FDNF) foram observados para a *Crotalária spectabilis*, *Crotalária ochroleuca* e o feijão guandu, embora todos estejam abaixo de 60%, valor que favorece boa digestibilidade para os animais, recomendação para gado de leite (Berchielli et al., 2006). Uma outra indicação semelhante que se tem é quanto aos valores mínimos, preconizados no NRC (2001) para gado de leite, mas que se adotam para todos os ruminantes, em geral. Quanto ao máximo, realmente o ideal é até 50% na dieta, não somente

nos ingredientes, mas leva-se em consideração a dieta. A partir daí, acima de 50; 55 ou 60% já se ver efeito desfavorável, principalmente, em relação à diminuição do consumo.

No entanto, a *Crotalaria juncea* apresentou os menores teores de FDNF (52,12%), assim, teria possivelmente melhor reflexo na nutrição animal. No entanto, há de se ressaltar que essa leguminosa teve menor proporção de folhas e maior percentual de caule (Tabelas 3 e 4), e como pode ser visto na Tabela 10, os maiores teores de fibra em detergente neutro no caule (FDNC) e a fibra em detergente ácido no caule (FDAC) foram maiores na *Crotalaria juncea* (Tabela 11).

Os menores teores de FDNC, fibra em detergente ácido da folha (FDAF) e a FDAC, 74,43; 31,94 e 64,35%, respectivamente, foram observados na *Crotalaria spectabilis* (Tabela 11). Para NUSSIO et al. (1998) forragens com valores de FDA, em torno de 30% ou menos, possuem consumo elevado, enquanto aquelas com teores acima de 40% apresentam menor ingestão, podendo assim limitar o consumo pelo animal. Pois, teores elevados de fibra na dieta podem comprometer o desempenho animal por reduzir a taxa de passagem, aumentar o enchimento ruminal e reduzir o consumo de MS.

Esse resultado do FDNC e do FDAC pode estar associado a menor altura da planta (Tabela 7), menor diâmetro do caule (Tabela 7) e menor teor de matéria seca de folha e caule (Tabela 11) da *Crotalaria spectabilis*. Por conseguinte, antagonicamente, o feijão guandu de forma geral, apresentou os maiores teores de FDNC, FDAF e a FDAC, 83,90; 48,90 e 71,87%, respectivamente, o que pode servir mais uma vez de ponderação para compararmos o potencial das crotalárias com o usual feijão guandu.

Tabela 12. Interação entre níveis de adubação fosfatada e as espécies de leguminosas para a composição bromatológica.

Leguminosas	Doses P ₂ O ₅ (kg/ha)				EPM	Valor de P	
	0	100	200	300		Linear	Quadrática
Matéria mineral do caule (%)							
<i>C. juncea</i>	4,94b	4,33b	4,60b	4,26b	0,33	0,5137	0,8256
<i>C. spectabilis</i> ¹	9,52a	8,92a	8,13a	6,10ab	0,85	<0,001	0,2386
<i>C. ochroleuca</i>	7,30a	5,84b	5,80b	6,88a	0,42	0,6305	0,0382
<i>Cajanus cajan</i>	2,92b	4,48b	4,17b	5,13ab	0,25	0,0221	0,6212
Matéria mineral da raiz (%)							
<i>C. juncea</i>	28,78a	21,13b	25,98ab	18,01ab	2,02	0,0615	0,9607
<i>C. spectabilis</i>	18,62ab	16,64b	20,13b	12,22b	1,64	0,2784	0,3598
<i>C. ochroleuca</i> ²	16,16b	35,60a	34,23a	18,37ab	2,69	0,7157	<0,001
<i>Cajanus cajan</i>	19,24ab	12,50b	22,19ab	26,91a	2,84	0,0270	0,0802
Proteína bruta da folha (%)							
<i>C. juncea</i> ³	16,47b	18,29b	21,24bc	22,37b	0,79	0,0112	0,8450
<i>C. spectabilis</i>	14,96b	17,48b	18,16c	15,24c	1,21	0,8465	0,1267
<i>C. ochroleuca</i>	33,04a	31,00a	29,22a	29,89a	1,08	0,1576	0,4448
<i>Cajanus cajan</i> ⁴	15,90b	27,78a	25,27ab	28,14ab	1,62	<0,001	0,0131
Nitrogênio da raiz (%)							
<i>C. juncea</i>	8,30a	8,69a	8,37a	7,42a	0,25	0,2039	0,1947
<i>C. spectabilis</i>	9,26a	8,73a	8,33a	9,28a	0,59	0,8781	0,1550
<i>C. ochroleuca</i>	8,58a	8,88a	9,13a	8,88a	0,17	0,6196	0,6196
<i>Cajanus cajan</i> ⁵	9,07a	5,95ab	8,81a	8,07a	0,44	0,9428	0,0245

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem, estatisticamente, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. EPM- Erro Padrão da Média; L-Linear; Q-Quadrática; R²-Coeficiente de determinação.

$${}^1\hat{Y} = 9,832 - 0,011X \quad r^2 = 0,9158$$

$${}^2\hat{Y} = 16,482 + 0,269X - 0,008X^2 \quad r^2 = 0,9937$$

$${}^3\hat{Y} = 16,502 + 0,020X \quad r^2 = 0,9749$$

$${}^4\hat{Y} = 19,144 + 0,034X \quad r^2 = 0,5951$$

$${}^5\hat{Y} = 8,598 - 0,017X + 0,00005X^2 \quad r^2 = 0,2350$$

Houve efeito linear decrescente ($P>0,05$) da adubação fosfatada para os teores de MMC, ou seja, à medida que se aumentou os níveis de adubação fosfatada houve redução nos teores de MMC para a *Crotalaria spectabilis*. Essa redução foi na ordem de 3,3% em comparação com o tratamento sem adubação (Tabela 12). Essa condição poderia ser em função de um possível efeito de diluição haja vista o potencial de produção de biomassa aérea e radicular dessa leguminosa (Tabela 3 e 4). No entanto, quando se comparou as leguminosas (Tabela 11) e, quando se compara as leguminosas dentro das doses de adubação fosfatada (Tabela 12), pode-se observar que os maiores teores de material mineral foram registrados na *Crotalaria spectabilis* para MMC.

Para os teores de MMR da *Crotalaria ochroleuca*, os níveis intermediários de adubação fosfatada, apresentaram as melhores respostas (35,60% e 34,23%), tendo em vista, o ajuste quadrático da equação ($P>0,05$). Esse resultado, juntamente com a falta de efeito para as demais leguminosas, mostra a baixa exigências de fósforo das leguminosas estudadas, podendo ser recomendadas para os solos do cerrado que possuem baixo nível de P. Comparando-se o efeito dos teores de MMR dentro das doses de fósforo, no geral, doses intermediárias já são suficientes para obter maiores teores (Tabela 12).

Foi observado efeito de interação linear crescente ($P>0,05$) para os teores de proteína bruta da folha, onde a adição de fósforo aumenta gradativamente os teores de PBF, em que a maior dose de fósforo promoveu os maiores teores na *Crotalaria juncea* e no feijão guandu, 22,50 e 29,34%, respectivamente, comparando-se com a testemunha sem adubação a superioridade foi de 6,0 e 10,2 pontos percentuais, respectivamente (Tabela 12). Esses resultados revela a importância desse nutriente para os processos fisiológicos dessa espécie. Esse fato é ressaltado pela relação linear positiva obtida entre o P aplicado e o teor de proteína bruta na folha.

Em relação as demais leguminosas, o menor desenvolvimento das plantas cultivadas sob deficiência ou menores quantidades de P, pode ser devido ao efeito direto desse nutriente sobre a taxa fotossintética líquida, visto ser o fósforo fundamental para que esse processo ocorra (Henry et al. 2012). Com a redução da fotossíntese por causa do efeito indireto da baixa disponibilidade de P, pode afetar negativamente o número e tamanho das folhas, reduzindo, dessa forma, a área foliar necessária a uma maior captação da radiação fotossinteticamente ativa (Ripley et al. 2004). Diminuindo, assim a composição nutricional, qualidade e quantidade das forrageiras produzidas. De acordo com NRC (2001) quando o teor de proteína bruta em nível abaixo de 7% na dieta, com a baixa disponibilidade de nitrogênio pode reduzir a digestão da fibra, reduzir o consumo devido à lenta passagem dos alimentos pelo rúmen, pois os ruminantes necessitam de no mínimo 8% de PB na dieta para a manutenção da atividade microbiana no ambiente ruminal (VAN SOEST, 1994). As leguminosas obtiveram assim teores de PBF acima do considerável para a composição alimentar de animais ruminantes.

Para os teores de nitrogênio nas raízes do feijão guandu, houve efeito de interação quadrático ($P > 0,05$). Quando se comparou os teores de nitrogênio das raízes dentro das doses de fósforo, basicamente não apresentaram diferenças significativas. Isso pode significar que essas plantas, uma vez satisfeitas as necessidades iniciais para o maior crescimento radicular e maior absorção do recurso limitante, passaram a direcionar mais as suas atividades para a formação de folhas com vistas a maior fixação de CO_2 e melhorar sua taxa de crescimento (Cruz et al., 2015).

Em geral, as características bromatológicas avaliadas apenas em função do efeito da adubação fosfatada somente houve diferenças estatísticas para MSC, onde resultou maiores teores nas doses intermediárias de P_2O_5 (Tabela 10). Para, Trindade (2007), a adubação fosfatada proporciona aumentos significativos no diâmetro do caule, indicando um maior

investimento de biomassa em caule, decorrente não só de um maior crescimento da planta, mas também de uma maior necessidade de sustentação.

Para a composição das quatro leguminosas em estudo as variáveis MSF, MSC e MSR apresentaram melhores teores para o cultivar feijão guandu, semelhantemente a *Crotalaria juncea* proporcionou resultados semelhantes por seu maior investimento em caule e raiz. Para MMF a *Crotalaria juncea* apresentou maior teor de matéria mineral. Houve efeito significativo de interação em função das doses de adubação fosfatada e as variedades de leguminosas para as variáveis analisadas com ajuste aos modelos quadrático e linear de regressão.

3.4 Eficiência da adubação fosfatada

Segundo a tabela de produção de matéria seca (Tabela 3) podemos observar que houve apenas efeito significativo em função da adubação fosfatada, possibilitando assim valores de eficiência da adubação em comparação aos níveis utilizados de P_2O_5 (Tabela 13).

Podemos observar que a maior eficiência de adubação para PMSF nas leguminosas foi na dose de 100 kg/ha tendo uma resposta de 11,46 kg/ha, para PMSC 23,35 kg/ha e PMST com 33,40 kg/ha. Para todas as variáveis em função da adubação fosfatada houve efeito significativo, sendo o nível de adubação que obteve maior eficiência foi o de 100 kg/ ha de P aplicado podendo ser verificado que o aumento das doses de P_2O_5 resultou em uma redução da eficiência de utilização dos fósforo pelas leguminosas, observando assim que as mesmas, não são muito exigentes em grandes quantidades de P aplicado.

Tabela 13. Eficiência da adubação fosfatada em função da Produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e produção de matéria seca total (PMST).

Produção (kg/ha)	Doses P ₂ O ₅ (%)			
	0	100	200	300
PMSF	-	11,46	8,34	8,50
PMSC	-	23,35	11,82	9,39
PMSR	-	6,33	2,29	3,09
PMST	-	33,40	20,17	17,90

Podendo assim ser viável ao produtor pois o mesmo utilizará menores quantidades de adubo, sendo uma vantagem econômica no sistema produtivo e menos produtos químicos aplicados no solo evitando contaminações e grandes quantidades aplicadas sem um bom aproveitamento pelas plantas. Pois para cada medida de ganho em produção obteve-se o uso de uma unidade de nutriente aplicado.

No entanto a eficiência agrônômica dos adubos fosfatados pode ser afetada pelas fontes de fosfato, propriedades do solo, modos de aplicação e espécies vegetais (Corrêa et al., 2014). As respostas das culturas à adubação fosfatada têm sido variáveis em função do teor inicial deste nutriente no solo, sendo assim o solo usado no experimento apresentou valores relativamente nulos de P no solo.

Assim, quanto menor o teor no solo, maior será a resposta obtida com a adubação, confirmando assim que as culturas utilizadas apresentaram valores de eficiência maiores na dose menor de P aplicado.

Não foi verificada interação significativa entre as espécies de leguminosas forrageiras e as doses de fosforo aplicadas. Portanto foram analisadas as produções médias (Tabela 14) e das mesmas calculadas os valores de eficiência (Tabela 15).

Na tabela 14 apresenta os valores médios da produtividade das leguminosas em relação as doses de P aplicado, para PMSR a *C. juncea* e *C. ochroleuca* apresentou maiores resultados na dose de 100 kg/ha de P₂O₅. Para as demais leguminosas obtiveram maior produção de raízes nas doses intermediarias de 200 a 300 kg/ha. Apresentando comportamento semelhantes para as demais variáveis que em média apresentaram maiores valores nas doses intermediarias de P. Sendo assim conhecer a eficiência agrônômica do fosforo e absorção dele pelas forrageiras é essencial para verificar as potencialidades de produção, conhecendo assim o melhor custo benefício de uso da adubação pelas culturas para ser economicamente viável para o produtor.

Tabela 14. Produção média das leguminosas em função das doses de P para Produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e produção de matéria seca total (PMST) e Número de nódulos (NN).

Doses de P ₂ O ₅	Produção (kg/ha)				n°
	PMSR	PMSF	PMSC	PMST	NN
<i>C. juncea</i>					
0	4500,00	1333,33	4333,33	10166,66	114,25
100	4722,22	4533,33	10666,66	19922,21	98,00
200	4122,22	3820,00	8366,66	16308,88	94,75
300	5500,00	5000,00	9833,33	20333,33	195,00
<i>C. spectabilis</i>					
0	2388,88	4110,00	1500,00	7998,88	422,50
100	2133,33	4610,00	2055,55	8798,88	471,25
200	2611,11	5386,66	2833,33	10831,10	292,25
300	2333,33	8266,66	2300,00	12899,99	288,00
<i>C. ochroleuca</i>					
0	1722,22	1720,00	1944,44	5386,66	58,00
100	5477,77	3533,33	5311,11	14322,21	75,00
200	3666,66	4276,66	5388,88	12588,87	110,50
300	5422,22	5553,33	8577,77	19553,32	123,75
<i>Cajan cajanus</i>					
0	3166,66	3166,66	3833,33	10166,65	163,75
100	2500,00	3166,66	4166,66	9833,32	182,00
200	3333,33	3750,00	5000,00	12083,33	163,00
300	3000,00	3833,33	4500,00	11333,33	222,50

O incremento das doses de P no solo aumentou os teores desse nutriente na planta proporcionando maior eficiência de adubação utilizada pela cultura. Segundo a Tabela 15 mostrou maior eficácia de aproveitamento de fósforo na *C. juncea* para as variáveis de PMSF, PMSC, PMST na dose de 100 kg/ha de P, na PMSR e NN na dose de 300 kg/ha que obteve uma maior eficiência para cada unidade de p aplicado a cultura.

Podendo assim ressaltar que o P não acumulou-se nas raízes sendo alocado rapidamente para a produção da parte aérea da planta, mais como essas leguminosas possuem um sistema radicular ramificado e profundo tem uma capacidade de sustentação maior na planta.

A *C. juncea* visando sua maior produtividade da parte aérea pode ser utilizada como adubação verde, como cobertura de solo evitando assim crescimento de plantas invasoras no sistema pastoril mantendo assim a fertilidade do solo, em consorcio com gramíneas pelo seu crescimento rápido, podendo também ser utilizada como rotação de cultura pelo seu aporte de matéria orgânica e concentração de nutrientes.

A PMSF pode ser ofertada aos animais/ruminantes como fonte de alimentação seja em forma de banco de proteína, forragem ou em consorcio com outras fontes alimentares sendo uma ótima alternativa pelo seu crescimento rápido e por ser uma cultura anual podendo ser ofertada várias vezes.

A *C. juncea* apresentou melhores resultados em relação as demais leguminosas mais semelhantemente com valores significantes *C. ochroleuca* apresentou maior eficiência para as variáveis de produção no uso de 100 kg/ha de adubação fosfatada verificando assim que as mesma apresentam baixa exigência do uso de adubos fosfatados para maiores produtividades. A baixa eficiência de adubação no NN de nódulos pode ser verificada pelo pouco envolvimento do P na fixação simbiótica de N, sendo alocado assim para a parte aérea da planta. As bactérias fosfolizantes atuam nesse processo e transformam o fósforo em um composto solúvel, que pode

ser facilmente dissolvido na água e rapidamente absorvido pelo sistema radicular sendo rapidamente aproveitado pelas plantas no período inicial de desenvolvimento (Tabela 15).

No entanto, quando se busca efeito residual do fertilizante, faz-se necessária a adição de doses maiores, a fim de manter o teor de P no solo acima do nível crítico.

Além das vantagens mencionadas a utilização dessas leguminosas na agricultura e na pecuária representa também geração de renda ao produto, visto que a utilização correta das mesmas e um manejo adequado pode favorecer o aumento da produtividade e consequentemente gerar maiores lucros.

Tabela 15. Eficiência da adubação fosfatada em função da Produção de matéria seca de folha (PMSF), produção de matéria seca de caule (PMSC), produção de matéria seca de raiz (PMSR) e produção de matéria seca total (PMST) e Número de nódulos (NN).

Doses de P ₂ O ₅	Produção (kg/ha)				n ^o
	PMSR	PMSF	PMSC	PMST	NN
<i>C. juncea</i>					
0	-	-	-	-	-
100	2,22	32,00	63,33	97,55	-0,16
200	-1,89	12,43	20,17	30,71	-0,09
300	3,33	12,22	18,33	33,88	0,26
<i>C. spectabilis</i>					
0	-	-	-	-	-
100	-2,56	5,00	5,56	8,00	0,48
200	1,11	6,38	6,67	10,16	-0,65
300	1,00	13,85	2,67	16,33	-0,44
<i>C. ochroleuca</i>					
0	-	-	-	-	-
100	37,56	18,13	33,67	89,35	0,17
200	9,72	12,78	17,22	36,011	0,26
300	12,33	12,77	22,11	47,22	0,16
<i>Cajan cajanus</i>					
0	-	-	-	-	-
100	-6,67	0	3,33	-3,33	0,18
200	0,83	2,91	5,83	9,58	-0,003
300	-0,56	2,22	2,22	3,88	0,19

4. CONCLUSÕES

A adubação fosfatada alcançou maior eficiência de adubação na dose de 100 kg/ha. A adição de fósforo promoveu melhores resultados em função das quatro leguminosas estudadas.

As leguminosas *Crotalária juncea* e *Crotalária spectabilis* diferenciou-se das demais leguminosas avaliadas, apresentando maiores valores de produtividade e valor nutricional, esses resultados comprovam que adubação fosfatada é um fator de manejo que contribui para determinar a produção e a qualidade das forrageiras.

REFERÊNCIAS

AOAC. **Official methods of analysis of international**. 19 ed. v. 2. Gaithersburg, MD, USA: Association of Analytical Communities, p. 140, 2012.

AOAC - **Association of official analytical chemists official methods of analysis of the AOAC**. Gaithersburg: AOAC INC, 2005.

AGOSTINI, J.A.E.; KAMINSKI, J. **Estudo preliminar das concentrações de nutrientes minerais de solos e pastagens naturais ocorrentes em diferentes regiões do Rio Grande do Sul**. Revista Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, v.6, n.4, p.385-406, 1976.

ALBUQUERQUE, M. C. F., RODRIGUES, T. J. D. E MENDONÇA, E. A. F. **Absorção de água por sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth determinada em diferentes temperaturas e disponibilidade hídrica**. Revista Brasileira de Sementes, 206-215,2000.

ALBUQUERQUE, Paulo Emílio Pereira de. **Estratégias de Manejo de Irrigação: Exemplos de Cálculo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2010. 25 p.

ALVES, Wagner Walker de Albuquerque; OLIVEIRA, Francisco Assis de; AZEVEDO, Carlos Alberto Vieira de. **MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO E NÍVEIS DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO: EFEITO SOBRE A CULTURA DO ALGODOEIRO HERBÁCEO**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 23, n. 4, p.91-96, 2010.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M.. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira: PAB**, Planaltina, v. 35, n. 1, p.47-54, jan. 2000.

ANDRADE, Fabrício Ribeiro et al . MYCORRHIZATION STIMULANT IN SOYBEAN ASSOCIATED WITH PHOSPHATE FERTILIZATION IN OXISOLS. Rev. Caatinga, Mossoró , v. 31, n. 4, p. 823-831, Dec. 2018 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252018000400823&lng=en&nrm=iso>. access on 20 Apr. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n404rc>.

ANDRADE, R. P. de ; KARIA, C. T. **Uso de Stylosanthes em pastagens no Brasil**. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 2000, Lavras. Anais. Lavras : Universidade Federal de Lavras, p.273-310, 2000.

ANGHINONI, I.; BISSANI, C.A. **Fósforo e adubos fosfatados**. In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto Alegre: Genesis, 2004. p.117-137

ARAÚJO, L. S., CUNHA, P. C. R., SILVEIRA, P. M., SOUSA NETTO, M. e OLIVEIRA, F. C. Potencial de cobertura do solo e supressão de tiririca (*Cyperus rotundus*) por resíduos culturais de plantas de cobertura. *Revista Ceres*, 62, 483-488, 2015.

ASSMANN, A.L.; PELISSARI, A.; MORAES, A. et al. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.1, p33-47, 2004.

AVALHAES, CC; PRADO, RM; GONDI, ARO; ALVES, AU; CORREIA, MAR. 2009. **Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo**. *Scientia Agrária* 10: 75-80.

BACHA, C. B. **Determinação do teor de lignina em amostras de gramíneas ao longo do crescimento através de três métodos analíticos e implicações com as equações da “Cornell Net Carbohydrate and Protein System”**. [Grasses lignin content determination along their growth period through three analytical methods and implications with the Cornell Net Carbohydrate and Protein System equations]. 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BAGO, B.; PFEFFER, P. E.; SHACHAR-HILL, Y. **Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas**. *Plant Physiology*, Rockville, v. 124, n. 3, p. 949-958, 2000.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. F. **Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros**. Circular técnica 19. p:1-7. 2001.

BARCELLOS, A.O. et al. **Potencial e uso de leguminosas forrageiras dos gêneros Stylosanthes, Arachis e Leucaena**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2001, Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2001. p.365-426.

BARCELLOS, A.O. et al. **Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, supl. esp., p.51-67, 2008.

BAYÃO, G. F. V.; EDVAN, R. L.; CARNEIRO, M. S. S.; FREITAS, N. E.; PEREIRA, E. S.; PACHECO, W. F.; BEZERRA, L. R.; ARAÚJO, M. J. **Desidratação e composição química do feno de *Leucena* (*Leucena leucocephala*) e *Glicíndia* (*Glicíndia sepium*).** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 2016. v. 17, nº 3, p. 365-373.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da. **Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp.** In: GONÇALVES, J.L. de M.; BENEDETTI, V. (Eds). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, p. 105-133. 2000.

BERCHIELLI, Telma Teresinha et al. **Nutrição de ruminantes.** Jaboticabal: Prol Editora Gráfica, 2006. 583 p.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J.; CABRAL, C. E. A.; GONÇALVES, J. M.; PEREIRA, M. T. J. **Produção e morfologia da leguminosa java submetida a adubação fosfatada.** Enciclopédia Biosfera. Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-10, 2011.

BONFIM-SILVA, Edna Maria et al. **Adubação fosfatada no desenvolvimento e produção de feijão guandu em latossolo vermelho do cerrado em primeiro cultivo.** Biosci. J, Uberlandia, v. 30, n. 5, p.1380-1388, 05 maio 2014.

BULISANI, E.A. Adubação verde nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In: COSTA, M.B.B. (Coord.) Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p.57-195.

BUXTON, D. R.; HORNSTEIN, J. S. Cell-wall concentration and components in stratified canopies of alfalfa, birdsfoot trefoil, and red clover. Crop Science, v. 26, p. 180-184, 1996.

BRANCO, R. H., Rodrigues, M. T., Silva, M., Rodrigues, C., Queiroz, A. & Araújo, F. (2011). **Desempenho de cabras em lactação alimentadas com dietas com diferentes níveis de fibra oriundas de forragem com maturidade avançada.** Revista Brasileira de Zootecnia, 40, 1061-1071.

BRUCE. R.C. **Effect of *Centrosema pubescens* Benth. on soil fertility in humid tropics.** Queensland J. Agric. Anim. Sci.. 22(21:221-6. úne. 1965.

CALEGARI, A. **Leguminosa para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná- IAPAR, Circular Técnica nº 80.1995.

CALEGARI, A., ALCÂNTARA, P.B., MIYASAKA, S., AMADO, J.T. **Caracterização das principais espécies de adubo verde**. Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, p. 207-327.1993.

CALEGARI, A., MONDARDO, A., BULISANI, E.A., WILDNER, L. do P., COSTA, M.B.B. da., Miyasaka, S., Amado, J.T. (1993a) **Aspectos gerais da adubação verde**. In: Calegari, A., Mondardo, A., Bulisani, E.A., Wildner, L. do P., Costa, M.B.B. da., Alcântara, P.B., Miyasaka, S., Amado, J.T. Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, p. 1-55.

CANTARUTTI, R.B.; TARRÉ, R.M.; MACEDO, R.; CADISCH, G.; RESENDE, C.P.; PEREIRA, J.M.; BRAGA, J.M.; GOMEDE, J.A.; FERREIRA, E.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. **The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil**. Nutrient Cycling in Agroecosystem, v.64, p.257-271, 2002.

CANTARUTTI, R.B.; BODDEY, R.M. **Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO. 1997, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, p. 431-445, 1997.

CANTARELLA, H.; CORREA, L. de A.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; **Fertilidade do solo em sistemas intensivos de manejo de pastagens**. In: Simpósio Sobre Manejo de Pastagens. Inovações tecnológicas no manejo de pastagens, 2002. Anais.... Piracicaba: FEALG, 2002, p. 99-132.

CARVALHO, P. C. de F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; POLI, C. H. E. C.; MORAES, A.; DELEGARDE, R. **Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba, 2001. Anais... A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba, v.1, p.853-871. 2001.

CARVALHO, S. R. L. de; REZENDE, J. de O.; FERNANDES, J. C.; PEREIRA, A. P. **Cinética do crescimento de leguminosas e gramíneas com alto poder relativo de penetração de raízes em solo coeso dos tabuleiros costeiros do recôncavo baiano (etapa 1)**. Revista Magistra, Cruz das Almas, v. 15, n. 2, p. 155-163, 2003.

CARVALHO, T.B.; FURLANETTO, L.V.; RIBEIRO, G.G.; DE ZEN, S. **Potencial da produtividade e rentabilidade da pecuária de corte do Mato Grosso**. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural, 48., Campo Grande. 2010.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V. **Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens**. Archivos de Zootecnia, Córdoba, v. 57, n. 1, p. 103-113, 2008.

CAVALCANTE, M.A.B. **Níveis de proteína bruta em dietas de bovinos de corte: consumo, digestibilidade, produção microbiana, parâmetros ruminais e desempenho produtivo**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 58p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.

COSTA, N.L.; BENDAHAN, A.B.; GIANLUPPI, V. et al. **Formação e manejo de bancos-deproteína em Roraima**. Boa Vista-RR: EMBRAPA Roraima. Comunicado Técnico, n.12. 2008. 5p.

COSTA, Kátia Aparecida de Pinho et al . Adubação fosfatada e potássica no crescimento e nutrição da *Crotalaria juncea* L. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v. 30, n. 5, p. 827-831, Oct. 2006. from<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542006000500001&lng=en&nrm=iso>. Access on 10 July 2019.

CORRÊA, Juliano Corulli; MAUAD, Munir; ROSOLEM, Ciro Antônio. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. , p.1231-1237, 2 dez. 2004.

CRUZ, J. L.; SOUZA FILHO, L.f.s.; PELACANI, C.r.. Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento do camapu (*Physalis angulata* L.). **Rev. Bras. Plantas Med.**, [s.l.], v. 17, n. 3, p.360-366, set. 2015. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/1983-084x/13_060.

CHAPMAN, D. F., LEMAIRE, G. **Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation**. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, Austrália. Proceedings... Australia: s.ed. 1993. p. 95-104.

DETMANN, E. et al. **Métodos para Análise de Alimentos**. 1 ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, p. 214, 2012.

DENÓFRIO, E. **Planta pode auxiliar no combate ao mosquito da dengue**. Disponível em: <<http://www.omovimento.com.br/modules/news/article.php?storyid=2307>>. 2011, Acesso em 24 de agosto. 2018.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M. **Consórcio com potencial de uso como adubo verde no município de Paty do Alferes- RJ**. Revista Agronomia, v.39, nº 1\2 p.65-70, 2005.

DIRKSEN, G.; DOLL, K. Obstrucción interna del intestino, íleo por obturación. In: DIRKSEN, G. et al. **Medicina interna y cirugía del bovino**. 4.ed. Buenos Aires: Inter.-Médica,. V.1, p.484-485, 2005.

DOURADO, M.C., SILVA, T.R.B. DA., BOLONHEZI, A.C. **Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada**. Scientia Agrícola, 58 (2): 287-293, 2001.

EUCLIDES, V.P.B.; Flores, R.; Medeiros, R.N. e Oliveira, M.P. 2007. Diferimento de braquiária cultivares Basilisk e Marandú na região do cerrado. **Pesqui Agropecu Bras**, 42: 273-280. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**. 2007. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=22&cod_pai=16>. Acesso em: 18 de nov. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA -EMBRAPA (Brasil). Carlos Cesar Ronquim. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas - Sp, 2010.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A.; CASTRO, C. **Response of soybean to phosphorus fertilization in Brazilian Oxisol**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, London, v. 42, n. 22, p. 2716-2723, 2011.

FAGERIA, N. K. **Eficiência de uso de fósforo pelos genótipos de feijão**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 128-131, 1998.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. **Absorção de nutrientes**. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: SBCS, 2006. p. 115-152.

FERREIRA, D. J. ; ZANINE, Anderson de Moura; **Challenges Facing Pasture In The Context of Agricultural Multifunctionality In Brazil**. AMERICAN JOURNAL OF EXPERIMENTAL AGRICULTURE, v. 4, p. 1793-1811, 2014.

FERRO, MARIANE MORENO ; ZANINE, ANDERSON DE MOURA ; FERREIRA, DANIELE DE JESUS ; DE SOUZA, ALEXANDRE LIMA ; VALÉRIO GERON, LUIZ JULIANO . **Organic Reserves in ropical Grasses under Grazing**. American Journal of Plant Sciences, v. 06, p. 2329-2338, 2015.

FISCHER, A.; SILVA, S. C. **O ecossistema de pastagens e a produção animal**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 733-754. 2001.

FUKUSHIMA, R. S.; DEHORITY, B. A. Feasibility of using lignin isolated from forages by solubilization in acetyl bromide as a standard for lignin analysis. **Journal of Animal Science**, v. 78, n 2, p. 3135-3143, 2000.

FUKUSHIMA, R. S.; SAVIOLI, N. M. F. **Correlação entre digestibilidade in vitro da parede celular e três métodos analíticos para a avaliação quantitativa da lignina**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 2, n 2, p. 302-309, 2001.

FISCHLER, M. **Adubos verdes de leguminosas no manejo de sistemas de cultivo de milho e feijão na África oriental com especial referência à crotalária (*C. ochroleuca* G. Don.)**. Tese de doutoramento No. 12099, ETH Zurich, 1997.

FOLONI, J. S. S.; LIMA, S. L.; BULL, L. T. **Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 49-57, 2006.

GATIBONI L.C., KAMINSKI, J. PELLEGRINI, J.B.R., BRUNETTO, G. A. SAGGIN E FLORES J.P.C. **Influência da of fosfatada e da introdução de espécies de inverno em na oferta de forragem de plantas naturais**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35, 1663 – 1668, 2000.

GATIBONI L.C., KAMINSKI, J. RHEINHEIMER D.S. E BRUNETTO G. **Superfosfato simples e fosfatos de rocha como fonte de P para capim-pastagem de trevo em uma calagem solo ácido do sul do Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 42, 1 – 12, 2003.

GILLER, K.; CADISCH, G. **Future benefits from biological nitrogen fixation: an ecological approach to agriculture.** Plant and Soil, v.174, p.255-277, 1995.

GOEDERT, W. J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo.** 1. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 422 p.

GODOY, R.; SANTOS, P. M. *Cajanus cajan*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras.** Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. p. 294-309.

GRANT, C.A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta.** Informações Agronômicas, Piracicaba, n.95, 2001.

HATFIELD, R. D.; JUNG, H. G.; RALPH, J.; BUXTON, D. R.; WEIMER, P. J. A comparison of the insoluble residues produced by the klason lignin and acid detergent lignin procedures. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, v. 65, n 1, p. 51-58, 1994.

HAWKESFORD, M. et al. **Functions of macronutrients.** In: MARSCHNER, P. (Ed.). *Mineral nutrition of higher plants.* New York: Elsevier, 2012. cap. 6, p. 135-189.

HENRY, A. et al. Responses to low phosphorus in high and low foliar anthocyanin coleus (*Solenostemon scutellarioides*) and maize (*Zea mays*). **Functional Plant Biology**, v.39, n.3, p.255-265, 2012.

HERNANDEZ, G. et al. **Phosphorus stress in common bean: root transcript and metabolic responses.** *Plant Physiology*, v.144, n.2, p. 752-767, 2007.

HOYOS, P.; LASCANO, C.E. **Calidad de *Brachiaria humidicola* en pastoreo en un ecosistema de bosque semi-siempre verde estacional.** *Pasturs Tropicales*, Cali, v.7, p.58-64, 1985.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia.** 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 21 março. 2019.

KROLOW, R. H.; MISTURA, C.; COELHO, R. W.; SIEWERDT, L.; ZONTA, E. P. **Efeito do fósforo e do potássio sobre o desenvolvimento e a nodulação de três leguminosas anuais de estação fria.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2224-2230, 2004.

KARIKARI, B.; ARKORFUL, E.; ADDY, S. Growth, nodulation and yield response of cowpea to phosphorus fertilizer application in Ghana. **Journal of Agronomy**, Faisalabad, v. 14, n. 4, p. 234-240. 2015.

KÖPPEN, W. **Grundriss der klimakunde.** Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 390 p

LAMB, G. C.; et al. **Effect of organic or inorganic trace mineral supplementation on follicular response, ovulation, and embryo production in superovulated Angus heifers.** Animal Reproduction Science, v.106, p.221-231, 2008.

LAMÔNICA, Kelly Ribeiro. **Benefícios da crotalária na nutrição e crescimento de mangueira, gravioleira e neem e nas alterações de características do solo em sistemas agroflorestais.** 2008.73 f. Tese (mestrado em produção vegetal)- Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos goytacazes – RJ, 2008.

LANA, M. A. **Uso de culturas de cobertura no manejo de comunidades de plantas espontâneas como estratégia agroecológica para o redesenho de agroecossistemas.** Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

LEAL, M. A. A., Guerra, J. G. M., Peixoto, R. T. G. e Almeida, D. L. **Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte.** Revista Ceres, 59, 386-391. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300014>. 2012.

LEANDRO, H.G.L.ASMUS. **Rotação e sucessão de culturas para o manejo do nematoide reniforme em área de produção de soja.** Ciência Rural, Santa Maria. 2014.

LEWIS, G. et al. **Legumes of the world.** Kew: Royal Botanic Gardens, 2005. 577p.

LOBO, D. M; SILVA, P. C. C.; COUTO, J. L.; SILVA, M. A. M.; SANTOS, A. R. **Características de deficiência nutricional do amendoim submetido à omissão de N, P, K.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 69-76, 2012.

LOVERA, B. T. F. **Estabelecimento do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) cv. Amarillo em associação com milho (*Zea mays*)**. 2003. 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Pastagem) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

MACEDO, M.C.M. **Pastagens no ecossistema Cerrados**: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 42., 2005, Goiânia. Anais...Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p. 56- 84.

MARCOLAN, Alaerto Luiz. **SUPRIMENTO E ABSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS SUBMETIDOS A DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO**. 2006. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Cap. 3.

MARTHA Jr., G.B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O.; BARIONI, L.G.; SOUSA, D.M.G. **Pecuária de corte no Cerrado**: uma visão conjuntural. In: MARTHA JR., G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. (Ed.) *Uso Eficiente de Fertilizantes em Pastagens no Cerrado*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006a.

MARTINS, D.; PITELLI, R. A. **Efeito da adubação fosfatada e da calagem nas relações de interferência entre plantas de soja e capim-marmelada**. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 331-347, 2000.

MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 2002. 889p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Academic. London. 1995. 889 pp.

MARTUSCELLO, J.A., Majerowicz, N., da Cunha, D.N.F.V., de Amorim, P.L., Braz, T.G.S., **Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação nitrogenada**. *Archivos de Zootecnia* [en linea] 2016, 65 (Diciembre-Sin mes) : [Fecha de consulta: 20 de abril de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49549091014>> ISSN 0004-0592.

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

MERTENS, D.R. **Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function.** Journal of Dairy Science, p. 64, p.1548-1558, 1987.

MENDES, F.F. **Controle genético da eficiência no uso de fósforo em milho tropical.** Lavras: UFLA, 2012. 134p.

MINHONI, M.T.A. et al. **Efeito de cinco tipos de matéria orgânica na solubilização microbiana de fosfato de rocha.** Revista Brasileira de Ciência do Solo v.15, p.29-35, 1991.

MONTENEGRO, J.; ABARCA, S. **Fijación de carbon, emisión de metano y óxido nítrico em sistemas de producción bovina em Costa Rica.** En. Intensificación de la ganadería em Centroamérica – beneficios económicos y ambientales. CATIE-FAO-SIDE. Editado por Nuestra Terra, 2000. 334p.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D.S.; SANTOS, M.V.F. **Degradação das pastagens e critérios para avaliação.** In: Peixoto, A.M.; Moura, J.C.; Faria, V.P. (eds.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11, Piracicaba, 1994.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. **Fósforo.** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B e NEVES, J.C.L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: SBCS, 2007.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. **Valor alimentício em plantas do gênero Cynodon.** In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998. p.296.

NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: Academic Press, 2001. 381p.

NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle.** 6.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1984. 90p.

OLIVEIRA, E.C.A. de; SILVA, G.P. da; OLIVEIRA, R.I. de; CUNHA FILHO, M.; LIRA JUNIOR, M.A.; FREIRE, F.J. Crescimento, produtividade e nível crítico de fósforo para o

quiabeiro em relação à adubação fosfatada. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.8, p.589-594, 2011.

OLIVEIRA, Patrícia Perondi Anção; MATTA, Frederico de Pina; GODOY, Rodolfo. **Consortiação com guandu na recuperação de pastagens degradadas, uma tecnologia de duplo propósito: adubação verde e pastejo consorciado diferido**. São Carlos: Embrapa, 2017. 6 p.

OLIVEIRA, I. P.; CASTRO, F. G. F.; MOREIRA, F. P.; PAIXÃO, V. V.; CUSTÓDIO, D. P.; SANTOS, R. S. M.; FARIA, C. D. Efeitos qualitativo e quantitativo da aplicação do zinco no capim Tanzânia-1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 20, n. 1, p. 43-48, 2001.

PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M.; ALVIM, M. J.; CARVALHO, M. M. **Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 3, p. 421-426, 2003.

PACHECO, Leandro Pereira et al. **Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária**. *Pesq. Agropec. Trop., Goiânia*, Goiânia, v. 45, n. 4, p.464-472, out/dez 2015. Mensal.

PALUDO, A.; SANTOS, N. F.; MOREIRA, T. S. O.; OLIVEIRA, W. L.; SILVA, M A. P. **Feijão guandu em três diferentes alturas de corte na alimentação de ruminantes**. *Nutritime*, 2012. v. 9, nº 5, p. 1981-1994.

PEREIRA, Lilian Elgalise Techio et al. **Recomendações para correção e adubação de pastagens tropicais**. 2018. Disponível em: <<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/download/251/223/1003-1?inline=1>>. Acesso em: 15 junho de 2018.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. 2. ed. Belo Horizonte: FAPI, 239 p. 2006.

PEREIRA, J.M. **Produção e persistência de leguminosas em pastagens tropicais**. In: A.R. Evangelista, E.C.J. Sales, G.R. Siqueira e J.A. Lima (eds). *Simpósio de Forragicultura e Pastagens: Temas em Evidências*. Anais do Simpósio de Forragicultura e Pastagens. UFLA/NEFOR. Lavras. p. 111-141, 2001.

PEREIRA, J.M. **Leguminosas forrageiras em sistemas de produção de ruminantes: Onde estamos ? Para onde vamos ?** In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 2002, p. 109-147,2002.

PEREIRA, J.M., J.R. SANTANA E C.P. REZENDE. Pastagem formada por capim-humidicola (brachiarias alternativas para aumentar o porte de nitrogênio em B. humidicola (Rendle) Schweickt). In: **Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 33. Anais da Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. SBZ. Fortaleza. p. 38-40, 1996.

PEREIRA, Lilian Elgalise Techio et al. **A dinâmica do crescimento de plantas forrageiras e o manejo das pastagens**. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (fzea) Universidade de São Paulo, 2016. 78 p.

PINHEIRO, Alyson Andrade *et al.* **Produção e valor nutritivo da forragem**, e desempenho de bovinos Nelore em pastagem de capim-Tanzânia adubado com nitrogênio ou consorciado com estilosantes Campo Grande.Londrina, julho/agosto 2014.

PEOPLES, M.B.; CRASWELL, E.T. **Biological nitrogen fixation**: investments, expectations and actual contributions to agriculture. Plant and Soil, v.141, n.1-2, p.13-40, 1992.

PIZARRO, E. A. **Novel grasses and legumes germplasm**: advances and perspectives for tropical zones. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, Piracicaba. Proceedings... Piracicaba, 2001. CDROM.

PROVAZI, M.; CAMARGO, L. H. G.; SANTOS, P. M.; GODOY M. **Descrição botânica de linhagens puras selecionadas de guandu**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 328-334, 2007.

PRIMAVESI, A. **Agricultura em Regiões Tropicais. Manejo Ecológico do Solo**. São Paulo: Nobel, 2002. p. 549.

QUEIROZ, G. R.; RIBEIRO, R. C. L.; FLAIBAN, K. K. M. C.; BRACARENSE, A. P. F. R. L.; LISBÔA, J. A. N. **Intoxicação espontânea por Crotalaria incana em bovinos no norte do estado do Paraná**. Semina: Ciências Agrárias, 2013. v. 34, nº 2, p. 823-832.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e necessidade de calcário e fertilizantes para o Estado de São Paulo**. O Agrônomo. Campinas, v. 37, n. 1, p. 13-21, 1985.

RAMOS, A. K. B.; KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P. de; BARCELLOS, A. de O.; VILELA, L. **Consortiação de gramíneas e leguminosas para a produção de bovinos**. In: OLIVEIRA, R. L.; FRANCO, G. L. ; BARBOSA, M. A. A. de F.; BARBOSA, A. M. M. A. F. (Orgs.) Congresso Brasileiro de Zootecnia - ZOOTEC, 2004, Brasília. Anais. Brasília: ABZ, AZOO-DF, UPIS, 2004.

RESENDE, A. V. de; NETO A. E. F. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do cerrado**. 1. ed. Planaltina: Serviço gráfico da EMBRAPA Cerrados, 2007. 32 p.

RIPLEY, B.S. et al. **Quantification of the photosynthetic performance of phosphorus-deficient *Sorghum* by means of chlorophyll-a fluorescence kinetics**. South African Journal of Science, v.100, n.11, p.615-618, 2004.

RODRIGUES, A. de A.; SANTOS, P. M.; GODOY, R.; NUSSIO, C. M. B. **Utilização de guandu na alimentação de novilhas leiteiras**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. (Circular Técnica n. 34, p. 8). Disponível em: . Acesso em: 12 dez. 2018.

RODRIGUEZ, N.M. **Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa.

SALGADO, A.L.B.; AZZINI, A.; FEITOSA, C.T; PETINELLI, A.; VEIGA, A.A. **Efeito da adubação NPK na cultura da Crotalária**. Bragantia, v.41, p.21-33, 1982.

SALGADO, A.L.B.; AZZINI, A.; FEITOSA, C.T; PETINELLI, A.; VEIGA, A.A. **Adubação NPK e calagem na produção de massa verde e sementes de Crotalária**. Bragantia, v.43, p.271-278, 1984.

SANCHEZ, C. A. **Phosphorus**. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. (eds). Handbook of plant nutrition. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007, p.51-90.

SANTANA, J.R., PEREIRA, J.M. E C P. REZENDE. **Avaliação da consorciação de *Brachiaria dictyoneura* Stapf. com *Arachis pintoi* Krapov e Gregory, sob pastejo**. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35. Anais... SBZ. Botucatu. p. 406-408, 1998.

SARMENTO, P.; CORSI, M.; CAMPOS, F. P. de. **Dinâmica do surgimento de brotos de alfafa em função de diferentes fontes de fósforo, da aplicação de gesso e do momento de calagem.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1103-1116, 2002.

SEIFFERT, N. F.; THIAGO, L. R. L. S. **Legumineira cultura forrageira para produção de proteína : guandu (Cajanus cajan).** EMBRAPA-CNPQC, 52p. 1983. (Circular Técnica 13).

SENGER, C.C.D.; SANCHEZ, L.M.B.; PIRES, M.B.G.; KAMINSKI, J. Teores minerais em pastagens do Rio Grande do Sul. I. **Cálcio, fósforo, magnésio e potássio.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 31, n. 12, p.897-904, dez. 1996.

SENGIK, E. S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas.** 2003. 22p. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf> . Acesso em: maio 2019.

(SIBCS), Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Os solos do Brasil.** 2006, Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>>. Acesso em: 02 jan 2019.

SILVA, C. **Potencial fisiológico de sementes de *Crotalaria juncea*** [Dissertação]. Jaboticabal, SP. Universidade Estadual Paulista, 48p. 2011.

SILVA, J.A.A., VITTI, G.C., STUCHI, E.S., SEMPIONATO, O.R. **Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja - 'Pêra'.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal, SP, 24 (1): 225-230,2002.

SILVA, J. S. et al. **Formononetin stimulates mycorrhizal fungi colonization on the surface of active root nodules in soybean.** Symbiosis, Maharashtra, v. 71, n. 1, p. 27-34, 2017.

SILVA, JTA; SIMAO, FR; ALVES, JJM. 2015. **Desenvolvimento vegetativo e produção de *Jatropha* em resposta à fertilização de fósforo.** Revista Ceres 62: 319-322. 2009.

SILVA, M. A.; NÓBREGA, J. C. A.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; MARQUES, J. J. G. S. M.; MOTTA, P. E. F. **Frações de fósforo em Latossolos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 10, p. 1197-1207, 2003.

SILVA, Alzira Gabriela da; FRANÇA, Aldi Fernandes de Souza. **FONTES DE FOSFÓRO NA PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE CULTIVARES DE MILHETO FORRAGEIRO**. 2010. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. Cap. 5.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. **Acumulação de nutrientes no limbo foliar de guandu e estilosantes**. Pesquisa Agropecuária Tropical, 2005. v. 35, p. 133-138.

SOUTO, J. S.; OLIVEIRA, F. T.; GOMES, M. M. S.; NASCIMENTO, J. P.; SOUTO, P. C. **Efeito da aplicação de fósforo no desenvolvimento de planta de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp)**. Revista verde, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 135-140, 2009.

SOUZA, C.M. DE., PIRES, F.R. **Adubação verde e rotação de culturas** (caderno didático), Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 72p, 2002.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 416 p.

SOUZA, J. T. A.; FERREIRA, R. C. C.; LIMA, E. B.; CAMPOS, W. D. B.; SILVA, A. B. C.; OLIVEIRA, S. J. C. 12002 - **Feijão de Boi: Opção de Feno Agroecológico**. Cadernos de Agroecologia, 2011. v. 6, nº 2, dez. 2011.

SOUZA, C. C. et al. **Avaliação de métodos de determinação de água disponível em solo cultivado com algodão**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 3, p. 337-341, 2000.

SOUZA, C. C. et al. **Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro herbáceo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 125-130, 1999.

SOUZA, C.C. de. **Avaliação de métodos de determinação de água disponível em diferentes solos na cultura do algodoeiro herbáceo**. Areia: UFPB/CCA, 1999, 84p il. Dissertação Mestrado

SOUZA, L. D.; REICHARDT, K. **Estimativas da capacidade de campo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 183-189, 1996.

SCHIPPERS, RR. Vegetais indígenas africanos. **Uma visão geral das espécies cultivadas**. Natural Resources Institute / Centro Técnico ACP-UE para a Cooperação Agrícola e Rural, Chatham, Reino Unido. 214 pp,2000.

SCHONINGER, Evandro Luiz, Colpo Gatiboni, Luciano, Roberto Ernani, Paulo, **Fertilização com fosfato natural e cinética de absorção de fósforo de soja e plantas de cobertura do cerrado**. Semina: Ciências Agrárias, 2013.

SCHULTZ, A. R. **Estudo prático da botânica geral**. 3. ed. Porto Alegre. Globo, 1968. 230 p.

SHARMA, S. B. et al. **Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils**. SpringerPlus, London, v. 2, n. 1, p. 1-14, 2013.

SKONIESKI, F. R.; VIEGAS, J.; BERMUDEZ, R. F.; NORBERG, J. L.; ZIECH, M. F.; COSTA, O. A. D.; MEINERZ, G. R. **Composição botânica e estrutural e valor nutricional de pastagens de azevém consorciadas**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, n.3, p.550-556, 2011.

TEIXEIRA, R. S. et al. Organic acid coated-slow-release phosphorus fertilizers improve P availability and maize growth in a tropical soil. **Journal of soil science and plant nutrition**, Temuco, v. 16, n. 4, p. 1097-1112, 2016.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 635-643. 2011.

TOEBE, Marcos et al. **Dimensionamento amostral e associação linear entre caracteres de *Crotalaria spectabilis***. *Bragantia* [online]. 2017, vol.76, n.1 [citado 2019-06-10], pp.45-53.

Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000687052017000100045&lng=pt&nrm=iso>. Epub 12-Jan-2017. ISSN 0006-8705. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.653>.

TRINDADE, R. S. **Diversidade de caracteres radiculares em feijoeiro em dois estádios de crescimento**. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Rio de Janeiro, 2007.

UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; CRAVO, M. S.; SILVA, A. J.; MELO, V. F.; FERREIRA, G. B.; FERREIRA, M. M. M. Fertilidade do solo. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. p. 131-183.

VALADÃO JÚNIOR, D. D. et al. **Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia**. Scientia Agraria, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 369-375, 2008.

VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. **Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE, SINLEITE, 2., 2001, Lavras. Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p.228-243.

VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. **Níveis de proteína em dietas de bovinos**. 1. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais. Revista Brasileira de Zootecnia, v.26, n.6, p.1252-1258, 1997.

VAN SOEST, P; Wine, R.H. (1968). **Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forages**. J. Assoc. Official Agr. Chem., Madison, 51:p.780-785.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p. 1994.

VILELA, L.; MARTHA Jr., G.B.; BARIONI, L.G.; BARCELLOS, A.O.; ANDRADE, R.P. **Pasture degradation and long-term sustainability of beef cattle systems in the Brazilian Cerrado**. "Discussion draft presented at the Symposium Cerrado Land-Use and Conservation: Assessing Trade-Offs Between Human and Ecological Needs. XIX Annual Meeting of the Society for Conservation Biology Conservation Biology Capacity Building & Practice in a Globalized World, Brasília, Brazil. 15-19 July 2002.

WAGHORN, G.C.; McNABB, W.C. **Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants with gastrointestinal nematodes**. Veterinary Parasitology, v.127, 277–283, 2003.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, Â. M. V.; VÉRAS, A. S. C.; BISPO, S. V.; SILVA, F. M.; SANTOS, V. L. F. **Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira.** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 2012. v. 13, nº 2, p. 444-456.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens.** 2. ed. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p.

WHOTMAN, P.C. **The role of the legiime in tropica!** pasture production In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE GANADERIA TROPICAL. Acapulco, 1976. Memoria del. . . Mexico. Secretaria de Agricultura y Ganaderia. 1994. p. 37.50.

WUTKE, E.B. **Adubação Verde**, manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WRITKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. Curso de adubação verde no Instituto Agrônômico. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.17-29.

YADVINDER-SINGH, BIJAY-SINGH, KHIND, CS. **Transformações de nutrientes em solos alterados com adubos verdes.** Adv. Soil Sci. 20, 237-309,1992.

ZANINE, A.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, R.M.S.; Pena, C.K.; DA SILVA, S.C.; SBRISSIA, A. F. Características estruturais e acúmulo de forragem em capim-tanzânia sob pastejo rotativo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.12, 2011.

ZANINE, Anderson de Moura; Nascimento Júnior, Domicio do ; SILVA, Wilton Ladeira da ;Sousa, Bráulio Maia de Lana ; FERREIRA, D. J. ; SILVEIRA, Marcia Cristina Teixeira da ; Parente, H. N. ; SANTOS, Manoel Eduardo Rozalino . MORPHOGENETIC AND STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF GUINEA GRASS PASTURES UNDER ROTATIONAL STOCKING STRATEGIES. Experimental Agriculture (Print), p. 1-14, 2016.

ZANINE, Anderson de Moura; FERREIRA, Daniele Jesus. Animal Manure as a Nitrogen Source to Grass. American Journal of Plant Sciences, v. 06, p. 899-910, 2015.

ZUCARELLI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; OLIVEIRA, M. A.; CAVARIANI, C.; NAKGAWA, J. **Crescimento do feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã em função da adubação fosfatada**. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 11, n. 3, p. 213-221, 2012.