



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
MESTRADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA**

JOHN LENON VASCONCELOS FONTELES

**DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO DO MILHETO EM
AMBIENTE SEMIÁRIDO.**

MOSSORÓ - RN

2018

JOHN LENON VASCONCELOS FONTELES

**DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO DO MILHETO EM
AMBIENTE SEMIÁRIDO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Manejo do Solo e Água, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre.

Linha de Pesquisa: Manejo do Solo e da Água no Ambiente Agrícola

Orientador: Prof. D. Sc. Marcelo Tavares Gurgel.

MOSSORÓ - RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

f682d fonteles, john lenon vasconcelos.
Doses de Adubação Nitrogenada no Cultivo do
Milheto em Ambiente Semiárido / john lenon
vasconcelos fonteles. - 2018.
37 f. : il.

Orientador: MARCELO TAVARES GURGEL.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2018.

1. Nitrogênio. 2. Acúmulo de Nutrientes. 3.
Oeste potiguar. I. GURGEL, MARCELO TAVARES ,
orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOHN LENON VASCONCELOS FONTELES

**DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO DO MILHETO EM
AMBIENTE SEMIÁRIDO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Manejo do Solo e Água, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre.

Linha de Pesquisa: Manejo do Solo e da Água no Ambiente Agrícola

Orientador: Prof. D. Sc. Marcelo Tavares Gurgel.

DATA DA DEFESA: 30/05/2018

BANCA EXAMINADORA

Marcelo Tavares Gurgel

Marcelo Tavares Gurgel, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Nildo da Silva Dias

Nildo da Silva Dias, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro examinador

Karidja Kalliany Carlos de Freitas Moura

Karidja Kalliany Carlos de Freitas Moura, Prof. Dra. (FVJ)
Membro examinador

DEDICO

A minha esposa Uri Fonteles, pela força, amor e persistência que transmite na sua forma de ser, pelo companheirismo, apoio e compreensão.

O não você já tem, então só lhe resta buscar pelo sim, porque sempre vale a pena tentar algo, mesmo que se tenha 99% de chances negativas.

Gustavo Zanatta Bruno

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por ter me abençoado e guiado ao caminho certo, me ajudando a superar as dificuldades durante o percurso.

Aos meus pais, que mesmo longe, nunca me abandonaram e nem mediram esforços para que eu pudesse chegar até aqui. Amo vocês.

A minha mãe, Rejania, que abdicou de muita coisa na sua vida, tornando possível a realização desse sonho, sem você nada disso seria possível!

A toda a minha família, em especial minha vó Maria Félix, pelos conselhos, acolhimento e apoio nessa jornada.

Aos meus irmãos/amigos Lucas, Jader, Rodolfo, Rayr, Eduardo, Bruno, Mateus, Neto, Ícaro, Bruna e Fiama que me acompanharam durante toda a minha vida acadêmica.

A minha esposa Uri, melhor amiga e companheira, por toda ajuda, amor, paciência e solidariedade inefável. Ajudando-me na realização desse trabalho.

Ao meu orientador Prof.º Marcelo Tavares por ter me orientado, pela oportunidade e confiança em mim depositada, mesmo com todos os contratempos. Por todos os ensinamentos, apoio e paciência, não medindo esforços para que tudo desse certo.

Em especial a minha “eterna orientadora-mãe”, Karidja pelos ensinamentos e ajuda, sempre colaborando com meus projetos profissionais e pessoais.

A todos os professores e demais colaboradores que de forma direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

RESUMO

ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO DO MILHETO EM AMBIENTE PROTEGIDO NO SEMIÁRIDO.

Devido a rusticidade e multifuncionalidades do milheto, esta cultura adapta muito bem às condições climáticas semiáridas e, ainda, exige pouco investimento econômico, associando o seu potencial produtivo à adubação nitrogenada. Objetivou-se analisar o crescimento, a produção, e a composição mineral do tecido vegetal de plantas de milheto (*Pennisetum glaucum* cv. BRS 1501) sob doses de nitrogênio. O trabalho foi conduzido em vasos preenchidos com material de solo Latossolo Vermelho Distrófico Argissólico sob condições de ambiente protegido. O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x4 e cinco repetições. O fator principal foi composto por cinco doses de nitrogênio (sem adubação nitrogenada – testemunha, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹), enquanto o segundo fator se referiu às épocas de avaliação aos 21, 42, 63 e 78 Dias Após a Semeadura - DAS. As variáveis analisadas foram de crescimento das plantas (Altura, Diâmetro da haste, Número de folhas e Área Foliar); Acúmulo de nutrientes e Produção e qualidade da forragem (Matéria seca da parte aérea, Relação Folha/Colmo e Matéria Seca). Verificou-se interação das doses de N e épocas de retirada, para as variáveis vegetativas de crescimento, somente a altura da planta teve decréscimo nos valores com o aumento das doses de N. Há interação das doses de N com as épocas de avaliação, exceto para os teores de Ca. Somente o N teve acréscimo com o aumento da dose de N, com máximo de 53,84 g kg⁻¹. Os demais nutrientes tiveram comportamento linear decrescente. As variáveis de produção das frações folha e colmo e relação folha/colmo tiveram comportamento quadrático para a interação do aumento de doses de N com as diferentes épocas. A maior produção de matéria seca do milheto foi constatada na dose 270,94 kg de N ha⁻¹, obtendo o valor de 1893,46 kg ha⁻¹ aos 78 DAS. A adubação nitrogenada influencia positivamente a produção do milheto, sendo recomendada a dose de 271 Kg ha⁻¹ de N e corte das plantas aos 63 DAS para o semiárido.

Palavras-chaves: Nitrogênio; Acúmulo de Nutrientes; Oeste potiguar.

ABSTRACT

NITROGEN FERTILIZATION OF MILHETO PLANTS UNDER greenhouse CONDITION SEMIARID ZONE.

Due rusticity and multifunctionality of millet plants, this culture adapts very well to semi-arid zone conditions and still requires little economic investment, associating its yields potential with nitrogen fertilization. The aimed was to analyze the growth, yield and of tissue mineral composition of millet (*Pennisetum glaucum* cv. BRS 1501) plant (Nome scientific + cultivar) in different nitrogen doses under greenhouse conditions. The experimental design was a completely randomized 5x4 factorial design and five replications. The main factor was composed of five nitrogen doses (without nitrogen fertilization - 100, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹), while the second factor referred to the evaluation periods at 21, 42, 63 and 78 Days After the Sowing - DAS. The variables analyzed were plant growth (height, stem diameter, number of leaves and leaf area); Nutrient accumulation and forage yield and quality (Dry matter of shoot, leaf / stem ratio and dry matter). There was interaction of the N doses and withdrawal times for the vegetative growth variables, only the height of the plant had a decrease in the values with the increase of the doses of N. There were interaction of the N doses with the evaluation periods, except for the contents of Ca. Only N increased with the increase of the dose of N, with a maximum of 53.84 g kg⁻¹. The other nutrients had linear decreasing behavior. The variables of leaf and stem fractions and leaf / stem ratio had a quadratic behavior for the interaction of the increase of N doses with the different seasons. The highest millet dry matter yield was observed at the dose 270.94 kg of N ha⁻¹, obtaining the value of 1893, 46 kg ha⁻¹ at 78 DAS. Nitrogen fertilization positively influences the production of millet, with a recommended dose of 271 kg ha⁻¹ of N and cut of the plants at 63 DAS for the semi-arid region

Keywords: Nitrogen; nutrient accumulation; West Potiguar.

LISTA DE ABREVIATURAS

Cd- Cádmio

Cu- Cobre

Fe- Ferro

LASAP- Laboratório de Solo, Água e Planta

K- Potássio

Mn- Manganês

MS- Matéria Seca

MSF- Matéria Seca da Folha

MSC- Matéria Seca do Colmo

MSMM- Matéria Seca do Material Morto

N- Nitrogênio

NE- Nordeste

Ni- Níquel

P- Fósforo

Pb- Chumbo

UFERSA- Universidade Federal Rural do Semi-árido

Zn- Zinco

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no experimento.....	20
Tabela 2. Precipitação pluviométrica, temperatura média, umidade relativa e velocidade do vento no período do experimento.....	25
Tabela 3 Análise de variância para altura de planta, diâmetro do colmo, nº de folhas e área foliar em função das doses de N em épocas diferentes no milho.	25
Tabela 4 Análise de variância para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em função das doses de N em épocas diferentes no milho.	27
Tabela 5 Análise de variância para os pesos de Produção de matéria seca (PMS), Matéria seca da folha (MSF), Matéria seca do colmo (MSC), Matéria seca do material morto (MSMM) e a Relação Folha/Colmo (F/C) em função das doses de N em épocas diferentes no milho.	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema da distribuição dos tratamentos do experimento no ambiente protegido.	21
Figura 2 - Medição do diâmetro da haste das plantas.	23
Figura 3- Análises laboratoriais dos nutrientes das plantas de milho.....	24
Figura 4- Altura da planta em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.	26
Figura 5- Diâmetro do colmo (A), número de folhas (B) e área foliar (C) em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.....	27
Figura 6- Teor de N na planta em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.	28
Figura 7- Teores de P, K e Mg na planta em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.	29

SUMÁRIO

<u>CAPA</u>	1
<u>RESUMO</u>	8
<u>1. INTRODUÇÃO</u>	14
<u>2. REVISÃO DE LITERATURA</u>	15
<u>2.2 Cultivo do milheto em condições semiáridas</u>	16
<u>2.3 Importância da adubação nitrogenada</u>	17
<u>2.4 Acúmulo de nutrientes em espécies forrageiras</u>	19
<u>3. MATERIAL E MÉTODOS</u>	20
<u>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	24
<u>4.1 Crescimento da planta</u>	24
<u>4.2 Acúmulo de nutrientes</u>	27
<u>4.3 Produção e qualidade da forragem</u>	30
<u>5. CONCLUSÕES</u>	34
<u>6. LITERATURA CITADA</u>	35

1 INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro abrange uma área de 969.589,4 km, correspondendo a quase 60% do Nordeste Brasileiro (BRASIL, 2005). Essa região apresenta um histórico de secas cíclicas que, prejudica as atividades agropecuária com perdas significativa de animais e lavouras, agravando os problemas sociais, ambientais e econômicos (Silva, 2018).

A exploração de plantas adaptadas aos fatores limitantes das condições climáticas do semiárido é imprescindível para a obtenção de bons resultados econômicos. Deste modo, o milho pode ser a alternativa para reduzir os efeitos da falta de água, já que apresenta tolerância ao déficit hídrico e alta capacidade de extração de nutrientes em função do seu sistema radicular profundo, possibilitando ser cultivado com diversas finalidades nos sistemas de produção (Pereira Filho et al., 2010).

A cultura apresenta elevado retorno de produção em solos mais férteis ou adubados, mas é habituada a fertilidade baixa dos solos, isto é, consegue produção razoável até em solos pobres e baixa pluviosidade (Gomes et al, 2008).

Segundo Costa et al. (2011) o milho aos 35 dias após a semeadura pode atingir rendimento médio ente 7 a 10 t ha⁻¹ de massa de matéria seca, dependendo da cultivar, situações climáticas e fertilidade do solo, consegue alcançar até 20 t ha⁻¹ de matéria seca. Em conformidade com o elevado potencial produtivo da espécie, existe ainda a grande exigência por nitrogênio, nutriente do qual, na maioria das vezes, o solo possui pouca disponibilidade.

Um dos empecilhos para o crescimento do cultivo de milho é deficiência de informações técnicas para as condições semiáridas do NE, principalmente relacionados a demanda hídrica e nutricionais da cultura.

Ramos et al. (2013) descrevem o N como sendo o nutriente mineral mais importante quantitativamente para o crescimento da planta, e a forma de fertilizantes nitrogenados usados na adubação pode influenciar o balanço entre cátions e ânions nas plantas, onde a fonte e o parcelamento das doses de nitrogênio na adubação são aspectos importantes do manejo, visando, principalmente, minimizar as perdas por volatilização, desnitrificação e por lixiviação, aumentando assim a assimilação do nitrogênio pela planta. A utilização do nitrogênio na pastagem, além de propiciar maior rendimento, possibilita a uniformização da forragem e um ciclo de produção maior, sendo o responsável pelas características de tamanho de folha e colmo, e aparecimento dos perfilhos (Simili et al., 2010).

Diante do exposto, o objetivou-se analisar o crescimento, a produção e a composição mineral do milho sob doses crescentes de nitrogênio nas fases de crescimento vegetativo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do milheto

2.1.1 Aspectos gerais

O milheto [*Pennisetum glaucum* (L.)] tornou-se domesticado no sul do Sahara Central, há mais de 4000-5000 anos atrás, espalhando-se nas regiões semiáridas tropicais da África (Kumar & Niomey, 1989), já na Índia a partir de 2.000 a.C., passou por alterações genotípicas que os tornou diferentes dos originais africanos.

De acordo com Garcia & Duarte (2010), no Brasil, as primeiras informações da planta foram do Rio Grande do Sul no ano de 1929, onde a própria foi usada no pastoreio de gado, grãos para silagem, forrageira conservada na pecuária de corte e leite e ainda para revestimento do solo em sistema de plantio direto. A utilização da cultura se tornou destaque na região do Cerrado, sendo cultivado em media 4 milhões de hectares (Garcia & Duarte, 2010).

O milheto é do gênero *Pennisetum* comporta mais de 140 espécies. A denominação científica mais adequada para o milheto é *Pennisetum glaucum* L. sendo a espécie frequentemente plantada no Brasil, por conter propriedades agronômicas satisfatórias quando se trata de tolerância ao déficit hídrico, crescimento rápido e ótima produção de massa verde e de grãos (Durães et al, 2003).

O milheto possui ciclo vegetativo anual, de porte ereto, podendo atingir 1 a 3 m de altura. As folhas podem medir de 0,2 a 1 m de comprimento e de 5 a 10 mm de largura. A panícula possui de 0,1 a 0,5 m de comprimento e 0,5 a 4 cm de diâmetro. Dispõe de boa tolerância à seca, doenças e baixos níveis de fertilidade do solo, de desenvolvimento acelerado e boa produção de massa e grãos, sendo interessante como alimento humano (grãos) e animal (grãos e forragens) (Peske & Novembre, 2011).

Como fins para forrageira, a cultura demanda de poucos insumos, e como já foi destacado anteriormente dispõe de uma boa adaptação, sendo cultivada em solos arenosos, argilo-arenosos (francos) bem drenados e de baixa fertilidade. O fato de possuir o sistema radicular vigoroso e profundo é que se dá a habilidade da planta em extrair nutrientes e água. Streit (2009) também ressalta a ótima adaptação da cultura do milheto em pouca fertilidade, especialmente em baixos níveis de fósforo, níveis moderados à altos de alumínio tóxico e deficiência de molibdênio e elevadas temperaturas.

2.1.2 Cultivo do milho em condições semiáridas

A vegetação que mais predomina na região semiárida nordestina é a Caatinga, dispondo de uma abundante diversidade de espécies vegetais e animais, com vasta área para ser explorada. Entretanto, no semiárido brasileiro, a produção agrícola se caracteriza pela agricultura de sequeiro e pela pecuária extensiva, condições pelas quais dificultam o progresso da região (Alves et al, 2014).

Apesar de os sistemas de criação no semiárido ser baseado sobretudo nas pastagens nativas, o pasto nativo demonstra limitações tanto quantitativa como qualitativa, estando totalmente ligado ao período de escassez de águas, deste modo, se faz necessário a inserção de plantas forrageiras exóticas para a formação de pastagens cultivadas (Alves et al, 2014).

Assim sendo, o milho se torna uma possibilidade para a produção de forragem no semiárido, por ser uma gramínea de origem tropical, com instalação e manejo simplificados, ciclo curto, alto valor nutritivo com adaptação a diferentes condições de clima e solo, com ótima capacidade de rebrota, e como já foi mencionado anteriormente, apresenta persistência a altas temperaturas e períodos de déficit hídrico (Pinho et al., 2013).

Para Junior et al. (2015), o fato do milho ser uma gramínea de origem africana com adaptações para o semiárido com predisposição à desertificação, possui elevada eficiência de uso de água (dispondo de mecanismos de resistência/tolerância à seca) utiliza 70% da água consumida pelo milho para produzir a mesma quantidade de matéria seca, usando 85% do seu valor energético. O sucesso da adaptação do milho no Brasil, dentre todas as suas qualidades, se deu de fato pela sua elevada resistência à seca, qualidade também apreciada pelas regiões semiáridas do Nordeste, além de ser excelente forrageira, apresentando-se como alternativa valiosa na integração agricultura-pecuária, sendo palatável, e com bom valor nutricional (Costa et al., 2010).

A cultura do milho se tornou um cereal importante para a subsistência humana em regiões marginais e áridas da África e Ásia, atingindo patamares mundiais com excelência na produção de grãos, tudo em virtude da sua qualidade anatômica e de resistência à água e nutrientes (Vital et al., 2015).

Singh e colaboradores (1983) relata que o milho é visto como um dos cereais de maior resistência à seca, entretanto os estudos a esse respeito, e o conhecimento de suas respostas fisiológicas ao estresse hídrico, ainda são insatisfatórios. Contudo, os poucos resultados que existem na literatura mostram as diferenças fisiológicas entre genótipos sob estresse hídrico, e mesmo que alguns deles pareçam conflitantes, merecem estudos.

Segundo Bonamigo (1999), pelo fato de ser uma gramínea de verão, a cultura pode ter o seu cultivo em locais onde o índice pluviométrico não ultrapassa os 400 mm anuais. Para Cruscioul et al. (2009) o milho cultivado em solos com baixa fertilidade e pouca umidade, tem apresentado grande produção de fitomassa quando comparada à algumas culturas de cobertura.

De acordo com Santos e colaboradores (2001) a região nordeste do Brasil é capaz de ser um nicho de grande importância para o milho, haja vista que mais de 60% da sua área é concentrada na região semiárida, que visa à produção de grãos e forragem.

O milho pode colaborar de fato para propiciar a sustentabilidade dos cultivos em condições de semiárido nordestino, e tem como vantagem o duplo propósito, grãos e palhada, e ainda, do corte da forragem na produção de sementes de forrageiras, assegurar a vantagem da utilização da matéria seca que se produziu para alimentação de ruminantes e também reduz o acamamento da cultura (Priesnitz, 2011).

2.2 Adubação nitrogenada no rendimento de espécies forrageiras

O Nitrogênio (N) é constituinte de vários compostos em plantas, destacando-se os aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila. Assim, as principais reações bioquímicas em plantas e microrganismos envolvem a presença do N, o que o torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades por plantas cultivadas, e a baixa concentração no tecido foliar ou a sua falta vai induzir ao amarelecimento das folhas mais velhas que são as características de indícios de deficiência (FAQUIN, 2005).

A necessidade de N das culturas é definida pela espécie em questão, pela sua produtividade de matéria seca, pelo seu potencial de exploração do solo, pela competição com ervas daninhas, entre outros fatores (Wendling, 2005). Sendo o N um dos maiores fatores que limitam o crescimento das plantas, porém demonstram diversos mecanismos para máxima eficiência de aproveitamento dos nutrientes, com sistemas complexos de absorção, assimilação e mobilização que impossibilitam a perda do próprio nitrogênio.

Segundo Andreucci (2007), o N é um dos elementos mais exigidos e fornecidos em sistemas agrícolas. O manejo de adubações nitrogenadas é um dos mais complexos, devido a fatores relacionados ao custo dos fertilizantes nitrogenados – decorrente de problemas na eficiência de algumas fontes e da grande quantidade de energia demandada para a sua obtenção. Pressupostos indicam que os fertilizantes nitrogenados são encarregados de 80% dos custos com fertilizantes e 30% de toda energia utilizada na produção agrícola (Stangel,

1984).

O uso da adubação nitrogenada é uma estratégia recomendável para aumentar a densidade da forragem e, sobretudo, a produção de folhas no perfil da pastagem (Corsi, 1986). O N tem efeito pronunciado sobre a taxa de aparecimento e alongação de folhas nas gramíneas (Mazzanti et al., 1994). Ao acelerar a taxa de crescimento, independente da altura da pastagem em oferta, o N poderá aumentar o consumo, simplesmente por elevar a produção de matéria seca dentro das camadas verticais da pastagem.

As respostas ao nitrogênio são intrínsecas da forrageira, uma vez que, a produtividade, o valor nutritivo e a persistência são características específicas de cada espécie, sendo, por consequência, traços dependentes da constituição genética, das situações climáticas e edáficas e do tipo de manejo que será utilizado (Carvalho & Saraiva, 1987).

O N é muitas vezes citado como nutriente mais limitante a produção de sementes de gramíneas. Seu efeito principal se manifesta no desenvolvimento radicular, número de panículas por plantas e na transformação dos perfilhos vegetativos em reprodutivos (Abrantes, 2010). Mas segundo Humphreys & Riveros (1986) a aplicação de N aumenta o rendimento de sementes até certo ponto. No momento em que são feitas aplicações elevadas deste elemento, resultados danosos no rendimento podem acontecerem em decorrência do desbalanço de outros nutrientes, estresse ambiental (seca e geada) e dificuldades em recuperar sementes, em função do acamamento de plantas.

De acordo com Fagundes et al. (1985) o fornecimento de N em quantidades adequadas ao longo do período de desenvolvimento das plantas forrageiras, exerce papel fundamental no crescimento das pastagens, devido o N proveniente da mineralização da matéria orgânica não suprir a necessidade de forrageiras de elevada produtividade.

No milho o N é o fator limitante a produção de forragem, dentro de certos limites, sendo incorporado ao solo provoca aumentos de matéria seca e teor de proteína bruta de todas as frações da planta (Hart & Burton, 1965). Sendo comprovado por um experimento realizado com a cultivar Gahi-1 de milho, resultando uma resposta linear em produção de matéria seca para níveis de 0 a 600 kg ha⁻¹ de N. Segundo Heringer & Moojen (2002), que testaram doses de 0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹ de N na cultura do milho, viram que os níveis crescentes de adubação nitrogenada aumentaram os teores de proteína bruta.

A fertilização nitrogenada no milho altera a produção e a composição química da matéria seca (Silva et al., 2012), dependendo de alguns fatores, como: a época de semeadura, altura de corte, variações de cada cultivar, variações dos fatores climáticos, o conhecimento das exigências térmicas e etc. É necessário o conhecimento desses fatores desde a semeadura

à colheita para o sucesso da cultura (Gadioli et al., 2000).

2.4 Acúmulo de nutrientes em espécies forrageiras

A condição nutricional das plantas forrageiras varia dependente de diversos fatores, entre eles, o tipo de adubação utilizada e a fertilidade do solo. Assim sendo, o suprimento de valores ideais de nutrientes pode aumentar a qualidade nutricional da forragem. (Batista, 2012).

O solo é quem fornece a maior parte dos nutrientes para as plantas, desempenhando papel importante no crescimento, produção e concentração de nutrientes nos tecidos das plantas, e a pouca fertilidade dos solos pode comprometer tais fatores (Silveira, 2005).

As quantidades totais de nutrientes absorvidos é que vão delimitar as deficiências nutricionais ou não das plantas, e o seu total conhecimento é que vão permitir o suprimento ideal. Assim sendo, a quantidade de nutrientes disponíveis deve estar em sincronia com a exigência da cultura devendo também estar em acordo com a intensão de exploração, grãos ou forragem; os padrões de absorção e o acúmulo dos nutrientes (Coelho, 2009).

A exigência nutricional e a resposta à fertilização das culturas é que vão dizer qual adubação que será usada, devendo-se conhecer o acúmulo de nutrientes durante as diversas fases de desenvolvimento da planta, e ainda as épocas em que os elementos são exigidos em grandes concentrações. Tais informações associadas a capacidade de perdas por lixiviação de nutrientes nos diversos solos são fatos de grande importância que devem ser levadas em consideração na hora de parcelar os fertilizantes que serão utilizados, como os nitrogenados e potássicos (Coelho, 2009).

O milho se distingue no acúmulo de nutrientes e produção de fitomassa num pequeno espaço de tempo, se comparada com outras gramíneas, apresentando maior acúmulo de macro (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Zn, Cu, Mn e Fe) (Teixeira, 2009)

Teixeira e colaboradores (2011) relatam que após a colheita da parte aérea da forrageira, ocorre a decomposição do Sistema radicular e conseqüente incorporação de carbono em profundidade, sendo quantificadas as composições de matéria seca de 9,65 t ha⁻¹ no auge do florescimento e 14,18 t ha⁻¹ aos 100 e 2,91 t ha⁻¹ aos 119 dias após a semeadura com acúmulo de nutrientes variando de 49 a 64 kg ha⁻¹ de N; 7 a 25 kg ha⁻¹ para o P; 21 a 166 kg ha⁻¹ para o K; 11 a 106 kg ha⁻¹ para Ca; 5 a 54 kg ha⁻¹ para Mg, sendo observado ainda após 160 dias de avaliações uma mineralização de 96,8 para N; 93,6 para P; 95,8 para K; 96,9 Ca; e 90,0% para Mg.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

Este trabalho foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) no período de 25 de julho a 10 de outubro de 2017, em Mossoró, RN.

O experimento foi alocado em um ambiente protegido com cobertura em arco, com 6,4 m de largura, 18 m de comprimento e pé direito de 3,0 m, coberta e protegida nas laterais com malha negra 50 %.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw^h, isto é, semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4°C, com precipitação pluviométrica anual muito irregular e com umidade relativa média do ar de 68,9% (Carmo Filho & Oliveira, 1995).

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x4 e cinco repetições, sendo cada repetição constituída por seis vasos, e cada vaso com duas plantas. O primeiro fator foi composto por cinco doses de nitrogênio, enquanto o segundo fator se referiu às épocas de avaliação.

O solo escolhido para a execução do experimento foi o Latossolo Vermelho Distrófico Argissólico por ser um solo representativo da região, e muito utilizado no cultivo de forrageiras (Rêgo et al., 2016) na camada de 0-20 cm, proveniente da fazenda experimental Rafael Fernandes, localizada no distrito de Alagoinha no município de Mossoró-RN. Na Tabela 1 encontram-se a análise química do substrato, que foi realizada no Laboratório de Solo, Água e Planta (LASAP) da UFERSA, seguindo os métodos do manual de análises de solo, plantas e fertilizantes da Embrapa (Silva, 2009).

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no experimento.

pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	T	P	V	M	Fe ₂ O ₃
3.5	Cmol kg ⁻¹						mg kg ⁻¹	%		g kg ⁻¹
	0,1	3,8	0,1	0,8	5,4	9,2	2,5	42	17	22,9

Unidade cmol kg⁻¹: K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺. Al³⁺, H+Al, T; Unidade mg kg⁻¹: P; Unidade %: V e m; Unidade g kg⁻¹: F₂O₃

Para as doses de nitrogênio utilizou-se ureia (46% N), sendo: T₁= sem adubação nitrogenada (Testemunha); T₂ = 100, T₃ = 200, T₄ = 300 T₅ = 400 kg ha⁻¹. As doses de N foram aplicadas a 14 dias, totalizando 5 aplicações ao longo do ciclo da cultura (Heringer & Moojen, 2002). Antes do início do plantio foi aplicado uma dose única de 26 kg ha⁻¹ na forma de Superfosfato triplo. Já as dosagens de potássio foi parceladas em 2 aplicações, sendo a primeira aos 21 e a segunda aos 35 dias após a semeadura, totalizando 33 kg ha⁻¹ de K.

As quatro épocas de avaliação foram realizadas aos 21, 42, 63 e 78 dias após a semeadura (DAS), no entanto a última coleta foi realizada no intervalo 15 dias após a terceira coleta, pois já era possível observar diferença entre os tratamentos.

Na Figura 1, encontram-se representado o croqui da disposição dos tratamentos em campo, bem como um esquema da vista superior da área experimental em estudo.

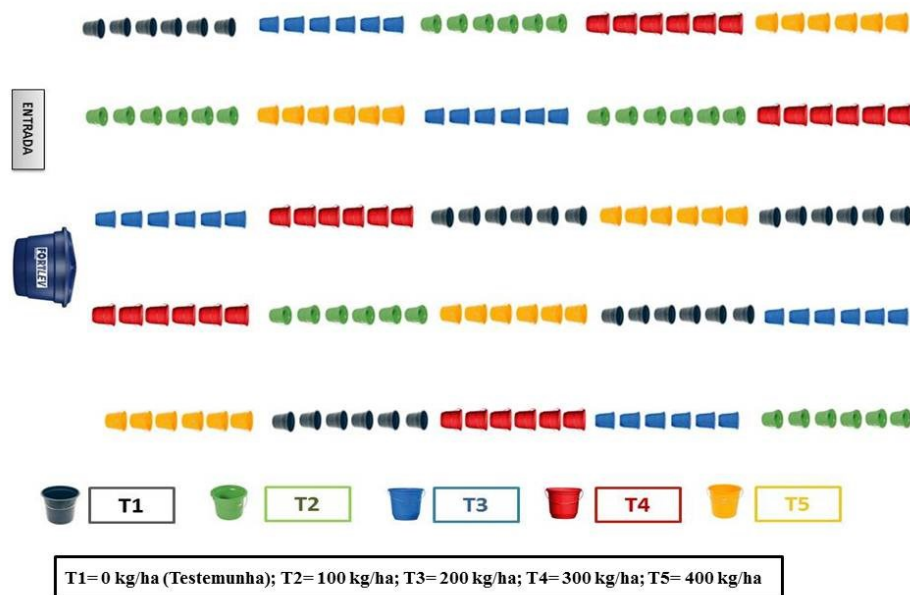


Figura 1- Esquema da distribuição dos tratamentos do experimento no ambiente protegido.

Os adubos ou os fertilizantes utilizados na adubação foram pesados em balança analítica (precisão 0,0001g) e dissolvidos em água do abastecimento público do campus da UFERSA, fornecida pela Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN), que segundo Rêgo (2018) contem a seguinte composição físico-química: cloreto (Cl⁻), carbonato (CO₃²⁻), bicarbonato (HCO₃⁻), sódio (Na⁺), potássio (K⁺), magnésio (Mg²⁺) e cálcio (Ca²⁺) correspondentes a 31,84; 3,30; 3,20; 24,93; 0,90; 23,86 e; 13,50 mmolc L⁻¹, com dureza de 1868 mg L⁻¹, fósforo (P), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), cádmio (Cd), níquel (Ni) e chumbo (Pb), com valores correspondentes a 0,87; 0,43; 0,02; 0,05; 0,00; 0,002; 0,031 e 0,17 mg L⁻¹, respectivamente. Durante o preparo da solução, cada

fertilizante foi diluído individualmente em um reservatório, em seguida aplicado nos vasos.

3.3. Cultivar, plantio e tratos culturais

A variedade do milheto foi BRS 1501, adaptada para produção de massa em condições de déficit hídrico e apresenta bom potencial de produção de grãos, sendo mais empregada para fins forrageiros. É uma variedade de polinização aberta, originada por seleção massal de uma população americana. Possui ciclo médio, boa capacidade de perfilhamento e tem mostrado boa recuperação na rebrota (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2016).

O espaçamento utilizado foi de 0,40 m entre vasos e 1,20 m entre fileiras. As plantas foram cultivadas em vasos de 5 L preenchidos com o material de solo, sendo que a base do vaso foi perfurado e adicionada uma camada de brita de aproximadamente 3 cm, e coberta com manta negra para permitir a drenagem do excesso da solução aplicada.

Antes da semeadura foi elevado o teor de água no solo até o ponto de capacidade de campo, realizando a primeira irrigação aplicando-se água até acontecer uma pequena lixiviação em todos os vasos

Na semeadura foram utilizadas 6 sementes por vaso, aos 7 dias após a semeadura ocorreu a emergência das sementes. Aos 14 dias após da semeadura foi feito o desbaste, deixando as 2 plantas mais vigorosas de cada vaso, afim de aumentar a homogeneidade entre as plantas.

O controle fitossanitário foi executado aos 7 e 21 dias após a semeadura com aplicação de Iannate® br – Dupont, que é um produto específico para conter pragas na fase inicial da cultura do milho, sendo também utilizado no milheto, pois este não possui defensivos específicos.

3.4 Irrigação

As irrigações foram feitas com base na necessidade hídrica do milheto, pelo processo de lisimetria de pesagem, sendo aplicadas duas vezes ao dia o peso em água perdido no vaso, determinado pela diferença de massa em um período de tempo entre as irrigações, sendo a primeira pesagem na semeadura com o vaso em capacidade de campo.

As irrigações foram feitas duas vezes ao dia de forma manual, sendo no início da manhã e final da tarde. Ao final do experimento foi aplicada uma lâmina total acumulada de 606 mm ao longo de 78 dias.

3.5 Variáveis avaliadas

3.5.1. Variáveis de crescimento das plantas

3.5.1.1. Altura da planta

A altura das plantas foi medida do colo da planta até a gema apical da planta, com auxílio de uma fita métrica com valores em centímetros (cm).

3.5.1.2. Diâmetro da haste

Foi medido na base do colmo a dois cm do solo, com o auxílio de um paquímetro digital com valores em cm.



Figura 2 - Medição do diâmetro da haste das plantas.

3.5.1.3. Número de folhas

Foram contabilizadas as folhas sadias do colmo, sendo contabilizadas as maiores que 3cm.

3.5.1.4. Área Foliar

A área foliar foi obtida pela expressão $AF = C \times L \times 0,75$, também utilizada por Sangoi e colaboradores (2011) na cultura do milho, em que foram medidos os comprimentos e a largura da base do limbo foliar com o auxílio de uma fita métrica, de todas as folhas com mais de 50% de área verde. As avaliações dessa variável foram realizadas a partir nas épocas de avaliação 42, 63 e 78 DAS.

3.5.2. Acúmulo de nutrientes

Após realizar a trituração do material seco em estufa, foram realizadas as análises de acúmulo de nutrientes como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, no Laboratório de Solo, Água e Planta (LASAP) da UFERSA, baseando-se nos métodos do manual de análises de solo, plantas e fertilizantes da Embrapa (Silva, 2009).



Figura 3- Análises laboratoriais dos nutrientes das plantas de milho.

3.5.3. Produção e qualidade da forragem

3.5.3.1. Matéria seca da parte aérea

Após a pesagem do material fresco, as amostras foram divididas em três frações: folhas, colmo e material morto. Posteriormente levados à estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, durante 72 horas, sendo pesadas em seguida em balança digital eletrônica de precisão.

3.5.3.2. Relação Folha/Colmo (F/C)

A partir da proporção de matéria seca da folha e do colmo pode-se obter a relação, que é importante do ponto de vista nutritivo, possibilitando identificar as características associadas à adaptação, que são fatores importantes de influência da qualidade da forragem produzida.

Considerando-se um limite para a relação folha/colmo de 1,0, onde valores menores podem implicar numa baixa na qualidade da forragem (Pinto et al., 1994).

3.6. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. Correlações lineares e regressões entre variáveis quantitativas foram aplicados quando apropriado. Dando prioridade aos resultados da interação das doses de N dentro de cada época de avaliação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos do período experimental (Tabela 2) foram coletados na Estação Meteorológica da marca Campbell Scientific Inc. Modelo CR1000, instalada no interior do ambiente protegido onde foi implantado o experimento.

Tabela 2. Precipitação pluviométrica, temperatura média, umidade relativa e velocidade do vento no período do experimento.

Características	2017				
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	
Temperatura média do ar (°C)	Média	27,45	28,24	28,68	28,95
	Máxima	28,07	28,98	29,50	29,70
	Mínima	26,88	27,53	27,98	28,27
Umidade Relativa do ar (%)	Máxima	61,48	57,94	53,38	57,52
	Mínima	56,36	51,87	47,35	51,72
Velocidade do vento (m s ⁻¹)	0,26	0,52	0,54	0,84	
Radiação total (MJ m ⁻²)	0,29	0,44	0,46	0,47	
Precipitação pluviométrica (mm)	0,08	0,00	0,00	0,00	

4.1 Crescimento da planta

De acordo com a análise de variância, verificou-se interação significativa ($P < 0,01$) dos fatores doses de N, épocas de coleta e da interação doses de N x Época de coleta, para todas as variáveis de crescimento (Altura de planta, diâmetro do colmo, número de folhas e área foliar) (Tabela 3).

Tabela 3 Análise de variância para altura de planta, diâmetro do colmo, n° de folhas e área foliar em função das doses de N em épocas diferentes no milho.

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio			
		Altura	Diâmetro	N° de Folhas	Área Foliar
Doses de N (N)	4	5382,35**	38,05**	33,64**	256367,45**
Época (E)	3	1983,95**	29,83**	13,13**	834313,72**
N x E	12	1733,21**	10,19**	12,65**	67087,97**
CV (%)	-	16,11	15,10	14,24	15,83

CV = coeficiente de variação; NS = não significativo; * = significativo ($p < 0,05$); ** = significativo ($p < 0,01$) pelo teste de Tukey.

Com relação a altura de planta, observou-se decréscimo linear com o aumento das doses de N nas épocas 63 e 78 DAS, sendo registrados altura máxima de 89,25 e 87,33 cm (Figura 2), respectivamente. Nas épocas 21 e 42 DAS não foi observada diferença estatística entre as doses, com médias 53,25 e 73,80 cm, respectivamente.

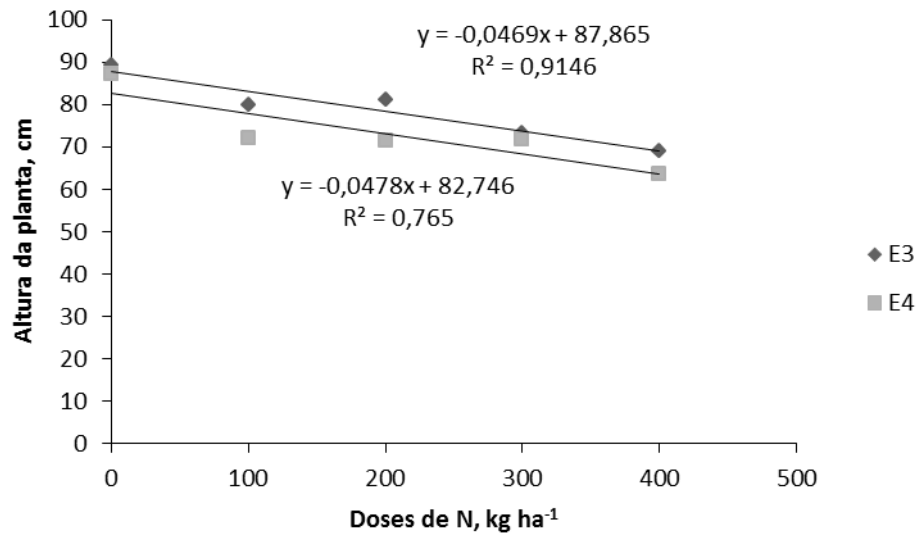


Figura 4- Altura da planta em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.

Brambilla et al.(2009) avaliaram cultura do milho adubada com diferentes doses de N encontraram comportamentos semelhantes, em que observaram maiores alturas de plantas no tratamento controle (1,52 m), associando esse comportamento a uma condição de estresse hídrico sofrida pela forrageira, alterando o hábito de crescimento da planta, fato este encontrado também no presente trabalho.

Com relação as variáveis diâmetro do colmo, número de folhas e área foliar aos 63 e 78 DAS, houve efeito quadrático em função das doses de N na interação com as épocas de avaliação (FIGURA 3).

Para o diâmetro do colmo observou-se valores máximos de 7,59 e 7,00 mm (Figura 3A) nas doses 141,67 e 174 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Devido às quantidades corretas das doses de N para o crescimento da planta, ocorre a influencia diretamente na fotossíntese, desencadeando acréscimo no diâmetro do colmo. Melo et al. (2015) trabalharam com doses de nitrogênio em cultivares de milho e obtiveram resposta polinomial para diâmetro do colmo em função das doses de adubação nitrogenada, em que a dose estimada foi de 155 kg ha⁻¹ e o diâmetro máximo estimado de 8,3 mm, sendo os resultados maiores aos encontrados no presente estudo.

O número de folhas teve o resultado máximo (7,57) encontrado aos 63 DAS com a dose de N 135 kg ha⁻¹ (Figura 3B). De acordo com Pereira et al. (2011), em situações de grande disponibilidade de nitrogênio, acontece um maior crescimento da planta, com prolongamento dos entrenós, expulsando a folha nova para fora da bainha da folha precedente, podendo provocar aumento do numero de folha.

Quanto a área foliar do milheto, foi encontrado valor máximo de 513,08 cm² aos 63 DAS com a aplicação de 179,56 kg ha⁻¹ de N, correspondendo a 16,1% na redução da área foliar comparado aos medidos 78 DAS (Figura 3C). Para Rocha et al. (2017) e Silva et al. (2005) a planta que recebe doses de nitrogênio elevadas, tende a investir mais em folhas, pelo fato de ser material de influência na divisão e expansão celular e, ainda, um fotossintético ativo importante para produção de fotoassimilados. Fato este que pode vir a intensificar o crescimento da planta como um todo, principalmente área foliar e número de folhas.

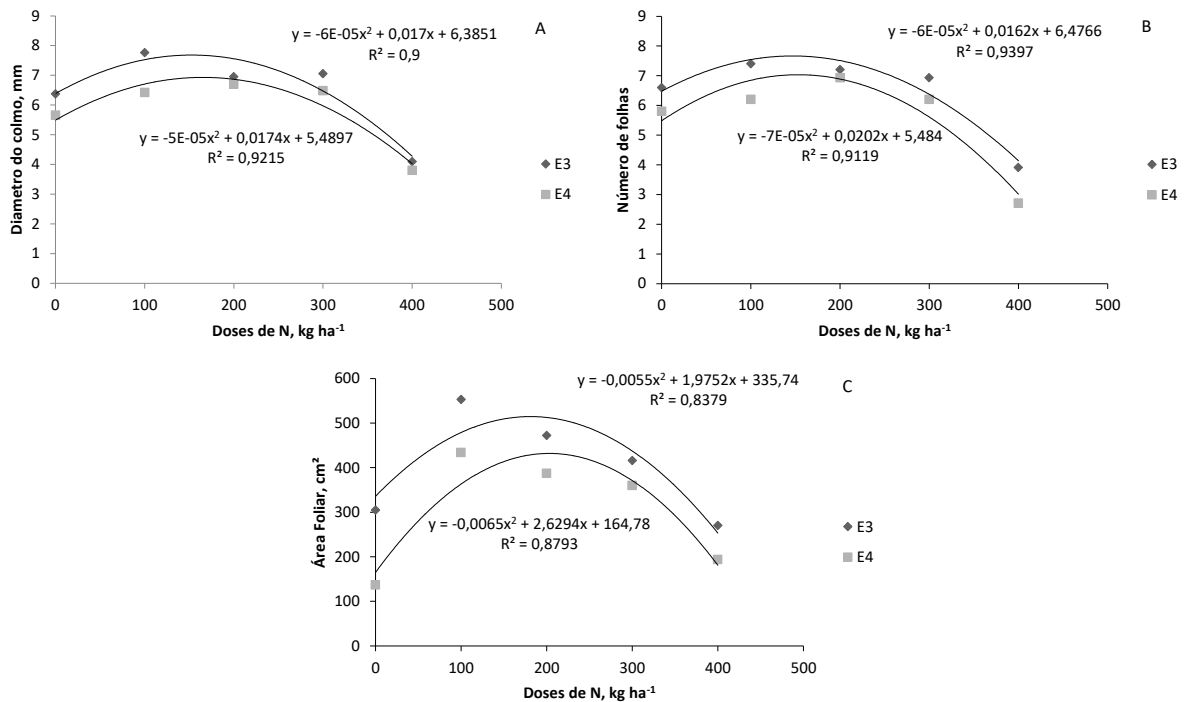


Figura 5- Diametro do colmo (A), número de folhas (B) e área foliar (C) em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.

4.2 Composição mineral do tecido vegetal

De acordo com a ANOVA, os fatores doses de N e época influenciaram significativamente os teores de todos os nutrientes (N, P, K, e Mg) nas folhas de milheto, exceto para o Ca.

Tabela 4 Análise de variância para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em função das doses de N em épocas diferentes no milheto.

Fonte de variação	G.L.	N	P	K	Ca	Mg
Doses de N (N)	4	3199,77**	22,06**	541,74**	9,94 ^{NS}	1,16**
Época (E)	3	934,69**	32,81**	4124,64**	3,38 ^{NS}	5,55**

N x E	12	518,39**	7,44**	462,92**	6,21 ^{NS}	0,82**
CV (%)	-	15,86	21,4	18,09	75,81	18,04

CV = coeficiente de variação; NS = não significativo; * = significativo ($p < 0,05$); ** = significativo ($p < 0,01$) pelo teste de Tukey.

A teor de N na planta variou em forma quadrática em função do aumento das doses de N em todas as épocas de retirada (Figura 4), atingindo valores máximo de 40,62; 47,78; 53,84 e 47,01 g kg nas doses de 281,75; 291,5; 387 e 382,33 kgde N ha⁻¹. Silva et al. (2014) trabalharam com a eficiência da fertilização nitrogenada no milho com doses de N 0; 40; 80 e 160 kg ha⁻¹ e, concluíram que os teores de N nas folhas aumentaram linearmente. Havendo diferença do presente estudo, com doses superiores, atingindo 53,84 g/kg em 387 kg ha⁻¹ de N, estabelecendo limites, onde foi possível observar um ponto máximo tóxico para a planta.

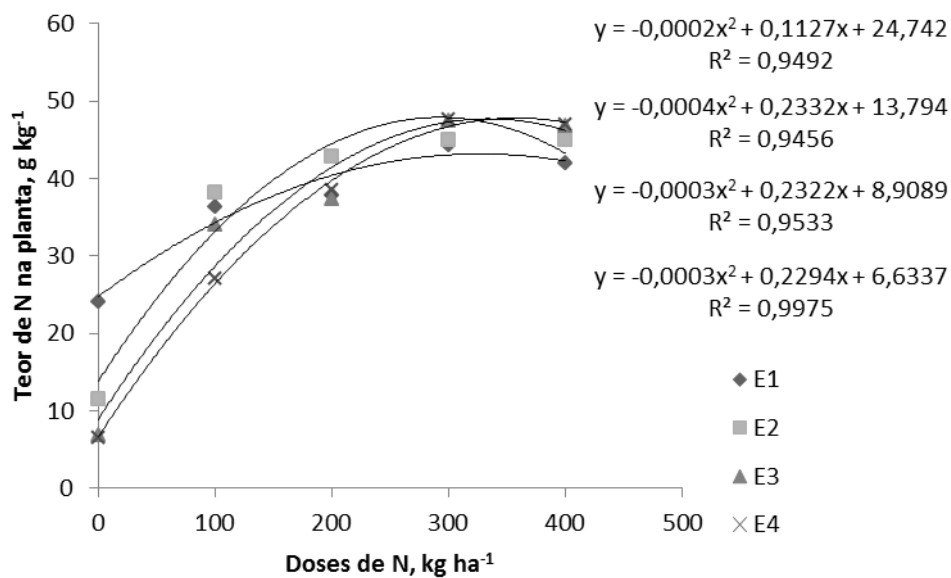


Figura 6- Teor de N na planta em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.

Nos teores de P, K e Mg os dados se ajustaram a uma equação do tipo linear decrescente com o aumento de doses com a interação com as épocas de avaliação (Figura 5).

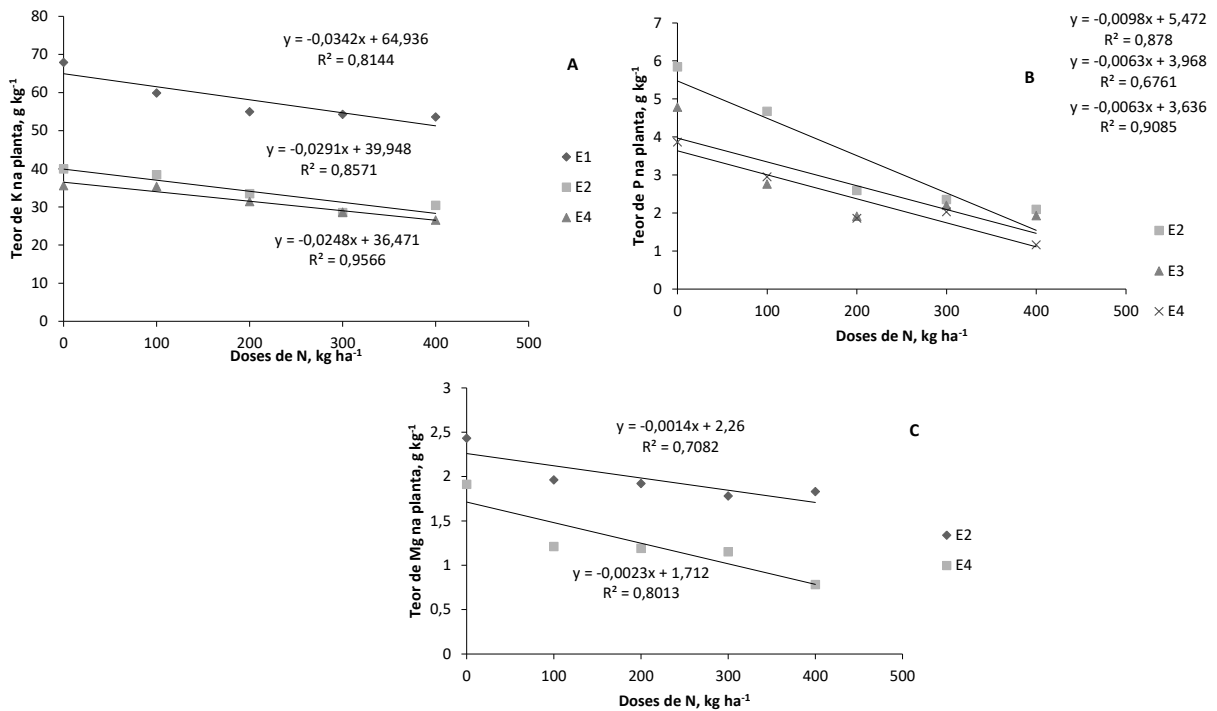


Figura 7- Teores de P, K e Mg na planta em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.

Para os teores de K não houve diferença estatística entre as doses de N aos 63 DAS, nas demais avaliações tiveram comportamento linear decrescente (Figura 5A). A redução dos teores de K com o aumento das doses de nitrogênio podem ser atribuídos aos efeitos da diluição deste mineral com o aumento da produção de massa seca em função das doses crescentes de N, sendo verificado comportamento semelhante no presente estudo, corroborando com o estudo feito por Ribeiro & Pereira (2011) em experimento com a cultura do capim-tifton 85 utilizando doses acima de 55 kg ha⁻¹.

O teor de P na folha respondeu de maneira linear decrescente em função das doses de N (Figura 5B) em todas as épocas de avaliação, exceto aos 21 DAS que não houve diferença estatística entre as doses. O ponto máximo no teor de P foi de 5,47 g kg⁻¹ na dose testemunha aos 42 DAS.

Prado (2008) obteve resultados semelhantes aos teores de P encontrados no presente trabalho, onde relatou que os valores ideais de P para o total desenvolvimento de determinada cultura é de 3-5 g kg⁻¹, sofrendo poucas variações de acordo com a cultura e fenótipos.

Aos 42 e 78 DAS o teor de Mg comportou-se de forma decrescente, porém aos 21 e 63 DAS não ocorreu diferença estatística na interação das doses de N e as épocas de avaliação (figura 5C).

Os teores de Mg encontrados foram de 0,78 a 2,26 g kg⁻¹, sendo um pouco inferior aos encontrados por Primavesi et al. (2006) com valores de 1,5 a 4,0 g kg⁻¹, porém, ambos os trabalhos tiveram diminuição dos teores de Mg com o aumento das doses de N. O magnésio assim como o N, fazem parte da estrutura da molécula de clorofila, assim, espera-se que o aumento do N na planta, contribua na formação da clorofila, e proporcione maiores exigências de Mg. O teor de Mg na planta tende a reduzir com o aumento da idade, onde o efeito da diluição também pode promover redução nesses teores (Ribeiro & Pereira, 2011).

Primavesi et al. (2006) estudando doses de nitrogênio no capim-marandu relatou que os teores de Ca passaram por pequena redução com o aumento das doses de N, já o presente estudo não mostrou diferença estatística com média de 2,69 g kg⁻¹, sendo inferior ao encontrado por Marcante et al. (2011) que obteve valor de 4,6 g kg⁻¹, onde os teores de cálcio no milheto se mostraram constantes em quase todos os estádios. Podendo ocorrer pelo fato do cálcio ser responsável por manter a estrutura e funcionamento normais das membranas celulares, sendo estas funções presentes em quase todo o ciclo da planta (Malavolta, 1980).

4.3 Produção e qualidade da forragem

Para as variáveis de produção de matéria seca (PMS), frações de matéria seca da folha e colmo (MSF e MSC) e relação folha e colmo (F/C) verificou-se diferença estatística para a interação do aumento de doses de N com as diferentes épocas (Tabela 5). Enquanto a matéria seca do material morto (MSMM) teve diferença estatística das doses de nitrogênio e das diferentes épocas separadamente.

Tabela 5 Análise de variância para os pesos de Produção de matéria seca (PMS), Matéria seca da folha (MSF), Matéria seca do colmo (MSC), Matéria seca do material morto (MSMM) e a Relação Folha/Colmo (F/C) em função das doses de N em épocas diferentes no milheto.

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio				
		PMS	MSF	MSC	MSMM	F/C
Doses de N (N)	4	17,61**	5,00**	6,42**	5,35**	2,94**
Época (E)	3	363,77**	8,26**	19,80**	64,68**	26,04**
N x E	12	2,69**	1,41**	2,17**	3,40 ^{NS}	1,24**
CV (%)	-	7,5	10,98	12,89	9,23	11,51

CV = coeficiente de variação; NS = não significativo; * = significativo (p < 0,05); ** = significativo (p < 0,01) pelo teste de Tukey.

A PMS do milheto apresentou relação quadrática com os níveis de N (P<0,05) nas três últimas épocas, porém aos 21 DAS a interação entre as doses de N e as épocas de avaliação não mostrou diferença estatística (Figura 6). Verificaram-se, por intermédio da equação de

regressão dados máximos da produção de forragem entre as quatro épocas, onde a avaliação aos 78 DAS obteve valor correspondente a 1893,46 kg ha⁻¹ de MS, no nível de 270,94 kg ha⁻¹ de N (Figura 6).

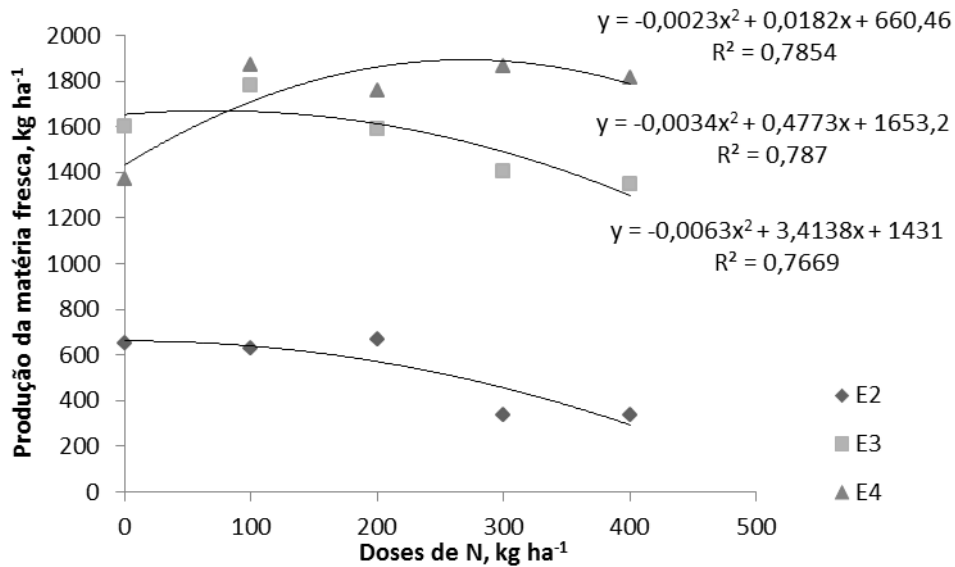


Figure 6- PMS na planta em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.

Silva et al. (2014) estudaram a eficiência da fertilização nitrogenada verificaram acréscimo na produção de massa seca em função do aumento das doses de N com maior produção de 999 kg de MS ha⁻¹ de massa na dose referente a 160 kg ha⁻¹ de N, corroborando com os dados encontrados no presente estudo onde o máximo produzido foi superior, com 1893,46 kg ha⁻¹ de MS, na dose referente a 270,94 kg ha⁻¹ de N aos 78 DAS. Já Trindade (2013) obteve valores semelhantes de produção de matéria seca (PMS), trabalhando com milho em função das épocas de corte, apresentando resultado igual a 1843,75 kg MS/ha aos 51 dias após a emergência.

Para MSF e relação F/C houve relação quadrática com o aumento das doses de N em todas as épocas estudadas (Figura 7). Já para MSC aos 42 e 63 DAS se comportaram de forma linear decrescente, aos 21 DAS não diferiu estatisticamente, e aos 78 DAS se mostrou de forma quadrática com relação ao aumento das doses de nitrogênio nas diferentes épocas.

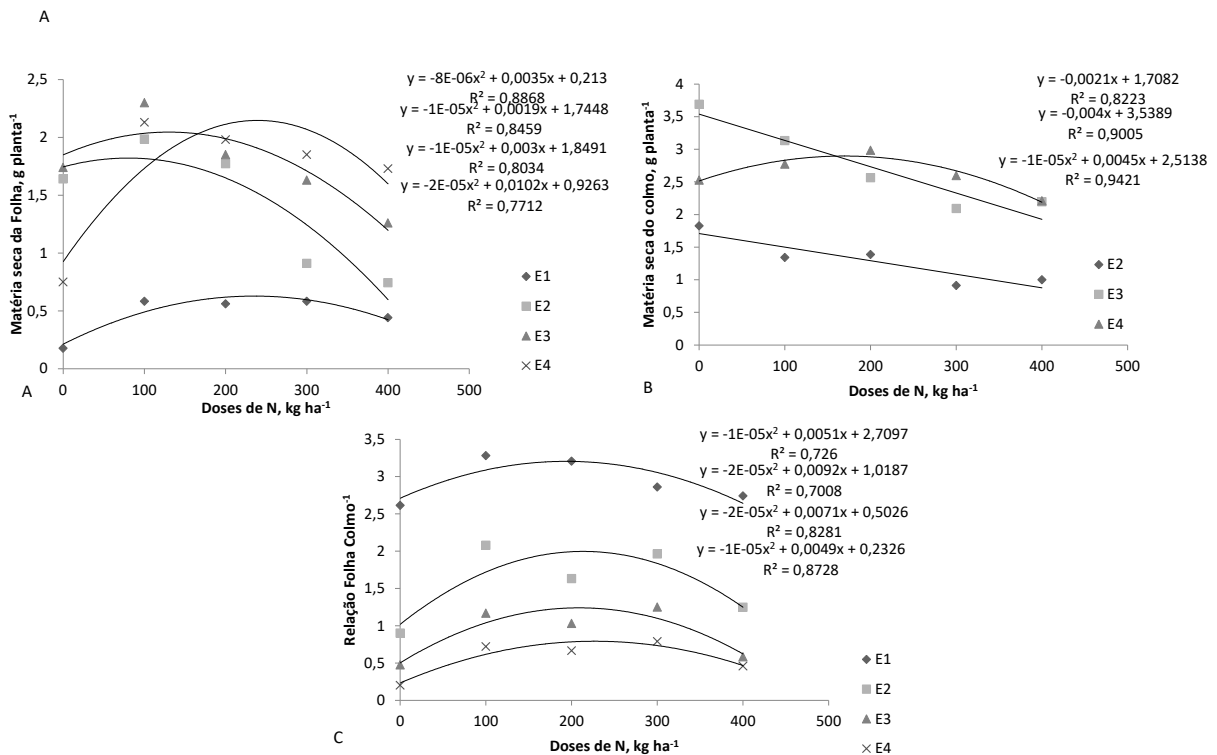


Figura 7- MSF, MSC e relação F/C em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.

A MSF demonstrou valor máximo de 2,01 g planta⁻¹ aos 78 DAS para a dose 150 kg ha⁻¹ de N com incremento de 168% em relação ao tratamento testemunha de N da mesma época. Rocha et al. (2017) encontraram resultados significativos na MSF para adubação nitrogenada, apresentando efeito quadrático, com valores máximos de 3,77 g planta⁻¹ na dose 67,5 g kg⁻¹ de N, sendo superiores aos resultados encontrados no presente estudo.

Para MSC, nas épocas de avaliação aos 42 e 63 DAS os valores máximos ocorreram na dose controle de N. Devido a uma condição de estresse, o hábito de crescimento da planta foi alterado, e como consequência a planta investiu primeiramente em crescimento para poder investir em folhas, fato que pode ser mostrado por Lavres Junior e Monteiro (2003).

Aos 78 DAS, caracterizada como fase de reprodução, a planta com o tratamento com a dose controle de N transferiu matéria seca do colmo para o enchimento da panícula, diminuindo assim a MSC. Nesta mesma avaliação o gráfico se comportou diferente dos demais, sendo observada uma equação quadrática, com valores máximos na dose de 225 kg/há de N. Tal resultado concorda com Costa et al. (2006) em estudo com caracteres de importância agrônômica de milho, relatando que fatores genéticos podem limitar o crescimento do colmo, mesmo com elevadas quantidades de N, ocorrendo então o direcionamento para produção de folhas e panículas.

A relação F/C foi maior com 21 DAS de retirada, com valores de 2,01 na dose de 150 kg ha⁻¹ de N (Figura 7C), ocorrendo redução dos valores com o passar das épocas. Tais

valores foram superiores aos achados por Lupatini (1996) em milho, quando usou doses de N zero, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹, obtendo resultados que variaram de 0,99 a 1,20. Já Heringer & Moojen (2002) estudando a cultura do milho submetida a diferentes níveis de nitrogênio mostraram que a relação F/C não foi afetada pelas doses de N ($P>0,05$), também se diferenciando do encontrado no presente estudo.

A redução da relação F/C pode ter relação com a maturação fisiológica em que a planta se encontra, ocorrendo com o amadurecimento a morte de afilhos e redução da atividade dos meristemas com conseqüente decréscimo da relação F/C. (Trindade, 2013).

A MSMM teve um comportamento muito parecido com MSC em relação à dose e a época, com valor máximo na dose de 165 kg ha⁻¹ de N com 1,93 g (Figura 8B) de MSMM/planta, sendo a 78 DAS superior as demais com média de 3,85 g de MSMM/planta (Figura 8^a). Contudo, com o aumento da área foliar, ocorreu um efeito positivo do nitrogênio sobre essa expansão, favorecendo o aumento da senescência foliar, pelos sombreamentos das camadas inferiores de folhagem.

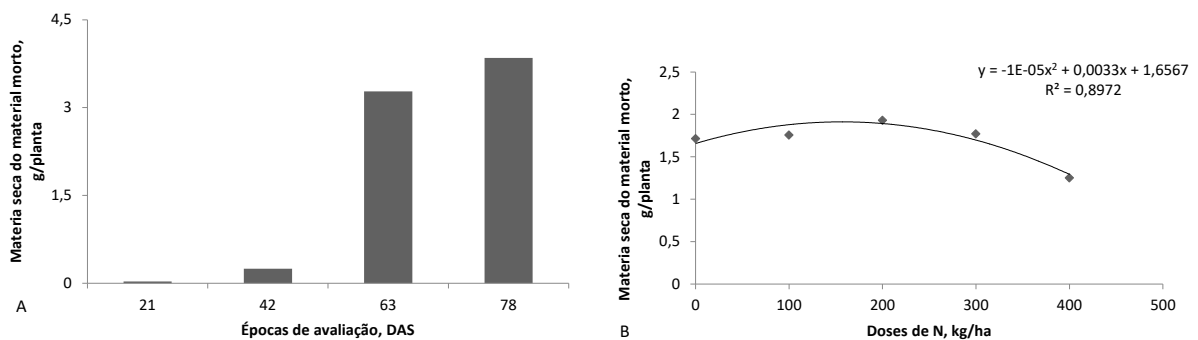


Figura 8- MSF, MSC e relação F/C em função da interação das doses de N com as épocas de avaliação.

5 CONCLUSÕES

O aumento das doses de nitrogênio até a dose 202 kg ha⁻¹ proporcionou melhor crescimento de plantas de milho, sendo os maiores valores obtidos aos 63 DAS.

O acúmulo de nutrientes estudados obedeceu à seguinte ordem na planta: N>K>P>Ca>Mg.

A dose de 271 Kg ha⁻¹ de N resultou em maior produção do milho, sendo a dose recomendada com corte aos 63 DAS.

6 LITERATURA CITADA

ABRANTES, F. L.; KULCZYNSKI, S. M.; SORATTO, R. P.; BARBOSA, M. M. M. Nitrogênio em cobertura e qualidade fisiológica e sanitária de sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.). Revista Brasileira de Sementes, p. 106-115, 2010.

ALVES, F. G. S.; FELIX, B. A.; PEIXOTO, M. S. M.; SANTOS, P. M.; COSTA, R. B.; SALES, R. O. Considerações sobre manejo de pastagens na região semiárida do Brasil: Uma Revisão. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v. 8, n. 4, p. 259-284, 2014.

ANDREUCCI, M. P. Perdas nitrogenadas e recuperação aparente de nitrogênio em fontes de adubação de capim elefante. 2007. 204 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; DE MARIA, I. C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2012.

BONAMIGO, L.A. Cultura do milheto no Brasil. Implantação e desenvolvimento no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília, DF. Anais... Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p.31-65.

BRAMBILLA, J. A.; LANGE, A.; BUCHELT, A. C.; MASSAROTO, J. A. Produtividade de milho safrinha no sistema de integração lavourapecuária, na região de Sorriso, Mato Grosso. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 8, p. 263-274, 2009.

BRASIL- Ministério da Integração Nacional. Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro. Brasília, 2005. 35 p.

CARMO FILHO F.; OLIVEIRA O. F. 1995. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B) 62p.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação: cultivo do sorgo. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, set. 2009. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/adubacao.htm>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

CORSI, M. Adubação nitrogenada em pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. (Ed.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1986. p.109-132.

COSTA, A. C. T.; DA COSTA, A. C. T., GERALDO, J.; OLIVEIRA, L. B.; PEREIRA, M. B.; DO CARMO, M. G. F.; PIMENTEL, C. Variabilidade genética para caracteres de importância agrônômica de meio-irmãos de milheto, semeadas na época da seca. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 5, n. 01, 2010.

COSTA, V.G.; ROCHA, M.G.; POTTER, L.; ROSO, D.; ROSA, A.T.N.; REIS, J. Comportamento de pastejo e ingestão de forragem por novilhas de corte em pastagens de milheto e papua. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.40, n.2, p.251-259, 2011.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut

grown in succession under a no-till system. *Agronomy Journal*, v.101, p.40-46, 2009.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; SANTOS, F. G. dos. Fisiologia da planta de milho. *Circular Técnica*, Sete Lagoas, v. 28, p. 16, 2003.

EMBRAPA MILHO E SORGO. Sistema de Produção, 3. 5ª edição. ISSN 1679-012X. Abr/2016.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V.M.; MISTURA, C.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, M.E.R.; HERINGER, I.;FRIBOURG, H. A. Summer annual grasses. In: HEAT, M.E.; BARNES, R.F.; METCALFE, D. S. Forages: the science of grassland agriculture. Iowa State University. Ames, Iowa. 4. ed. p.278-286, 1985.

FAQUIN, V.; Nutrição de plantas Lavras: UFLA / FAEPE, 183p. 2005.

GADIOLI, J.L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A.G.; BASANTA, M.V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. *Scientia Agrícola*, v.57, n.1, p.377-383, 2000.

GARCIA, J. C.; DUARTE, J. O. Cultivo do Milheto. 2ª edição. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2010.

GOMES, P.C.; RODRIGUES, M.P.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, M.F.M.; MELLO, H.H.C.; BRUMANO, G. Determinação da composição química e energética do milheto e sua utilização em rações para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.37, n.9, p.1617-1621, 2008.

HART, R.H.; BURTON, G.W. Effect of row spacing seeding rate and nitrogen fertilization on forage yield and quality of Gahi-1 pearl millet. *Agronomy Journal*, Madison, v.57, n.4, p.376-378, 1965.

HERINGER, I.; MOOJEN, E. L. Potencial Produtivo, Alterações da Estrutura e Qualidade da Pastagem de Milheto Submetida a Diferentes Níveis de Nitrogênio. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.31, n.2, p.875-882, 2002.

HUMPHREYS, L.R.; RIVEROS, F. Tropical pasture seed production. 3.ed. Rome: FAO,1986. 203p.

LAVRES JR., J; MONTEIRO, F.A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 1068- 1075, 2003.

LUPATINI, G.C. Produção animal em milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) submetido a níveis de adubação nitrogenada. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. 126p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria.

KUMAR, K.A; NIAMEY, P. Pearl millet: current status and future potential. *Outlook on Agriculture*, v.2, n.8, p.46-53, 1989.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. The effect of nitrogen fertilization upon

herbage production of tall fescue swards grazed by sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science*, v.49, n.1, p.111-120, 1994.

MELO, N. C.; F., A. R.; GALVÃO, J. R. Crescimento e eficiência nutricional do nitrogênio em cultivares de milho forrageiro na Amazônia. *Revista Caatinga*, v. 28, n. 3, 2015.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. *Cultivo do Milheto*. 2ª edição. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2010.

PEREIRA, V. V.; FONSECA, D. M. da; MARTUSCELLO, J. A.; BRAZ, T. G. dos S.; SANTOS, M. V.; CECON, P. R. Características morfológicas e estruturais de capim-mombaça em três densidades de cultivo adubado com nitrogênio. *R. Bras. Zootec.*, v.40, n.12, p.2681-2689, 2011.

PESKE, F. B.; NOVENBRE, A. D. LC. Pearl millet seed pelleting. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, n. 2, p. 352-362, 2011.

PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha/caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.23, n.3, p.313-326, 1994.

PRADO, R. de M. *Nutrição de Plantas*. São Paulo: Unesp, 2008. 407p.

PRIESNITZ, R.; COSTA, A.C.T.; JANDREY, P.E.; FRÉZ, J.R.S.; DUARTE JÚNIOR, J.B.; OLIVEIRA, P.S.R. Espaçamento entre linhas na produtividade de biomassa e de grãos em genótipos de milho pérola. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.32, n.2, p.485-494, 2011

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A.; DA SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-Marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo*. 2006.

RAMOS G. S.; D.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; BERNARDES, T. F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, 2013.

REGO, L. G. S.; MARTINS, C. M.; SILVA, E. F.; SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil. *Revista caatinga (online)*, v. 29, p. 1, 2016.

RÊGO, L. G. S.; *Uso de efluente da piscicultura na produção de girassol ornamental*. Mossoró: UFERSA, 2018. 47p. Dissertação.

RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G.; Produtividade de matéria seca e composição mineral do capim-tifton 85 sob diferentes doses de nitrogênio e idades de rebrotação. *Ciênc Agrotec*, v. 35, p. 811-816, 2011.

ROCHA, J. M. L. R.; SANTOS, A. C.; SILVEIRA JR, O.; SILVA, R. R.; SANTOS, J.G.D.; OLIVEIRA, L. B. T. Características agronômicas do milho sob efeito de nitrogênio nos sistemas consorciado e monocultivo. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, João pessoa, v.11, n. 1, p. 35-41, 2017.

RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P. H. D. C.; HERLING, V. R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e

potássio. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 37, n. 3, p. 394-400, 2008.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F.; SCHMITT, A.; Vargas, V. P.; CASA, R. T.; SOUZA, C. A. Perfilamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 46, n.5, p. 609-616, 2011.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; SOUZA, C. F.; PÉREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. D. S. Interação urina e efluente doméstico na produção do milheto cultivado em solos do semiárido paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 19, n. 5, p. 456-463, 2015.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto sobre o nível de fertilidade do solo após cinco anos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p.645-653, 2001.

SILVA, A. G.; FRANÇA, A. F. D. S., MIYAGI, E. S., DAMBROS, C. E., & LOPES, F. B. Eficiência da fertilização fosfatada e nitrogenada em cultivares de milheto. Cienc. anim. bras., Goiânia, v.15, n.2, p. 119-127, abr./jun. 2014.

SILVA, A. G. da; JÚNIOR, O. L. D. F.; FRANÇA, A. F. D. S.; MIYAGI, E. S.; RIOS, L. C.; DE MORAES FILHO, C. G.; FERREIRA, J. L. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de milheto sob adubação nitrogenada. Ciência Animal Brasileira, v. 13, n. 1, p. 67-75, 2012.

SILVA, E. C. da; BUZETTI, S.; LIMA GUIMARÃES, G.; LAZARINI, E.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29(3), 2005.

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627p.

SILVA, J. L. C. D. Avaliação da produtividade de palma forrageira submetida a diferentes lâminas de irrigação e adubação orgânica no semiárido paraibano. Campina Grande: UFPB, 2018. 35p. Trabalho de conclusão de curso.

SILVEIRA, P. M.; SILVEIRA, 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 (Agricultural Research in the Tropics), v. 35, n. 3, p. 133-138, 2005.

SIMILI, F.F.; GOMIDE, C.A.M.; MOREIRA, A.L.; REIS, R.A.; LIMA, M.L.P.; PAZ, C.C.P. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: características estruturais e produtivas. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.34, n.1, p.87-94, 2010.

SINGH, P.; KANEMASU, E.T.; SINGH, P. Yield and water relations of pearl millet genotypes under irrigated and no irrigated conditions. Agronomy Journal, v.75, n.6, p.886-890, 1983.

STANGEL, P.J. World nitrogen situation, trends, out look, and requirements. In: HANCK, R.D., ed. Nitrogen in crop production. Madison, American Society Agronomy, 1984. p.23-54.

STREIT, G. N. Implantação de lavoura de soja (*Glycine max*), com milheto em sucessão (*Pennisetum glaucum*), na região de Cristalina-GO. Faculdades Integradas: Planaltina, 2009. Boletim Técnico.

TEIXEIRA, C. M.; DE CARVALHO, G. J.; DE ANDRADE, M. J. B.; SILVA, C. A.; PEREIRA, J. M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho+crotalária no plantio direto do feijoeiro. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v. 31, n. 4, 2009.

TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 3, p. 867-876, 2011.

TRINDADE, J. S. Composição e produtividade do milho em três densidades de semeadura e duas alturas de corte. 2013. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2013.

VITAL, A. F. M.; SANTOS, D.; DOS SANTOS, R. V. Características agronômicas do milho adubado com diferentes fontes orgânicas. *Agropecuária Técnica*, v. 36, n. 1, p. 303-309, 2015.

WENDLING, A. Recomendação de nitrogênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. Dissertação de Mestrado - Programa de pós-graduação em ciência do solo, UFSM, 2005. 124p.