

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RAMON ALEXANDRE CAPUCHO

**TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO E ADUBAÇÕES FOSFATADAS NO
DESENVOLVIMENTO DO CAPIM MOMBAÇA**

ALEGRE – ES

2021

RAMON ALEXANDRE CAPUCHO

**TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO E ADUBAÇÕES FOSFATADAS NO
DESENVOLVIMENTO DO CAPIM MOMBAÇA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronomia na linha de pesquisa Solo e Água e Interação com Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis.

ALEGRE – ES

2021

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

A381t Alexandre Capucho, Ramon, 1992-
Tensões de água no solo e adubações fosfatadas no desenvolvimento do Capim Mombaça / Ramon Alexandre Capucho. - 2021.
59 f. : il.

Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis.
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Déficit Hídrico. 2. Irrigação. 3. Nutrição de Plantas. 4. Adubação Fosfatada. 5. Panicum Maximum cv. Mombaça. I. Fialho dos Reis, Edvaldo. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. III. Título.

CDU: 63

TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO E ADUBAÇÕES FOSFATADAS NO DESENVOLVIMENTO DO CAPIM MOMBAÇA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronomia na linha de pesquisa Solo e Água e Interação com Plantas.

Aprovada em 31 de agosto de 2021.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis

Universidade Federal do Espírito Santo - Orientador



Prof. Dr. Leandro Pin Dalvi

Universidade Federal do Espírito Santo – Membro interno do PPGA



Dr. Morgana Scaramussa Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo – Examinador externo ao PPGA

A Deus, pela vida e oportunidade
Aos meus pais, irmãos, minha namorada e amigos que sempre me apoiaram
incondicionalmente e estiveram ao meu lado nessa caminhada.

"Porque haverá bom futuro, não será frustrada a tua esperança."

Provérbios 23:18

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder forças para seguir nesta jornada.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais e irmãos, que sempre estiveram ao meu lado, agradeço pelo companheirismo, amizade e confiança. Esta conquista compartilho com vocês.

A minha namorada Nayara Vargas pelas inúmeras ajudas durante todas as etapas de execução deste projeto, me apoiando e incentivando neste processo.

Ao Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis, pela orientação, amizade e apoio durante toda conclusão deste ciclo.

Ao Prof. Dr. Leandro Pin Dalvi, pelos conhecimentos transmitidos durante a graduação, que foram importantes para a realização deste trabalho e por aceitar fazer parte desta banca.

A Dr. Morgana Scaramussa Gonçalves, obrigado pela ajuda no início deste experimento e por aceitar o convite na participação desta banca.

Ao meu amigo Leonardo Bernardes, que esteve presente em todas as avaliações e montagem do experimento. Sua ajuda foi extremamente importante para a realização deste trabalho, muito obrigado.

A Universidade Federal do Espírito Santo, ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de cursar o mestrado e pelo crescimento profissional.

Ao Laboratório de Bromatologia da UFES, pela concessão do espaço e equipamentos para realização das análises para esta pesquisa, em especial ao professor Dr. Marco Túlio Costa Almeida, à técnica Elziane Favoreto e às alunas de graduação Jéssica Lacerda e Hanna Munhoz pela disponibilidade e colaboração.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

Enfim, agradeço a todos que de alguma maneira contribuíram para que eu vencesse mais essa etapa em minha vida.

RESUMO

Objetivou-se neste experimento, analisar os efeitos das tensões de água no solo e de doses de adubação fosfatada no desenvolvimento, produtividade e qualidade do capim Mombaça, em condições de ambiente protegido. O experimento foi conduzido em parcelas subsubdivididas (4 x 4 x 4), sendo nas parcelas as tensões de água no solo em quatro níveis (40, 100, 200 e 300 kPa), nas subparcelas adubação fosfatada em quatro níveis (100, 200, 300, 400 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) e nas subsubparcelas os cortes em quatro níveis (1º, 2º, 3º, 4º corte), em um delineamento em blocos casualizado, com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: massa verde, massa seca, altura de planta, proteína bruta, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e capacidade suporte. Todas as variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância, utilizando o teste F ao nível de 5% de probabilidade e, quando significativo para os fatores quantitativos, foram utilizados os modelos de regressão a 5% de probabilidade, enquanto que para o fator qualitativo a comparação de médias foi realizada usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ocorreram interações significativas (P<0,05) entre os fatores em estudo para as variáveis: massa fresca, massa seca, altura de plantas, proteína bruta e capacidade suporte. Todavia, somente para a variável digestibilidade *in vitro* da matéria seca não houve interação entre os fatores estudados. Os tratamentos com tensão de 40 kPa obtiveram médias superiores às demais em todas as variáveis estudadas. As doses de P₂O₅ foram afetadas na medida em que o déficit hídrico aumentava. Para o fator corte, observou-se que o 1º obteve os melhores resultados, seguidos do 4º, 2º e 3º cortes.

Palavras chave: Déficit Hídrico, Irrigação, nutrição de plantas.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to analyze the effects of soil water tensions and phosphate fertilization rates on the development, yield and quality of Mombaça grass, under greenhouse conditions. The experiment was carried out in sub-divided plots (4 x 4 x 4), with the soil water tension in four levels in the plots (40, 100, 200 and 300 kPa), in the phosphate fertilization subplots in four levels (100, 200, 300, 400 kg.ha⁻¹ of P₂O₅) and in the sub-subplots the cuts in four levels (1st, 2nd, 3rd, 4th cut), in a randomized block design, with four replications. The variables analyzed were: green mass, dry mass, plant height, crude protein, in vitro dry matter digestibility and carrying capacity. All variables evaluated were subjected to analysis of variance, using the F test at the level of 5% probability and when significant for quantitative factors, regression models were used at 5% probability, for the qualitative factor the comparison of means was performed using the Tukey test at 5% probability. There were significant interactions (P<0.05) between the factors under study for the variables: fresh mass, dry mass, plant height, crude protein and carrying capacity. However, only for the variable in vitro digestibility of dry matter, there was no interaction between the studied factors. The treatments with tension of 40 kPa obtained means higher than the others in all studied variables. The doses of P₂O₅ were affected as the water deficit increased. For the cut factor, it was observed that the 1st had the best results, followed by the 4th, 2nd and 3rd cuts.

Keywords: Water Deficit, Irrigation, plant nutrition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área experimental do Centro de Ciências agrárias da UFES, com a localização da estrutura utilizada para a pesquisa: Tensões de água no solo e adubações fosfatadas no desenvolvimento do capim Mombaça, identificada pela seta na imagem.	20
Figura 2 - Unidades experimentais, separadas por placas impermeáveis de PVC, separando os níveis de tratamentos de adubações de P e tensões de água.	22
Figura 3 - Foto das unidades experimentais antes do corte de uniformização da pesquisa: Tensões de água no solo e adubações fosfatadas no desenvolvimento do capim Mombaça.	23
Figura 4 - Curva de retenção de água do solo do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado como substrato no experimento.	24
Figura 5 - Croqui das unidades experimentais, e a disposição dos tratamentos de doses de P ₂ O ₅ e Tensão de água no solo (kPa).	25
Figura 6 - Variação mensal da umidade relativa do ar (UR) (%) e das temperaturas máxima (T _{máx}), média (T _m) e mínima (T _{mín}) (°C) no período de setembro a dezembro de 2020.	28
Figura 7 - Massa fresca e Massa seca em grama (g) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator doses de P ₂ O ₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha ⁻¹) para cada nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).	29
Figura 8 - Estimativas de produção através das equações geradas pelo modelo de regressão para as interações doses de P ₂ O ₅ e tensão de água no solo para a variável MF.	30
Figura 9 - Massa fresca e Massa seca em grama (g) da forrageira Mombaça em função do nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa) para cada nível do fator doses de P ₂ O ₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha ⁻¹). ...	32
Figura 10 - Estimativas de produção através das equações geradas pelo modelo de regressão para as interações tensão de água no solo em função dos níveis de doses de P para a variável MF.	32
Figura 11 - Estimativas de produção através das equações geradas pelo modelo de regressão para as interações tensão de água no solo em função dos níveis de doses de P para a variável MS.	33
Figura 12 - Teste de Tukey para variável massa fresca (g/parcela) do Fator corte (1, 2, 3 e 4° corte) nos níveis do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).	34
Figura 13 - Teste de Tukey para variável massa Seca (g/parcela) do Fator corte (1, 2, 3 e 4° corte) nos níveis do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).	35
Figura 14 - Altura de Planta (m) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa) para cada nível do fator cortes (1, 2, 3 e 4° Corte).	36
Figura 15 - Altura da Planta (m) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator cortes (1, 2, 3 e 4° Corte.) para cada nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).	37
Figura 16 - Altura de Planta (m) da forrageira Mombaça em função do nível do fator doses de P ₂ O ₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha ⁻¹).	38
Figura 17 - Proteína bruta (%) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa) para cada nível do fator cortes (1, 2, 3 e 4° Corte).	39
Figura 18 - Proteína bruta (%) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator cortes (1, 2, 3 e 4° Corte.) para cada nível do fator água (40, 100, 200 e 300 kPa).	40
Figura 19 - Médias de DIVMS (%) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator doses de P ₂ O ₅	42
Figura 20 - Médias de DIVMS (%) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).	42
Figura 21 - Capacidade de suporte UA/ha-1 da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator doses de P ₂ O ₅ (100, 200, 300 e 400kg. ha ⁻¹) para cada nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).	43
Figura 22 - Capacidade de suporte UA/ha-1 da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator água (40, 100, 200 e 300 kPa) para cada nível do fator doses de P ₂ O ₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha ⁻¹).	44
Figura 23 - Capacidade Suporte (UA.Ha-1) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator cortes (1, 2, 3 e 4° Corte). Para cada nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado como substrato para plantio do Panicum Maximum cv. Mombaça.....	21
Tabela 2 - Características físico-hídricas do solo. Capacidade de campo (Cc), Ponto de murcha (Pm), Água disponível (Ad), Areia, Silte e Argila, Densidade do solo (Ds).	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL	14
2.2 DÉFICIT HÍDRICO NAS PLANTAS	15
2.3 IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO PARA AS PLANTAS	16
2.4 <i>Panicum maximum</i> cv. MOMBAÇA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL	17
3. OBJETIVOS	19
3.1 GERAL.....	19
3.2 ESPECÍFICOS	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1. LOCAL DO EXPERIMENTO	20
4.2. PREPARO DO SOLO E MONTAGEM DO EXPERIMENTO	21
4.3. MANEJO DAS TENSÕES DE ÁGUA.....	23
4.4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL UTILIZADO	25
4.5. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS.....	26
4.5.1. Massa fresca e Massa seca	26
4.5.2. Altura de planta	26
4.5.3. Proteína bruta e digestibilidade in vitro da matéria seca	26
4.5.4. Capacidade suporte	27
4.6 ANÁLISE DOS DADOS	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 MASSA FRESCA E MASSA SECA DE PLANTAS.....	29
5.2 ALTURA DE PLANTAS.....	35
5.3 PROTEÍNA BRUTA.....	38
5.4 DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> DA MATÉRIA SECA.....	41
5.5 CAPACIDADE SUPORTE.....	43
6. CONCLUSÃO	47
7. REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE	57
APÊNDICE A – Tabelas de Análise de Variância	57

1. INTRODUÇÃO

A compreensão do comportamento das plantas em condições de estresse hídrico é de grande importância para conhecimento do efeito do período de escassez hídrica na produção, possibilitando assim o uso de práticas de manejo possíveis para melhorar o cultivo ao longo deste período. Considerando que a água é um recurso importantíssimo para o crescimento e funcionamento pleno das plantas, faz-se necessário conhecer o desempenho das plantas submetidas à estas condições (ARAUJO JUNIOR et al., 2019).

É necessário compreender o papel do déficit hídrico e gerar bases de conhecimento que possibilitem extrair o potencial máximo das culturas, aliado à utilização racional dos recursos hídricos (RIBEIRO, 2019).

Além disto, estes sistemas de produção são, na maioria das vezes, introduzidos em solos com baixa fertilidade. Deste modo, o manejo da adubação e da irrigação são imprescindíveis para o sucesso da atividade, a fim de aumentar a produção e racionalizar a aplicação de água às culturas. No Brasil, os fatores climáticos são os principais limitantes à produção de carne e leite, visto que a pastagem é a principal fonte de alimento utilizada nos sistemas de produção de ruminantes. A eficiência do uso do pasto está intimamente ligada às condições ambientais intrínsecas da região. No entanto, os efeitos causados pela deficiência hídrica provocam preocupações aos produtores e técnicos, visto que acarretam danos a todos os estádios de desenvolvimento das culturas.

Devido a estas condições climáticas inerentes das estações, em que as pastagens são submetidas a períodos de safra e entressafra, a irrigação se apresenta como uma prática promissora para a produção de forrageiras em regiões onde as chuvas são escassas ou de distribuição irregular. A utilização da água via irrigação propicia melhoria do fornecimento de água ao longo do ano em quantidade apropriada para as culturas destinadas à produção de volumosos, além de reduzir as dificuldades causadas pela estacionalidade da produção (REIS et al., 2017).

Desta forma, a utilização de técnicas racionais de manejo conservacionista do solo e da água é de suma importância para a sustentabilidade, possibilitando a utilização da área de forma contínua por um período maior de tempo, com qualidade e quantidade adequada para a manutenção dos níveis satisfatórios de produtividade (Al-GHOBARI e DEWIDAR, 2018).

Neste sentido, o conhecimento da quantidade de água demandada pelas culturas constitui-se em aspecto importante na agricultura irrigada para que haja um adequado planejamento de manejo de irrigação. Assim sendo, gerir e acompanhar a umidade do solo em áreas agriculturáveis é

fator decisivo para se alcançar produtividade adequada (MARTINS et al., 2007). Para a determinação do conteúdo de água no solo, podem ser aplicadas diferentes metodologias, sendo uma delas a água disponível no solo (AD), que corresponde ao volume de água entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) (RIBEIRO, 2019).

Relacionar a umidade do solo com status hídrico das plantas é primordial (DaMATTA & RENA, 2006), posto que reduções na disponibilidade da água prejudicam o fator de crescimento e produtividade de culturas (COSTA, 2016), acarretando em mudanças no comportamento vegetal, cuja irreversibilidade depende de seu genótipo, do tempo de exposição, da severidade e especialmente do estágio de desenvolvimento da planta (NASCIMENTO et al., 2011; SANTOS & CARLESSO, 1998).

Desse modo, o conhecimento da tensão de água no solo, que acarreta em melhores desempenhos agrônômicos, a cultura e o seu conteúdo de água no solo são extremamente importantes para auxiliar no monitoramento da água do solo e/ou manejo de irrigação na agricultura irrigada. Outro fator limitante à agricultura no Brasil são solos com baixa fertilidade, estes podendo ser oriundos do material de origem ou do esgotamento excessivo do solo ao longo dos anos sem reposição dos nutrientes via adubação.

De forma geral, os solos brasileiros apresentam baixa disponibilidade de fósforo, tornando-se imprescindível a introdução de P nas adubações para que se alcance produtividades satisfatórias. (SOARES et al., 2001; FARIA et al., 2015). A escassez de fósforo no solo restringe a taxa de crescimento inicial, desenvolvimento radicular, o perfilhamento e o estabelecimento das pastagens, afetando sua capacidade produtiva, ocasionando baixa produtividade e capacidade de suporte animal (HOFFMANN, 1995; CECATO et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2012; DUARTE et al., 2016).

Portanto, para um bom manejo das pastagens, faz-se necessária uma boa adubação de estabelecimento e manutenção. A adubação nitrogenada e potássica aliada à adubação fosfatada podem ser utilizadas para elevar a produção e qualidade da forrageira (FARIA, et al., 2015). Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos das diferentes tensões de água no solo associadas à adubação fosfatada sobre as características bromatológicas e produtivas da gramínea *Panicum maximum* cv. Mombaça, sob ambiente protegido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL

A história da irrigação no Brasil teve início entre o fim do século XIX e o início do século XX nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul, tendo se firmado como importante polo de irrigação desde então (ANA, 2017). De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), a utilização das técnicas de irrigação no Brasil aumentou a partir das décadas de 70 e 80, influenciada pelo crescimento da agricultura para regiões de climas menos favoráveis e, também, pelos próprios benefícios observados nessa prática, sendo impulsionadas com importantes iniciativas governamentais.

De acordo com os dados do Atlas da irrigação da ANA, o qual dispõe uma nova base técnica sobre a agricultura irrigada, verificou-se uma acelerada expansão da agricultura irrigada no Brasil no longo prazo, com grande aumento das atividades nas últimas décadas. As taxas médias de aumento da área irrigada variaram entre 4,4% e 7,3% ao ano desde 1960, quando o Brasil possuía 462 mil hectares irrigados. Em 1990 consta mais de 3 milhões, e em 2016 passam de 7 milhões (BELÉM et al., 2019).

Um estudo chamado: “Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil”, realizado pela Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ, 2014), mostra que o Brasil tem potencial de irrigar mais de 61 milhões de hectares, sendo 35 milhões de hectares em condições mais favoráveis. Em contrapartida, esses aumentos anuais de área irrigada vêm se mantendo elevados nos últimos anos, apontando que este potencial tem sido aproveitado sobre áreas significativamente maiores a cada ano.

Entretanto, apesar de o Brasil situar-se em uma posição privilegiada, com disposição de cerca de 12% da água doce do mundo, há áreas com acentuada escassez e conflitos. A visão de abundância de água é enganosa, haja vista a concentração de 74% da disponibilidade hídrica situar-se na Amazônia, onde habita somente 5% da população do país (ANA, 2007).

Portanto, para reduzir impactos negativos como redução de perdas de água e melhor gestão e aproveitamento da água da irrigação, é necessário que haja a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação, que por sua vez está associado a diversos parâmetros fundamentais para tomada de decisões adquiridos em determinações de campo, como tempo de irrigação, uniformidade de aplicação de água e vazão, e escolha do sistema de irrigação adequada para a cultura e local. No entanto, por falta de orientação técnica, a avaliação de sistemas de irrigação

é uma tecnologia que os produtores não têm dado a devida importância, sendo necessário alertar sobre os prejuízos socioeconômicos advindos deste descaso (SILVA; SILVA, 2005).

2.2 DÉFICIT HÍDRICO NAS PLANTAS

A escassez hídrica tem se tornado um importante problema da agricultura mundial. Dentre os diversos fatores que limitam a produção vegetal, o déficit hídrico desempenha grande relevância, dado que, além de afetar as relações hídricas nas plantas, faz com que seu metabolismo seja alterado (NOGUEIRA et al., 2001).

Entre os desafios das mudanças climáticas, está a adaptação ao sistema produtivo sob uma possível alteração da disponibilidade de água e em função das demandas na agricultura. O aumento na frequência e na intensidade de períodos de seca, associados a altas temperaturas, é esperado em futuro próximo, como consequência das mudanças climáticas, causando perdas substanciais em áreas agrícolas (ARRUDA et al., 2015). Torna-se necessária a otimização da eficiência no uso da água na produção agrícola, a qual ainda é um dos principais desafios mundiais. Práticas de irrigação mais eficientes podem reduzir o volume de água aplicado aos campos agrícolas em 30-70% e pode aumentar o rendimento das colheitas de 20 a 90% (SACCON, 2018).

O estresse hídrico é comum na agricultura, afetando a produção de muitas culturas, fazendo com que apresente relevante impacto no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR & SINCLAIR, 1996). Deste modo, há um conflito entre a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos e a conservação da água pela planta (TAIZ & ZEIGER, 1991). As plantas, ao tentarem resolver este problema, desenvolvem mecanismos morfofisiológicos que as levam a reduzir o consumo de água nestes períodos de escassezes (MCCREE & FERNÁNDEZ, 1989).

O déficit hídrico ocasiona mudanças no comportamento vegetal, da qual a irreversibilidade vai depender do genótipo, do estágio de desenvolvimento da planta, da severidade e da duração. De acordo com Levitt (1980), é extremamente importante o conhecimento das respostas das plantas ao déficit hídrico, sendo que é de fundamental relevância se avaliar a capacidade de armazenamento de água no solo e se investigar a influência dos mecanismos de adaptação das plantas quando estas estão em condições de redução da disponibilidade de água no solo. Conforme Kiehl (1979), a capacidade de armazenamento de água no solo irá variar de acordo com a textura e as características físicas do solo, fazendo com que a planta apresente diferentes respostas em seus mecanismos de resistência morfofisiológicos.

O déficit hídrico impõe restrições nas taxas de assimilação de CO₂, transpiração e na condutância estomática (RENA & MAESTRI, 2000), conseqüentemente há redução nas taxas fotossintéticas, reduzindo acúmulo de massa nas plantas. Segundo Peloso et al. (2017), em condições mais severas de déficit hídrico, reduções nas taxas fotossintéticas podem ocorrer devido à inibição de processos metabólicos específicos como a fotofosforilação, a capacidade de regeneração e redução de atividade da ribulose 1,5 bifosfato carboxilase oxigenase (Rubisco) e de outras enzimas envolvidas no ciclo de Calvin (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Além disso, a exposição ao déficit hídrico poderá ocasionar desequilíbrio entre a absorção e a utilização da energia luminosa nos cloroplastos (PELOSO et al., 2017). Tal desequilíbrio pode acarretar um significativo aumento na produção de espécies reativas de oxigênio, as quais estão relacionadas à diferentes prejuízos celulares, como a oxidação de proteínas, ácidos nucleicos e lipídeos, o que, em última instância, pode provocar a morte do tecido vegetal (TAIZ & ZEIGER, 2013). É extremamente importante o entendimento das relações entre as tensões de água no solo e seus efeitos sobre o desenvolvimento da planta, para que sejam compreendidas as respostas das culturas ao estresse hídrico (RODRIGUES et al., 2013).

2.3 IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO PARA AS PLANTAS

Os solos tropicais de uma forma geral apresentam um elevado grau de intemperismo, apresentando deste modo baixa disponibilidade de fósforo (P) na forma disponível às plantas. A deficiência deste elemento nestes solos é um dos principais fatores limitantes na agricultura brasileira. Devido a sua baixa mobilidade no solo, o P, frequentemente é o fator que limita o crescimento de plantas (MACHADO et al., 2012).

O P é um nutriente fundamental no metabolismo das plantas, sendo responsável pelos processos energéticos dos vegetais nas formas de ADP e ATP, portanto é um elemento essencial para a divisão celular, respiração e fotossíntese da planta (TAIZ & ZEIGER, 2015). Deste modo, quando acontecem restrições no fornecimento de fósforo no início do ciclo vegetativo, podem ocorrer limitações no desenvolvimento, de forma que a planta não vem a se recuperar prontamente, mesmo que se aumente o suprimento de fósforo a níveis adequados (ZUCARELLI, 2006).

O comportamento do P no solo varia com a mineralogia local, afetando, portanto, sua capacidade de adsorção. Em solos com diferentes capacidades adsorptivas, a planta modifica seu metabolismo de forma a ser mais eficiente na utilização deste elemento, por isso é importante considerar as propriedades do solo (VILAR; VILAR, 2013). As frações que compõem a

distribuição do P no solo apresentam discrepâncias entre os sistemas de manejo utilizados (PARTELLI et al., 2009). Nos solos arenosos, por exemplo, há a propensão de ocorrer maior disponibilidade de fósforo, visto que a adsorção é menor em função da baixa concentração de argila, e, conseqüentemente, doses excessivas de fertilizante fosfatado podem implicar em perdas deste nutriente (MACHADO et al., 2011).

Conforme for o grau de estabilidade (maior ou menor) destes compostos, os fosfatos são classificados como lábeis e não-lábeis. O fosfato lábil é representado pelo conjunto de compostos fosfatados que são capazes de repor imediatamente a solução do solo logo que ele é absorvido por plantas ou por microrganismos. Por este motivo, as frações mais lábeis variam de acordo com o grau de intemperismo do solo, da textura, da mineralogia, das características físico-químicas, do teor de matéria orgânica, da atividade biológica e da vegetação predominante (WALKER & SYERS, 1976; CROSS & SCHLESINGER, 1995). Assim, é necessária a estabilidade de complexos organominerais, para que estes influenciem positivamente em relação à quantidade de argila e à presença de matéria orgânica, melhorando assim a química e a física destes solos (INDA JUNIOR et al., 2007).

O fósforo dos três principais macronutrientes é aquele que é exigido em menores quantidades pelas plantas. Apesar de que se trata do nutriente mais usado no Brasil, isto é explicado justamente devido a sua pobreza nos solos brasileiros e a sua forte adsorção ao solo (RAIJ, 1991).

As principais fontes de P utilizadas na agricultura são obtidas industrialmente pelo tratamento de rochas fosfáticas com ácidos. Dentre as fontes de P disponíveis no mercado brasileiro estão: fosfatos naturais, termofosfatos e fosfatos acidulados (STAUFFER, 2016). Por ser responsável por diversos processos fisiológicos das plantas, é necessário sempre se atentar às necessidades em relação a este nutriente, para que seja fornecido em quantidade satisfatória para que a planta possa atingir seu potencial de produção.

2.4 *Panicum maximum* cv. MOMBAÇA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Segundo estudos específicos da Embrapa Gado de Corte, demonstrou-se nessa cultivar a produção de 41ton de matéria seca por hectare/ano tendo, em média, 9,7% nos colmos, 13,4% de proteína bruta nas folhas e 81,9% de folhas. Os sistemas de pastejo rotativo são os mais indicados para a espécie *Panicum maximum*, por causa de suas características de perfilhamento e produtividade (JANK et al., 2005).

A indicação do capim-Mombaça é para áreas de produção de leite e em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Em média, possui constância de seis anos, com produção animal de 15 arrobas/ha/ano. Ao compararmos o capim-colonião, o Mombaça produz 130% a mais de matéria seca foliar, proporcionando aos animais de corte, em média, 700 kg de peso vivo/ha/ano.

A substituição da braquiária em áreas em processo de degradação por capim-Mombaça está relacionada à vantagem do sistema extensivo com baixa produtividade e baixo custo de manutenção ou de intensificação do sistema (JANK et al., 2005). Com isto, o interesse agropecuário pelo o *Panicum maximum*, apontado entre pesquisadores, é dado a seu alto potencial produtivo, com ótimas e viáveis respostas à adubação e ampla adaptabilidade.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Avaliar os efeitos das tensões de água no solo e das doses de fósforo no estabelecimento e manutenção das plantas de capim Mombaça, em condições de ambiente protegido.

3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a produtividade de massa seca (Kg. ha^{-1}) de *Panicum maximum* cv. Mombaça, em relação aos níveis dos fatores tensão de água no solo, doses de fósforo e cortes.
- Avaliar a produtividade em % de proteína bruta (PB) da matéria seca do Mombaça, no que tange aos níveis dos fatores tensão de água no solo, doses de fósforo e cortes.
- Mensurar a capacidade suporte de pastagens constituídas por Mombaça, em referência aos níveis dos fatores tensão de água no solo, doses de fósforo e cortes.
- Avaliar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca do Mombaça, quanto aos níveis dos fatores tensão de água no solo, doses de fósforo e cortes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. LOCAL DO EXPERIMENTO

O estudo foi realizado entre agosto e dezembro do ano de 2020, na área experimental pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), situada no município de Alegre, região sul do estado do Espírito Santo. As coordenadas geográficas são: 20°42'51,61" latitude Sul, 41°27' 24,51" longitude Oeste e 136,82 m de altitude. O clima da região se caracteriza pelo tipo "Aw", segundo a classificação de Köeppen, ou seja, clima tropical quente e úmido, com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura anual média é de 23,1°C, precipitação anual de 1.200 mm e umidade relativa média de 55%. Buscando preservar o trabalho das influências dos eventos pluviométricos, o mesmo foi realizado em estrutura com orientação Leste-Oeste e dimensões de 15,0 m de comprimento, 7,0 m de largura e pé-direito de 3,0 m, coberta com filme de polietileno (Figura 1).



Figura 1 - Área experimental do Centro de Ciências agrárias da UFES, com a localização da estrutura utilizada para a pesquisa: Tensões de água no solo e adubações fosfatadas no desenvolvimento do capim Mombaça, identificada pela seta na imagem.

Fonte: Hugo Zago (2020).

4.2. PREPARO DO SOLO E MONTAGEM DO EXPERIMENTO

O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho Amarelo, predominante na região, coletado na própria área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias-UFES, na profundidade de 0 a 0,30 m. O solo coletado foi colocado dentro da casa de vegetação a uma altura de 20 cm do solo. A correção do solo foi realizada de acordo com a análise química do mesmo (Tabela 1) e a quantidade de calcário aplicada, aos 40 dias antes do plantio das sementes, foi determinado pelo método de saturação de bases (VAN RAIJ, 1991), conforme equação 1.

Tabela 1 - Atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado como substrato para plantio do *Panicum Maximum* cv. Mombaça.

pH	P K Na	Ca Mg Al H + Al SB t T	V m
H ₂ O	mg.dm ⁻³	Cmolc.dm ⁻³	%
5,2	1,46 36 3	0,53 0,49 0,75 1,12 1,87 5,25	21,37 40,08

pH: relação solo-água 1:2,5; P: extrator Mehlich⁻¹ e determinação por colorimetria; K e Na: extrator de Mehlich⁻¹ e determinação por espectrofotometria de chama; Ca e Mg: extrator HCl 1 mol.l⁻¹ e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al: extrator KCl 1 mol.L⁻¹ e determinação por titulometria; H + AL: extrator de Acetato de Cálcio 0,5 mol.L⁻¹ pH 7,0; Matéria Orgânica: oxidação de carbono via úmida com dicromato de potássio em meio ácido (H₂SO₄).

$$NC = \frac{T (V_2 - V_1)}{PRNT} \quad (1)$$

em que:

NC = Necessidade de calagem;

V₂ = Saturação de base para gramíneas (70%);

V₁ = Saturação de base do solo;

T = CTC a pH 7,0;

PRNT= Poder redutor do calcário (82 %).

Sendo assim, a correção do pH foi realizada 40 dias antes da semeadura das sementes de Mombaça, aplicando 233g de calcário dolomítico com PRNT 82% em cada unidade amostral, e a incorporação foi realizada a 20cm por meio de enxada.

A adubação das doses de fósforos foram por meio do adubo comercial MAP (60% de P₂O₅). As doses do P₂O₅ foram equivalentes a 100, 200, 300 e 400 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. Nas unidades experimentais cujas doses eram de 100 kg.ha⁻¹, foram aplicados 12,50g da fonte fosfata, 25g

nas unidades experimentais nas quais as doses eram 200 kg.ha^{-1} , $37,50\text{g}$ nas unidades experimentais das quais as doses eram 300 kg.ha^{-1} e 50g nas unidades experimentais cujas doses eram de 400 kg.ha^{-1} .

A aplicação da fonte de fósforo foi manual e incorporada na parcela experimental com auxílio de enxada, buscando uniformização, e para incorporação na profundidade de 20cm foi realizado o princípio da casualização, para se evitar que um determinado tratamento venha a ser beneficiado (ou prejudicado) por sucessivas repetições em parcelas melhores (ou piores).

O início das adubações nitrogenada e potássica ocorreu quando a gramínea ocupou 70% do solo, sendo as doses de $150 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de ureia ($44\% \text{ N}$) e 80 kg.ha^{-1} de cloreto de potássio ($58\% \text{ K}^+$), que foram divididas pelos quatro cortes da gramínea. As unidades das parcelas experimentais foram divididas por placas impermeáveis de PVC ($1,0 \times 0,75 \text{ m}$) e entre as subparcelas ($1,0 \times 0,75 \text{ m}$), para que não ocorresse influência entre os níveis de tensão de água no solo e adubações fosfatadas, instaladas no solo a $0,4 \text{ m}$ separando os níveis de tensão de água, e $0,2 \text{ m}$ para os níveis de doses de fósforo (Figura 2).



Figura 2 - Unidades experimentais, separadas por placas impermeáveis de PVC, separando os níveis de tratamentos de adubações de P e tensões de água.

A gramínea utilizada foi o capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) selecionada devido a sua alta capacidade produtiva de forragem e lâminas foliares. Trata-se de uma gramínea tropical de porte elevado, com perfilhos vigorosos, alto valor nutricional, tolerância alta à seca, resistência média à cigarrinha das pastagens e a capacidade em responder à adubação aplicada, com resultados muito satisfatórios (FARIA, et al., 2015).

A quantidade de sementes aplicada nas parcelas foi calculada de acordo com o valor cultural (VC) do capim Mombaça, semeadas manualmente a lanço na densidade de 12 kg ha^{-1} (COSTA, et al., 2001), com pureza de 90,00 % e viabilidade de 80,00%. Após 40 dias da emergência das plântulas nas parcelas experimentais foi realizado um corte para estimular o perfilhamento das gramíneas, posterior a mais 40 dias (Figura 3) o corte para uniformização do sistema, dando início aos níveis dos tratamentos através da determinação da umidade.



Figura 3 - Foto das unidades experimentais antes do corte de uniformização da pesquisa: Tensões de água no solo e adubações fosfatadas no desenvolvimento do capim Mombaça.

Para eficiente colheita do Mombaça, tanto em quantidade quanto em qualidade, o corte foi realizado obedecendo o intervalo de 30 dias entre os mesmos. Após cada corte as plantas eram rebaixadas a altura de 0,3 m do nível do solo dando início ao próximo corte.

4.3. MANEJO DAS TENSÕES DE ÁGUA

Foram recolhidas amostras de solo do experimento, que prontamente foram direcionadas aos laboratórios de Recursos Hídricos e de Solos da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES para determinação da curva de retenção de água no solo e determinação das umidades das tensões pré estabelecidas neste experimento (40, 100, 200 e 300kPa), segundo método da Câmara de Richards (RICHARDS, 1941) e pelo modelo proposto por Van Genuchten (1980), além da determinação da capacidade de campo e ponto de murcha permanente do solo. As tensões do solo foram escolhidas a fim de observar a resposta da gramínea submetida aos diferentes níveis de reposição de água. A Figura 4 apresenta a curva de retenção de água no solo para o experimento.

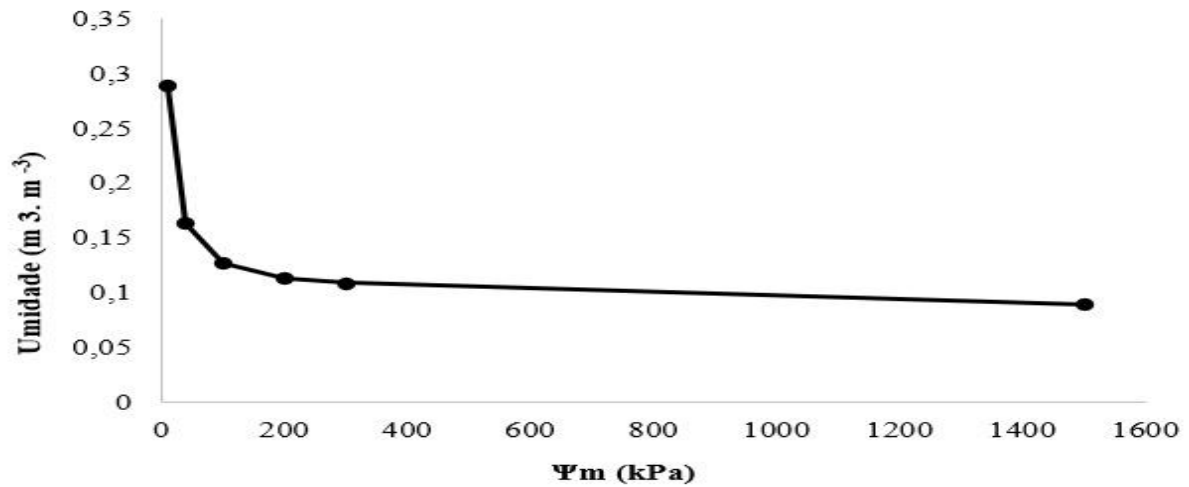


Figura 4 - Curva de retenção de água do solo do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado como substrato no experimento.

Na tabela 2 são apresentadas as características físico-hídricas do solo Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento.

Tabela 2 - Características físico-hídricas do solo. Capacidade de campo (Cc), Ponto de murcha (Pm), Água disponível (Ad), Areia, Silte e Argila, Densidade do solo (Ds).

Profundidade (m)	Teor de água (m³.m⁻³)			Distribuição granulométrica (%)			Dens. do solo (g.cm⁻³)	Dens. de partículas (g.cm⁻³)	Porosid. Total (%)
	Cc	Pm	Ad	Areia	Silte	Argila			
0 – 0,3	0,289	0,09	0,199	49	9	42	1,2	2,49	51,8

De acordo com a curva de retenção da água no solo e as umidades correspondentes as tensões (40, 100, 200 e 300kPa). Assim sendo, o monitoramento da umidade do solo era realizado diariamente no período da manhã. O monitoramento da umidade do solo foi realizado por meio do método do forno elétrico, e sempre que a umidade do solo atingia a umidade correspondente à tensão requerida pela subparcela a irrigação era realizada. A reposição de água era feita manualmente com o auxílio de um béquer graduado com volume de água necessário para que o solo retornasse à umidade correspondente a tensão de 10kPa, arbitrado como capacidade de campo, de acordo com a equação 3.

$$IRN = \frac{CC - UA}{10} \cdot D_s \cdot Z \cdot F_c \quad (3)$$

em que:

IRN – Irrigação real necessária;

UA -Umidade atual em que o solo se encontra;

CC – Capacidade de campo do solo;

Ds – Densidade do Solo

Z- Profundidade efetiva da raíz (20cm)

Fc- Fator de correção (área = 0,75m²).

4.4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL UTILIZADO

O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas (4 x 4 x 4), sendo nas parcelas as tensões de água no solo em quatro níveis (30, 100, 200 e 400 kPa), nas subparcelas adubação fosfatada em quatro níveis (100, 200, 300, 400 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) e nas subsubparcelas os cortes em quatro níveis (1^o, 2^o, 3^o e 4^o corte), em um delineamento em blocos casualizado, com quatro repetições. Na figura 5 encontra se o croqui do experimento.

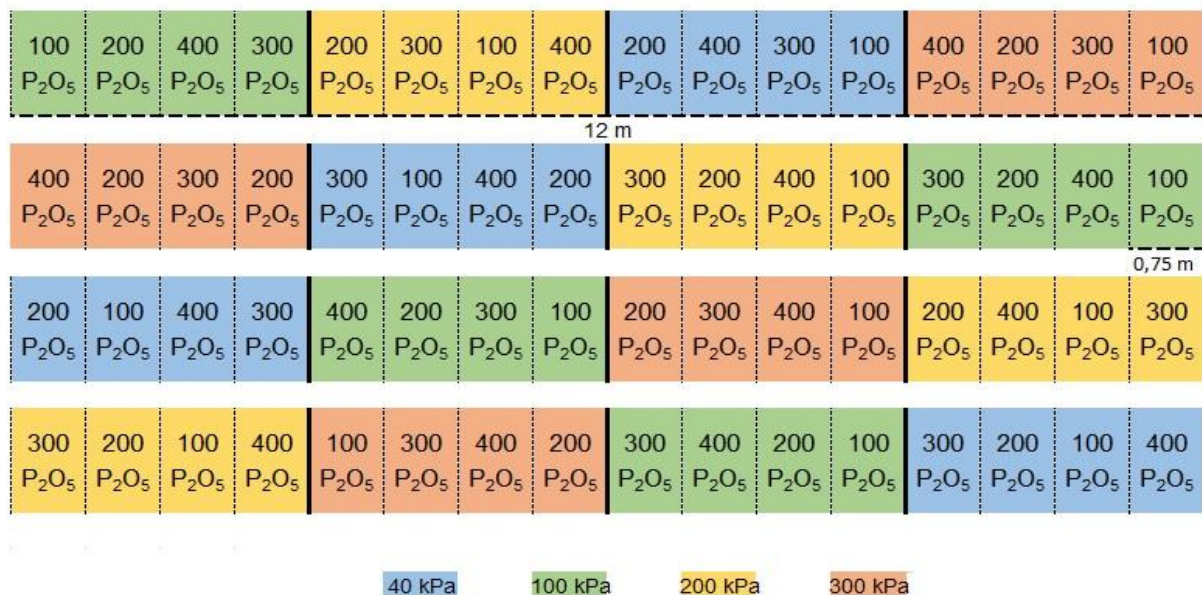


Figura 5 - Croqui das unidades experimentais, e a disposição dos tratamentos de doses de P₂O₅ e Tensão de água no solo (kPa).

4.5. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

4.5.1. Massa fresca e Massa seca

A massa fresca da forrageira foi colhida por meio do método direto, utilizando um quadrado de 0,25 m de lados com área conhecida de 0,0625 m², o qual foi posicionado na parte central de cada unidade amostral, evitando assim os efeitos das bordaduras, e com um auxílio de cutelo de poda foi realizada a colheita, sendo o material acondicionado em sacos devidamente identificados, e imediatamente pesados em balança analítica para a determinação da massa fresca (MF em g).

Após determinação da massa fresca, o material foi conduzido à estufa com circulação de ar a 60 °C, por um período de 72 horas, para determinação da massa seca (MS em g) com o auxílio de balança analítica, adaptado de Silva; Queiroz (2002) para posteriormente mensuração de MS em Kg ha⁻¹. A secagem em menor temperatura e por maior tempo foi realizada com o objetivo de não degradar as moléculas de proteína, sendo a mesma amostra para a análise de proteína bruta.

4.5.2. Altura de planta

A evolução do crescimento da pastagem foi quantificada por meio de medidas diretas com auxílio de régua graduada adotando-se o método do quadrado (SALMAN; SOARES; CANESIN, 2006). Este método consiste no uso de um quadrado de 0,0625 m² (0,25 m de lado).

Dentro do quadro amostral foi medida a altura de planta, desde o solo até as extremidades das folhas apicais completamente expandidas.

4.5.3. Proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca

Após secagem das amostras de Mombaça de cada unidade experimental, essas foram moídas em moinho do tipo Willey, em peneira de malha de um milímetro, acondicionadas em recipientes de vidro com tampa e devidamente identificados e enviadas ao Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Alegre para determinação dos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), segundo métodos descritos por Silva; Queiroz (2002), e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS), segundo técnica descrita por Tilley; Terry (1963).

4.5.4. Capacidade suporte

A estimativa da capacidade suporte foi realizada com base no método do quadrado para estimar a capacidade de suporte de pastagens descrita por Salman (2006), correlacionando a porcentagem (%) de massa seca (MS) de Mombaça de cada parcela experimental por hectare de área (ha) pelo consumo de 2% de MS por peso vivo animal (500 Kg), conferindo a capacidade suporte animal ha^{-1} .

4.6 ANÁLISE DOS DADOS

Todas as variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância, utilizando o teste F ao nível de 5% de probabilidade e quando significativo para os fatores quantitativos foram utilizados os modelos de regressão a 5% de probabilidade, enquanto que para o fator qualitativo a comparação de médias foi realizada usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

Na figura 6 se encontram os valores médios mensais de umidade relativa, temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima obtidos durante o experimento.

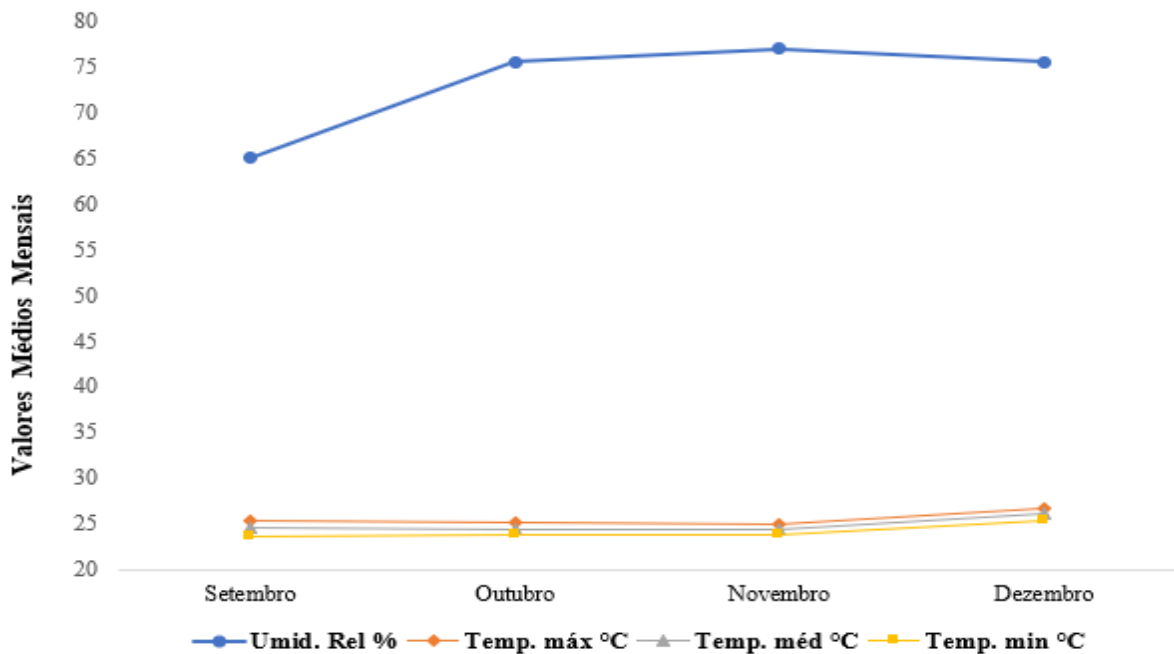


Figura 6 - Variação mensal da umidade relativa do ar (UR) (%) e das temperaturas máxima (Tmáx), média (Tm) e mínima (Tmín) (°C) no período de setembro a dezembro de 2020.

Os valores médios de umidade relativa (Figura 6) variaram entre 65 e 77%, observando-se valores máximos nos meses de novembro e mínimo no mês de setembro de 2020. As médias para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro foram: 65, 75,5, 77 e 75,5 %, respectivamente. A umidade relativa do ar é de grande importância para as plantas, dado que ela interfere no balanço hídrico por meio dos processos transpiratórios, visto que ocorrem por diferenças de pressão de vapor entre a atmosfera e a folha (OMETTO, 1981).

Atua também na hidratação da cutícula e na redissolução de sais de herbicidas na superfície foliar (ROMAN et al. 2005). Verificou-se na Figura 6 que os valores médios de temperatura durante o período experimental variaram de 23,64 a 26,7°C, sendo a máxima no mês de dezembro e a mínima no mês de setembro de 2020. As médias para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro foram: 24,52; 24,45; 24,35 e 26,02 °C, respectivamente. Tais médias de temperatura são comuns em região de clima tropical, onde se tem médias anuais de verão superiores a 24°C e de inverno acima de 15°C, não ocasionando efeito limitante no

crescimento forrageiro (GONÇALVES, 2016). Nas regiões em que a temperatura média anual apresenta valores entre 10 e 20°C no período do verão e entre 5 e 15°C no período de inverno, a temperatura exerce papel tão importante quanto o fator hídrico (SANTOS, 2006).

5.1 MASSA FRESCA E MASSA SECA DE PLANTAS.

Conforme a análise de variância (apêndice), para as variáveis massa fresca (MF) e massa seca (MS), em grama (g), ocorreu interação para os fatores tensão e doses.

Nas Figura 7 se encontram massa fresca em grama (MF) e massa seca em grama (MS) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator doses de P₂O₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha⁻¹), para cada nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).

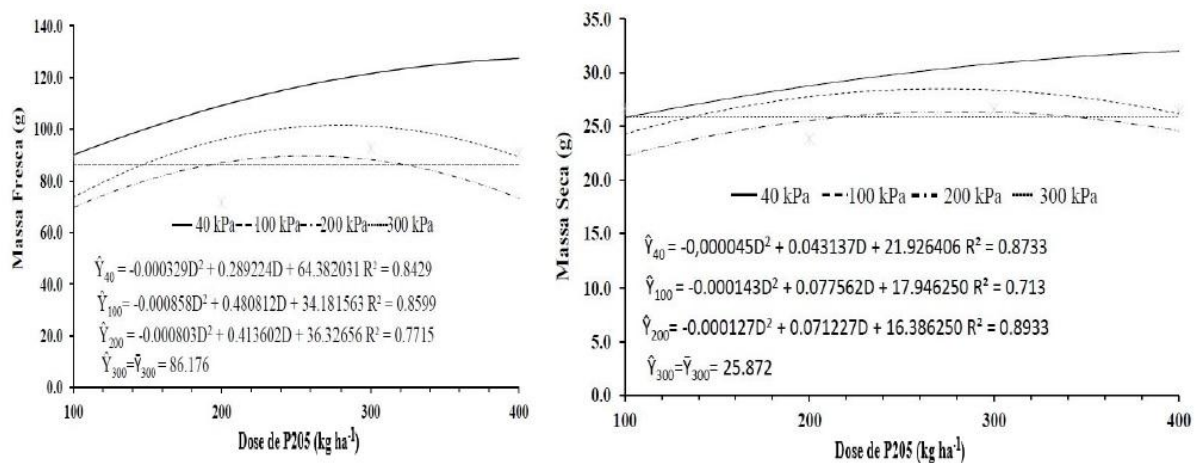


Figura 7 - Massa fresca e Massa seca em grama (g) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator doses de P₂O₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha⁻¹) para cada nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).

Verificaram-se por meio da Figura 7 os efeitos quadráticos para as tensões 40, 100 e 200 kPa e para a tensão de 300 kPa para $\hat{Y} = \bar{Y}$ ($p < 0,05$).

Por meio das equações observou-se a estimativa de produção para a interação doses de P e tensão de água no solo para a variável MF, e foi possível também calcular a estimativa de produção para as interações doses de P e tensão de água no solo para a variável MF, conforme apresentado na Figura 8.

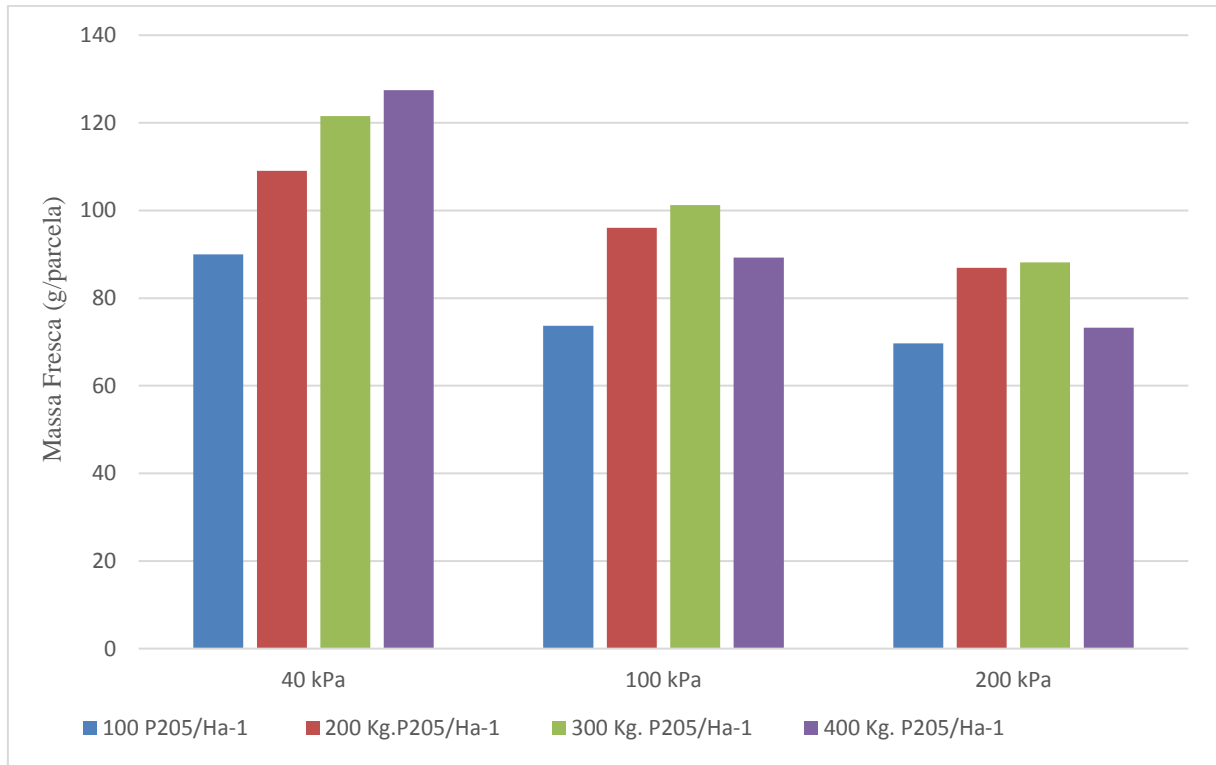


Figura 8 - Estimativas de produção através das equações geradas pelo modelo de regressão para as interações doses de P₂O₅ e tensão de água no solo para a variável MF.

A partir da Figura 8 é possível observar os resultados previstos pelas equações para cada tensão e doses de P. Somente na tensão de 40 kPa houve incremento na produção para todas as doses em estudo. Nas tensões de 100 e 200 kPa, em que a planta se encontrava em condições de estresse hídrico, ocorreram menor eficiência do uso das doses e diminuição do seu potencial produtivo, tendo o seu ponto máximo de produção com a dose de 280,19 kg de P₂O₅ para a tensão de 100 kPa e 257,53 kg de P₂O₅ para a tensão de 200 kPa. Doses maiores resultaram em decréscimo na produção, demonstrando assim o efeito negativo ocasionado pelo déficit hídrico nestas tensões.

Para a variável MS foram observados resultados análogos à variável MF, em que também somente na tensão de 40 kPa foi possível haver incrementos de acúmulos de MS para doses de 300 e 400 kg. P₂O₅.Ha⁻¹.

Como também observado na variável MF, os níveis nas tensões de 100 e 200 kPa, em que a planta se encontrava em condições de estresse hídrico, ocorreu menor eficiência do uso das doses e diminuição do seu potencial produtivo, tendo o seu ponto máximo de produção (Figura 11) com as doses de 271,19 kg de P₂O₅ para a tensão de 100 kPa e 280,42 kg de P₂O₅ para a tensão de 200 kPa. Doses maiores resultaram em decréscimo na produção, demonstrando assim o efeito negativo ocasionado pelo déficit hídrico nestas tensões.

Os resultados presentes nesse trabalho são explicados por Stauffer (2016), o qual afirma que o déficit hídrico rigoroso diminui ou inibe a absorção de nutrientes pelas plantas, devido à água ser o veículo por meio do qual os íons se movimentam da solução do solo para o sistema radicial das plantas, principalmente quando este movimento se dá por fluxo de massa e difusão. A falta de níveis adequados de água no solo leva, obrigatoriamente, à deficiência de nutrientes.

Devido ao solo do experimento ser um latossolo, este é reconhecido por estar sujeito a elevado grau de intemperismo e altas taxas de óxidos de Fe e Al, ocasionando assim baixa disponibilidade de íons na solução do solo devido a sua alta taxa de adsorção (STAUFFER, 2016).

Outro fator que afeta a adsorção do fósforo ao solo é o conteúdo de água. Solos que apresentam diminuição do seu conteúdo de água tendem a apresentar maior adsorção deste elemento, assim o íon fosfato presente na solução passa a ficar à superfície do colóide, afetando assim o suprimento do nutriente as plantas (COSTA et al., 2009).

Segundo Carvalho et al. (2018), ao trabalhar com capim mombaça submetido a diferentes doses de fósforos na época da seca, afirmam que o período de déficit hídrico afetou o suprimento de fósforo para as plantas.

De modo geral, as gramíneas forrageiras tropicais apresentam respostas diferenciadas em produção e valor nutritivo em relação à quantidade de água recebida, sendo que essas respostas parecem também estar associadas à espécie forrageira, à adubação, ao local, ao tipo de sol e à estação do ano (VOLTOLINI, et al. 2010).

Nas Figura 9 encontra-se a massa fresca em grama (MF) e a massa seca em grama (MS) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator tensão de água (40, 100, 200 e 300 kPa), para cada nível do fator doses de P_2O_5 (100, 200, 300 e 400kg.ha⁻¹).

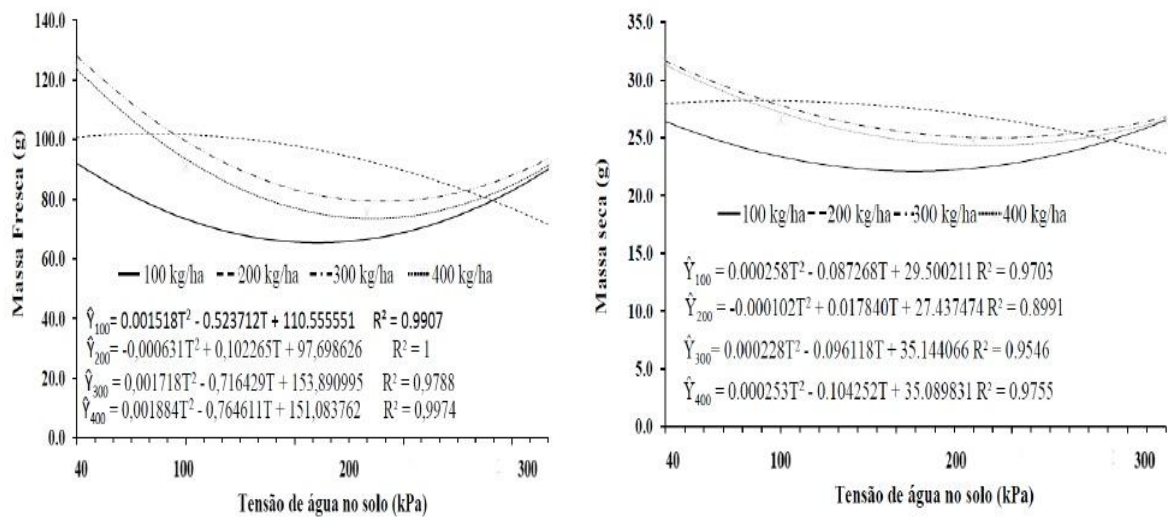


Figura 9 - Massa fresca e Massa seca em grama (g) da forrageira Mombuca em função do nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa) para cada nível do fator doses de P₂O₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha⁻¹).

A partir da Figura 9 verificou-se os efeitos quadráticos para as doses de P (100, 200, 300 e 400) em função dos níveis de tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa) para as variáveis MF e MS (P < 0,05).

A partir das equações observaram-se as estimativas de produção para as interações doses de P e tensão de água no solo para as variáveis MF e MS, de acordo com as Figuras 14 e 15.

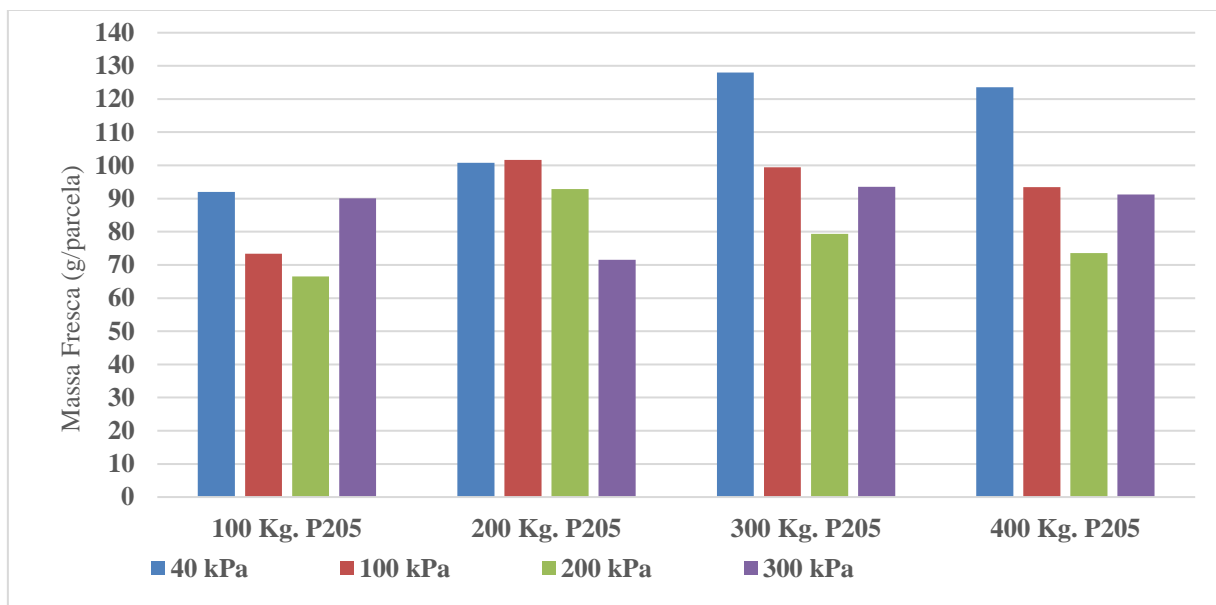


Figura 10 - Estimativas de produção através das equações geradas pelo modelo de regressão para as interações tensão de água no solo em função dos níveis de doses de P para a variável MF.

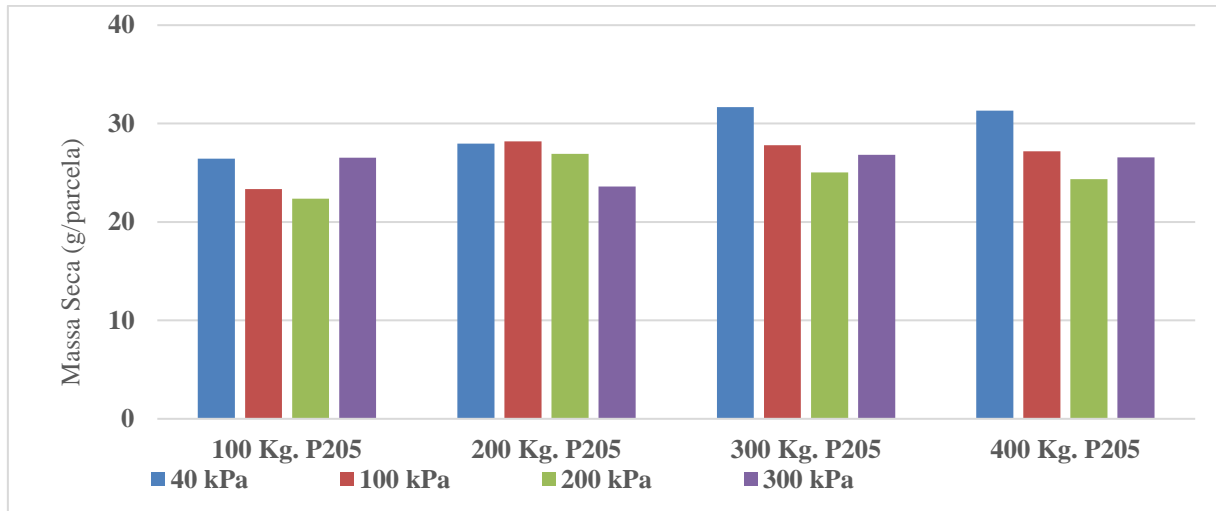


Figura 11 - Estimativas de produção através das equações geradas pelo modelo de regressão para as interações tensão de água no solo em função dos níveis de doses de P para a variável MS.

De acordo com as tensões e as doses estudadas é possível observar por meio das Figuras 10 e 11 que os tratamentos com tensões de 40 kPa e doses de 300 e 400 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ obtiveram melhores resultados tanto para a variável MF quanto para a variável MS. Entretanto, para os tratamentos com maior déficit hídrico (300 kPa) ocorreram maiores incrementos tanto em MF quanto MS, em relação aos tratamentos de 100 e 200 kPa. Foi possível também calcular o ponto de mínimo de produção para as variáveis MF e MS. Para a dose de 100 kg de P₂O₅.ha⁻¹ foi verificado na tensão de 172,5 kPa, com produção de 65,38 g/parcela para variável MF e 169,12 kPa, com produção de 22,12 g/parcela para variável MS.

Para a dose de 300 kg de P₂O₅.ha⁻¹ foi verificado na tensão de 208,5 kPa, com produção de 79,20 g/parcela para variável MF e 210,78 kPa, com produção de 25,01 g/parcela para variável MS.

Para a dose de 400 kg de P₂O₅.ha⁻¹ foi verificado na tensão de 202,92 kPa, com produção de 73,50 g/parcela para variável MF e 206,03 kPa, com produção de 24,36 g/parcela para variável MS.

De acordo com Gonçalves (2016) e Gargantini et al. (2005), tratamentos onde se obteve maior reposição de água se observou maior acúmulo de massa fresca e seca para o capim mombaça.

Para os tratamentos com tensões de 300 kPa ocorreram incrementos para as variáveis MF e MS. Este resultado se explica devido a estes tratamentos nestas tensões apresentarem maiores valores de lignina, consequentemente aumentando o seu peso, porém diminuindo a sua qualidade nutricional. Segundo Silva et al. (2020), a diminuição do teor de umidade no solo aumenta a taxa de lignina, formando complexos com a celulose e hemicelulose na parede celular.

Alencar (2007), ao trabalhar com diferentes lâminas de irrigação em seis tipos de gramíneas (Xaraés, Estrela, Marandu, Pioneiro, Tanzânia e Mombaça), verificou que todas elas apresentaram baixo potencial produtivo, explicando que é necessário que fatores como clima, adubação e umidade do solo estejam em ótimas condições para alcançarem maiores valores de produção.

Segundo Rassini (2002), a água é o principal componente das células vegetais e tem parcela primordial nos processos de assimilação e alocação de carbono, assimilação e alocação de nutrientes, principalmente nitrogênio, e evapotranspiração. O autor afirma também que na associação da adubação com reposição de água há um incremento de cinco a oito vezes a produção de massa seca das pastagens, ressaltando a importância da água no aumento da produtividade.

A água e nutrientes são componentes de extrema importância que determinam, na maioria das vezes, a produtividade das culturas. Além da água ser componente fundamental para atividades fisiológicas das plantas, no solo exerce outro papel fundamental, funcionando como meio de transporte de nutrientes, que pode se dar por fluxo de massa ou fluxo difusivo (PROCÓPIO et al., 2002).

Para o fator corte, não ocorreu interação para as variáveis MF e MS entre os demais fatores estudados, por isso estudou-se de forma isolada, conforme é observado na Figura 12 e 13.

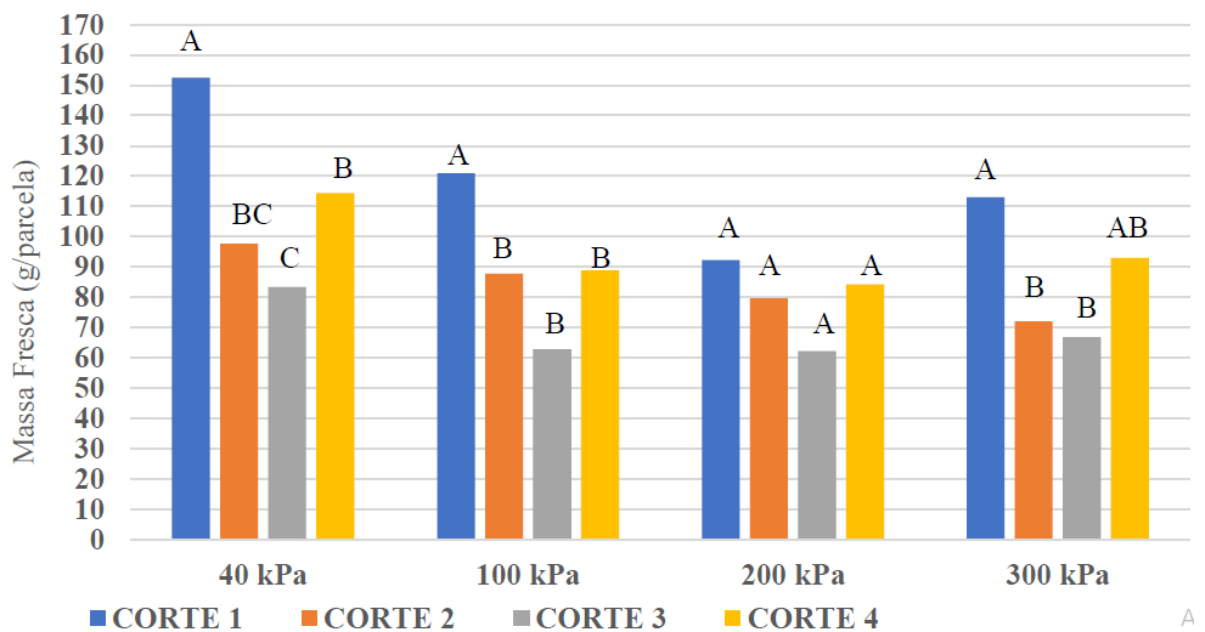


Figura 12 - Teste de Tukey para variável massa fresca (g/parcela) do Fator corte (1, 2, 3 e 4º corte) nos níveis do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

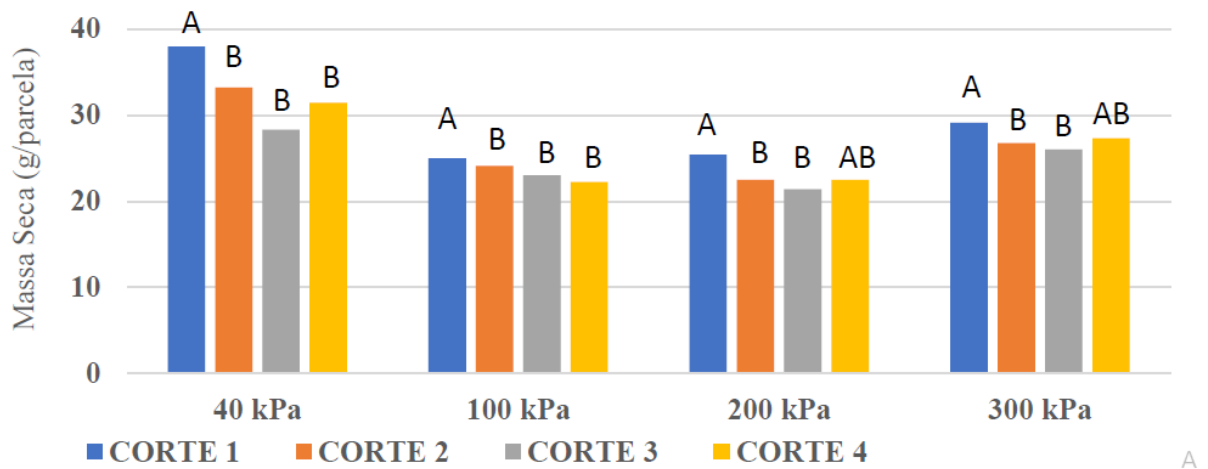


Figura 13 - Teste de Tukey para variável massa Seca (g/parcela) do Fator corte (1, 2, 3 e 4º corte) nos níveis do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Para a variável MF houve interações significativas ($P < 0,05$) para os cortes 1, 2 e 4, sendo que o 1º corte foi estatisticamente superior a todos os demais.

Para a variável MS ocorreu interações significativas ($P < 0,05$) nos 4 cortes em estudo e também o 1º corte foi estatisticamente superior aos demais.

Gonçalves (2016), ao trabalhar com capim Mombaça e diferentes tensões de água no solo em seu trabalho, encontrou valores superiores no 1º corte para as variáveis MF e MS, explicando que tais resultados ocorreram devido a uma menor competição entre plantas no início do experimento, pois a maioria das plantas forrageiras tropicais é de plantas de sol e não apresentam tolerância desenvolvida ao sombreamento, acarretando assim uma redução no crescimento quando ocorre competição por luz devido ao sombreamento pelas plantas vizinhas.

O 4º corte se deu início no mês de dezembro, no qual houve condições melhores de temperatura para o desenvolvimento da forrageira, demonstrando assim superior aos cortes 2 e 3.

5.2 ALTURA DE PLANTAS

Conforme o resultado da análise de variância ($p < 0,05$) ocorreu interação entre os fatores corte e tensão para a variável altura de plantas. Na Figura 14 se encontra o desdobramento dos estudos da interação dos níveis do fator tensão (40, 100, 200 e 300 kPa) em função dos níveis do fator corte (1, 2, 3 e 4º corte).

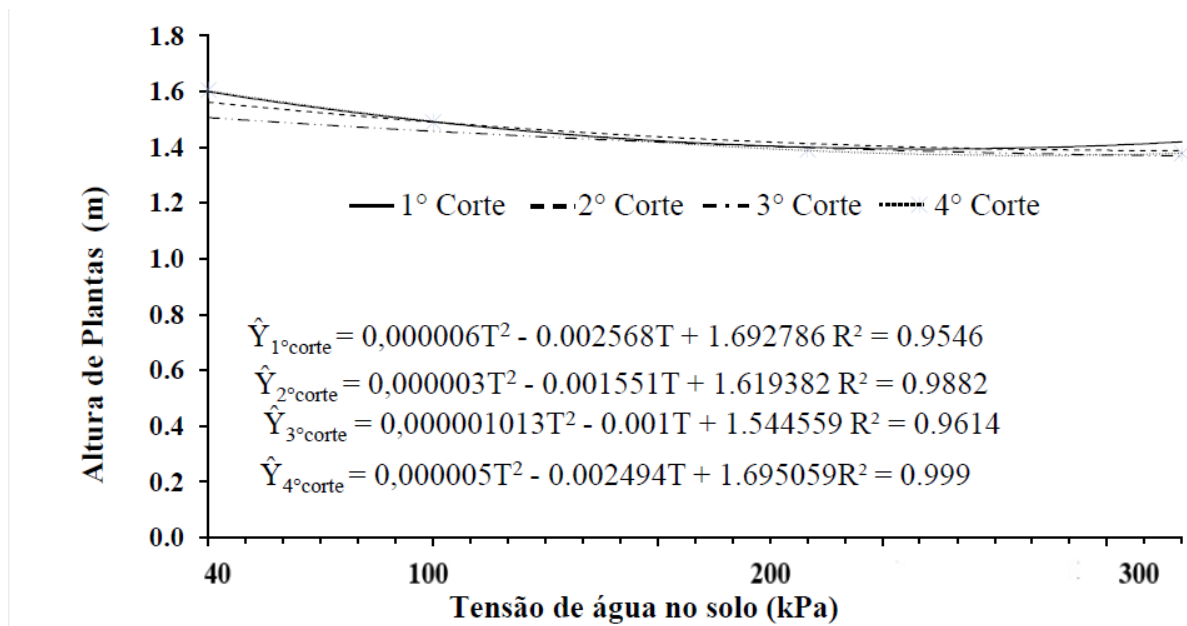


Figura 14 - Altura de Planta (m) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa) para cada nível do fator cortes (1, 2, 3 e 4º Corte).

Houve efeito significativo das tensões de água no crescimento do capim Mombaça, sendo que os tratamentos que obtiveram maiores reposições de água apresentaram maiores ganhos em altura. A partir do modelo matemático foi possível obter as estimativas de altura de plantas para cada corte em função do nível de tensão de água no solo. Assim, de acordo com as equações, os melhores resultados foram observados para o 1º, 4º, 2º e 3º corte, respectivamente, sendo que os melhores resultados foram obtidos na tensão de 40kPa. De acordo com Paiva (2006), a umidade presente no solo é de extrema importância para o crescimento e desenvolvimento do vegetal, o qual se dá pelo aumento de volume das células, provocado por fatores bioquímicos como afrouxamento da estrutura da parede celular, aumento da síntese proteica e da respiração e, especialmente, pela ação física da entrada de água nas células, ocasionando grande expansão das estruturas do vegetal.

Ribeiro et al (2009), em seu trabalho sobre a influência da irrigação em diferentes épocas (seca e das águas) com capim Mombaça, afirma que a deficiência de uso de água e o déficit hídrico pode ocasionar a paralização do crescimento vegetal e aumentar a proporção de tecidos estruturais e a espessura das paredes celulares. Na Figura 15 mostrada a seguir, verifica-se que a interação foi significativa entre corte e tensão.

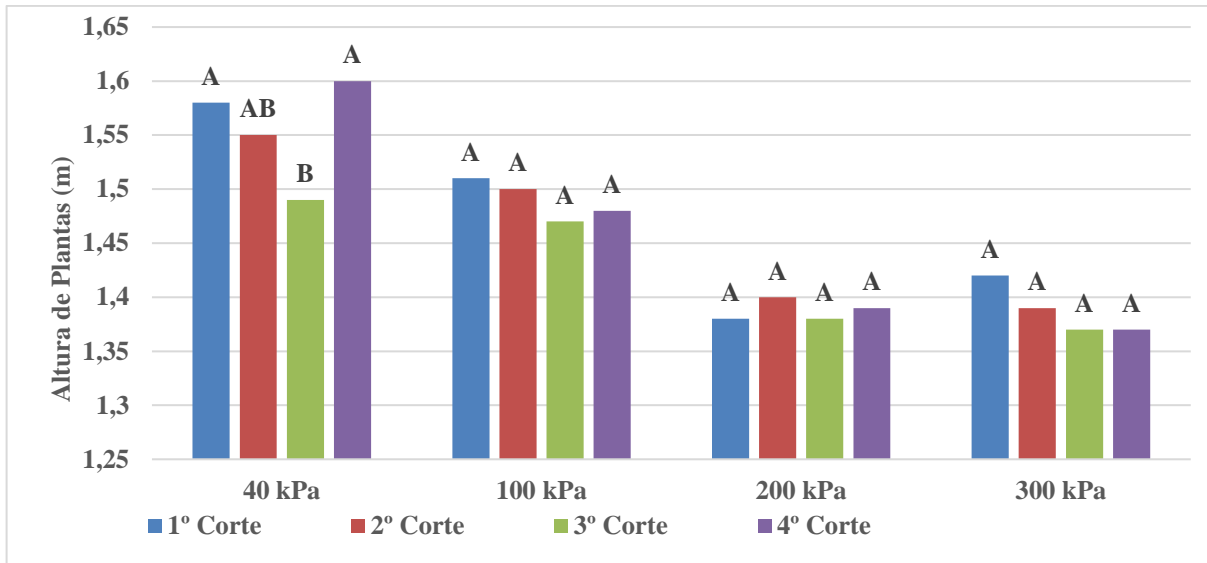


Figura 15 - Altura da Planta (m) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator cortes (1, 2, 3 e 4º Corte.) para cada nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

É possível observar por meio da Figura 15, para o nível de tensão de água no solo de 40 kPa, que para o 1º, 2º e 4º cortes não diferiram estatisticamente entre si, e para 2º e 3º cortes também não diferiram. Para os demais níveis de tensão de água no solo não houve diferença estatística entre os cortes.

O capim Mombaça é uma forrageira conhecida por sua alta produtividade, qualidade bromatológica e sua alta adaptabilidade as diferentes condições de clima e solo. Apesar de apresentar tais características é uma forrageira altamente exigente em fertilidade e que responde expressivamente a adoção de irrigação, visto que os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram os quais forneceram todas estas características a planta.

Para o fator doses não ocorreu interação para a variável altura de plantas entre os demais fatores estudados, por isso estudou-se de forma isolada, conforme apresentado na Figura 16.

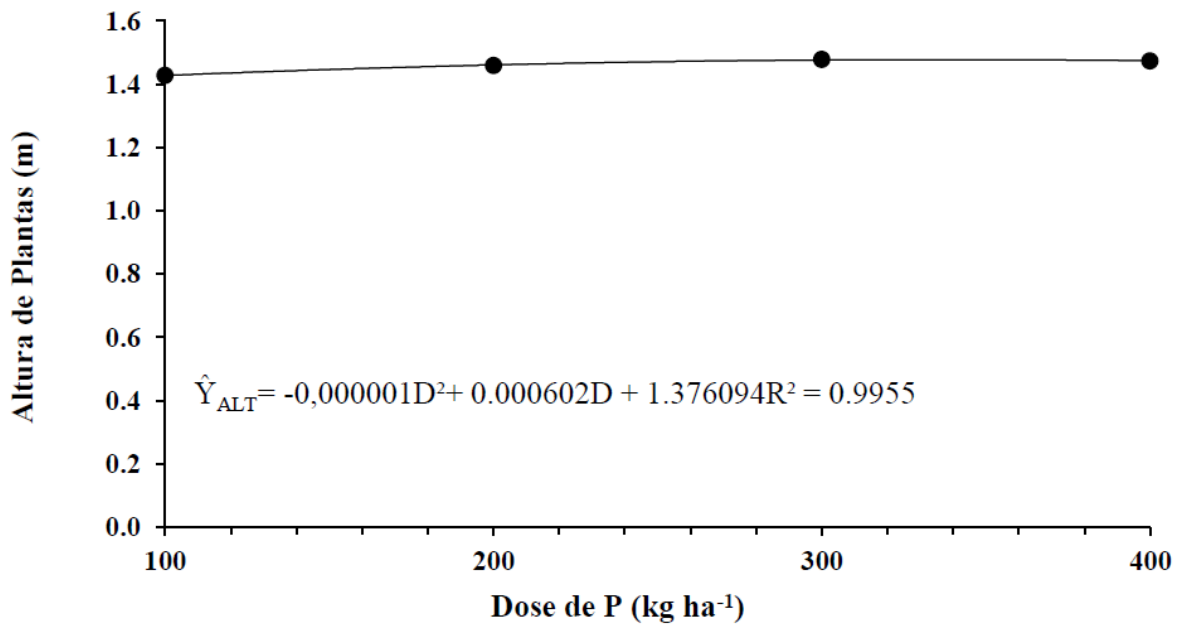


Figura 16 - Altura de Planta (m) da forrageira Mombaça em função do nível do fator doses de P₂O₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha⁻¹).

Por meio da análise de regressão para o fator doses foi possível obter as estimativas de alturas para as doses de P₂O₅ estudadas. Para dose de 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, obteve-se altura de 1,42m; na dose de 200 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ altura de 1,45m; 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ altura de 1,46m; e 400 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ altura de 1,45m. Estudando as doses de forma isolada, não é possível observar a sua correlação com as tensões de água no solo e os cortes. Assim sendo, ocorreu baixa diferença entre as doses estudando de forma isolada.

5.3 PROTEÍNA BRUTA

De acordo com a análise de variância ($P < 0,05$), ocorreu interação entre os fatores corte e tensão para a variável proteína bruta. Nas Figuras 17 e 18 se encontram o desdobramento dos estudos da interação dos níveis do fator tensão (40, 100, 200 e 300 kPa) em função dos níveis do fator corte (1, 2, 3 e 4º corte) para a variável proteína bruta (PB).

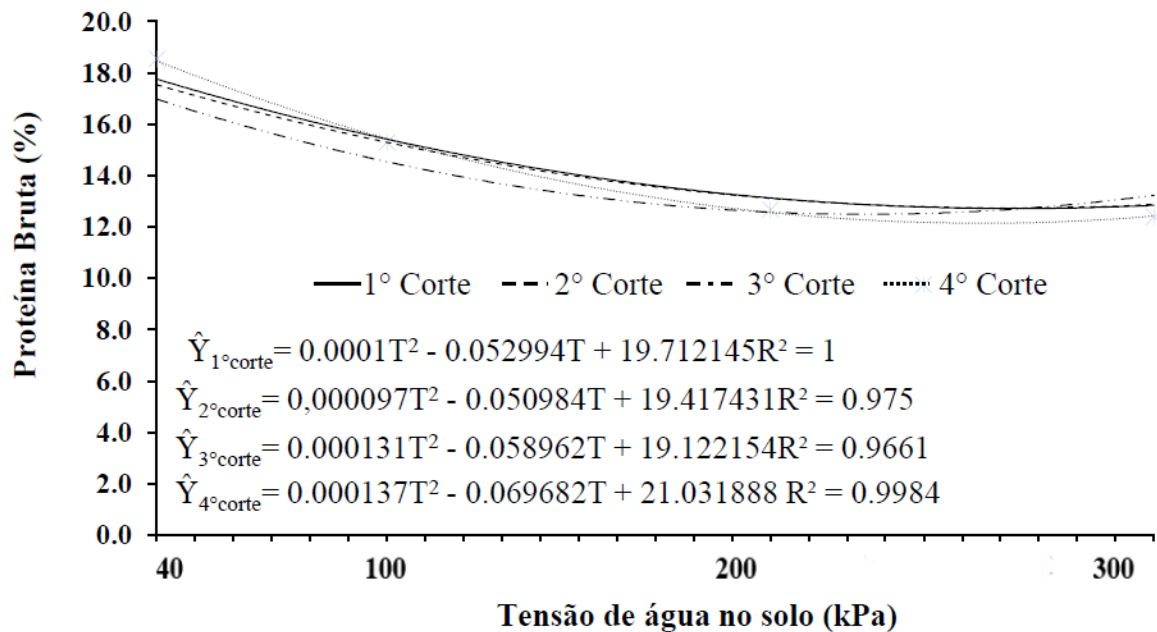


Figura 17 - Proteína bruta (%) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa) para cada nível do fator cortes (1, 2, 3 e 4º Corte).

Alencar et al. (2010), Corrêa e Santos (2003), trabalhando com diferentes forrageiras, encontraram %PB de 11,47 e 12%, respectivamente. Os valores encontrados por esses autores foram menores que o encontrado neste trabalho, possivelmente devido à condução do experimento em ambiente protegido, manejo de corte com 30 dias e o manejo de adubação realizado neste presente trabalho, em que ocorreu para o plantio e após cada corte, e adubações de coberturas com fonte nitrogenada. De acordo com GURGEL (2019), o nitrogênio é o principal elemento responsável para o incremento maior de %PB nas espécies forrageiras.

Em trabalho realizado por Gonçalves (2016), estudando efeitos de diferentes tensões de água no solo em capim Mombaça, encontrou valores elevados %PB, e o autor explica que estes valores foram encontrados devido a uma maior produção de biomassa. Antoniel et al. (2018) obteve resultados semelhantes ao avaliar a %PB do capim Mombaça em diferentes níveis de irrigação para o primeiro corte da pastagem.

Na Figura 18 verifica-se que a interação foi significativa entre corte e tensão.

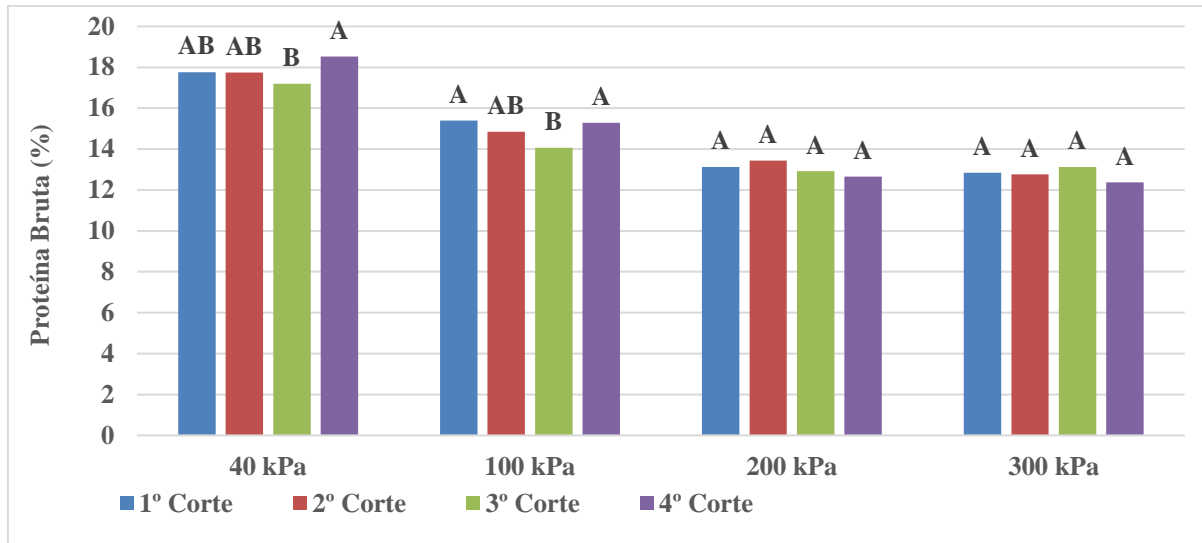


Figura 18 - Proteína bruta (%) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator cortes (1, 2, 3 e 4° Corte.) para cada nível do fator água (40, 100, 200 e 300 kPa).

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na Figura 22, para a tensão de 40 e 100 kPa, o 4° corte apresentou valores maiores de %PB em relação aos outros cortes, porém estatisticamente os valores do 1° e 4° corte na tensão de 100 kPa não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). A umidade do solo acarreta em diferentes efeitos sobre as plantas forrageiras. Restrições hídricas severas ocasionam em paralisação do crescimento e morte da parte aérea da planta, afetando assim a produção animal devido à baixa qualidade e disponibilidade da forragem (GONÇALVES, 2016). Entretanto, o estresse hídrico de curto período pode promover melhoria na qualidade da forragem devido à redução do ritmo de crescimento da planta e, com isso, acúmulo de solutos (nutrientes) nas células, o que melhora sua qualidade (HALIM et al., 1989; GONÇALVES, 2016).

As tensões de 200 kPa e 300 kPa não diferiram entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), demonstrando que a água é fator fundamental para maiores taxas de PB.

Em trabalhos realizados por Mochel Filho et al. (2016) foi verificado que houve diferenças de %PB ao se trabalhar com diferentes lâminas de irrigação.

Entretanto, Antoniel et al. (2018) ao trabalhar com *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã e *Panicum maximum* cv, submetidos a diferentes níveis de irrigação e 4 cortes da pastagem, verificaram que não ocorreu diferença significativa no teor de PB. Resultado semelhante ao encontrado por Vitor et al. (2009), onde a aplicação de diferentes lâminas d'água não influenciou na %PB.

Os altos teores de PB nas pastagens são desejáveis, pois em geral o requerimento proteico de ruminantes é um dos que apresentam maiores custos nos suplementos, sendo mais econômica sua obtenção via pastagem (GONÇALVES,2016). Há uma carência na literatura para estudos que demonstram de fato quais os melhores níveis de irrigação para se obter melhores taxas de PB, e ainda ocorrem muitas divergências entre os autores sobre este tema, de modo que é necessário mais estudos acerca deste assunto.

Para o fator doses, não ocorreu interação com os demais fatores em estudo (tensão de água no solo e cortes da planta) Assim sendo, o estudo do fator foi realizado de forma isolada, no entanto a significância do R^2 ($P < 0,05$) não foi significativa, sendo a dose de $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 obteve maior média de %PB (14,99), seguindo da dose de $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 com média de %PB 14,60, $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 com média de %PB 14,56 e na dose de $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 obteve %PB de 14,36.

Patês et al. (2008) reiteram em trabalho com capim Tanzânia que a prática da adubação nitrogenada e fosfatada melhora a produção de matéria seca e a composição química do capim e aumenta o seu valor nutritivo. Relatam ainda que doses de nitrogênio e fósforo afetaram o teor de PB. A adubação com doses crescentes de nitrogênio associadas ao fósforo aumentou a produção e o valor nutritivo do Capim-Tanzânia.

Alguns estudos com gramíneas tropicais evidenciaram que a adubação fosfatada aumenta significativamente a concentração de PB na parte aérea das plantas (AL-KARAKI, 1999; SAWAN et al., 2001; FRANCO, 2003). Este aumento pode ser explicado por meio de um maior sistema radicular proporcionado pela nutrição com P (CARVALHO, 1985; CABALAROSAND e SANTANA, 1986; PASSOS et al., 1997).

5.4 DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DA MATÉRIA SECA.

De acordo com a análise de variância (apêndice) para a variável digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), não houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores estudados.

Nas figuras 19 e 20 são apresentadas as médias de DIVMS dos níveis do fator dose ($100, 200, 300$ e $400 \text{ kg} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 / \text{ha}^{-1}$) e tensão ($40, 100, 200$ e 300 kPa).

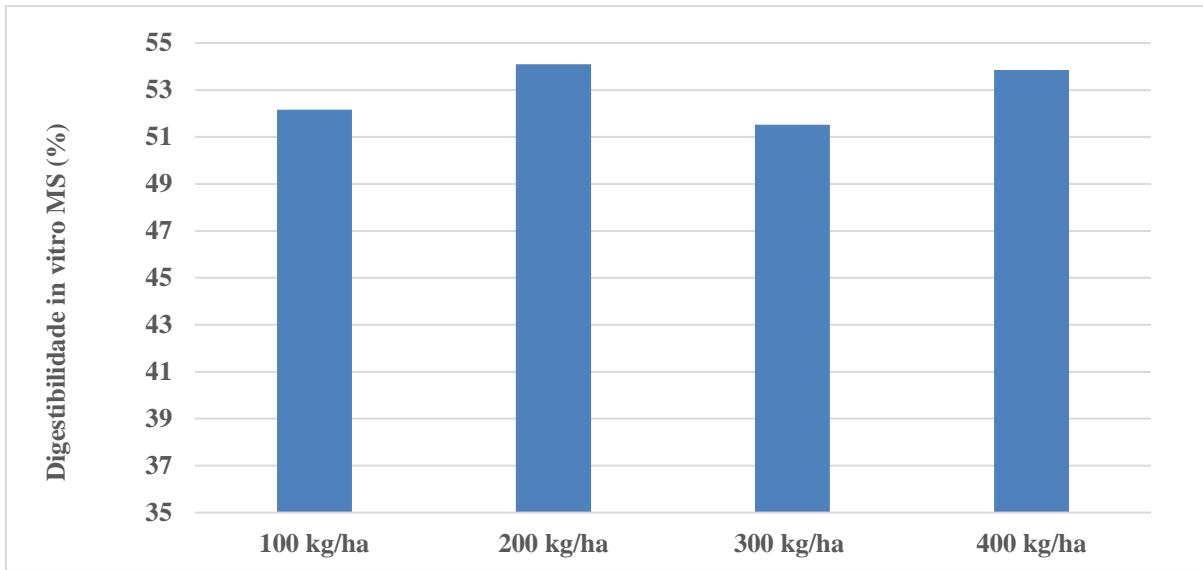


Figura 19 - Médias de DIVMS (%) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator doses de P205.

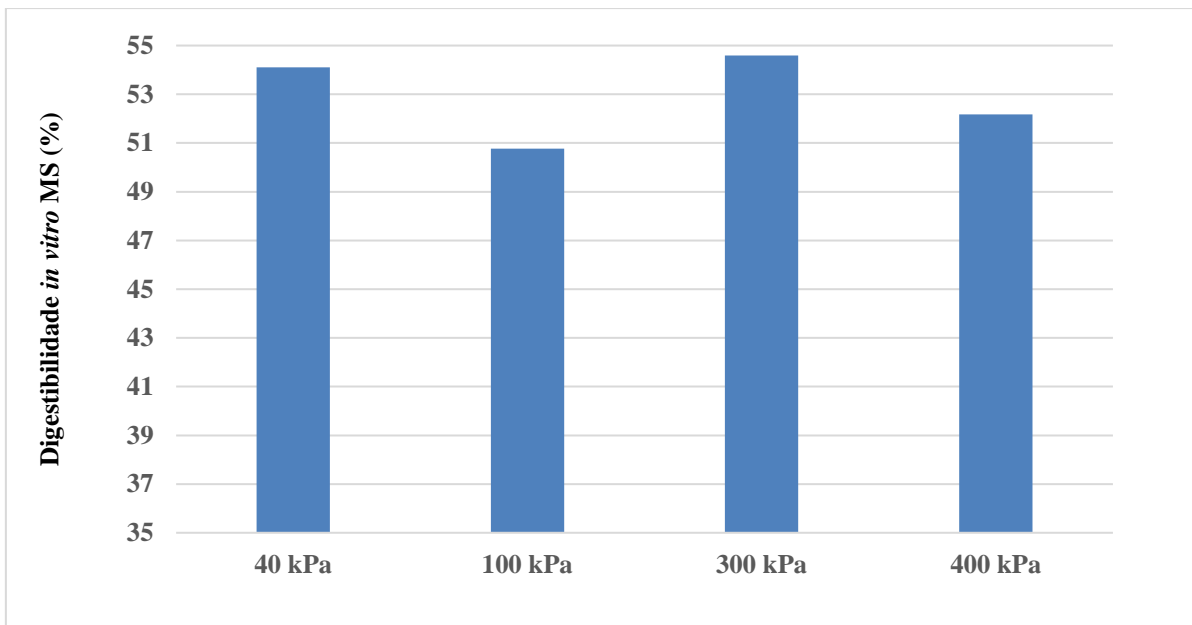


Figura 20 - Médias de DIVMS (%) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).

Dias et al. (2008), ao trabalhar com diferentes fontes de fósforo em capim Mombaça, não encontrou em seu trabalho diferenças significativas para DIVMS, corroborando com o trabalho de Minson (1990), em que afirma que a aplicação de fósforo tem pequeno efeito na digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Resultados semelhantes a este foram encontrados por Alencar et al. (2010), em que trabalhou com diferentes lâminas de irrigação no capim Mombaça. Na literatura existem ainda algumas divergências quanto à influência da irrigação sobre a digestibilidade da forragem, como

apresentado por Sória (2002) e Cunha et al. (2007), que não obtiveram respostas da digestibilidade *in vitro* da matéria seca do capim-Tanzânia. Barreto et al. (2001) também não encontraram respostas da DIVMS do capim elefante. Entretanto, Dias Filho et al. (1991) observaram em tratamentos submetidos às maiores lâminas de irrigação menores valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Tal resultado é semelhante ao que Alencar et al. (2010) encontrou, que em maiores lâminas de água há resultados negativos de DIVMS.

5.5 CAPACIDADE SUPORTE

A análise de variância (apêndice) para a variável capacidade suporte UA/ha⁻¹ demonstrou que ocorreu interação para os fatores tensão de água (40,100,200 e 300 kPa) e doses de P₂O₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha⁻¹). Nas Figuras 21 e 22 se observam os estudos da interação dos níveis dos fatores tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa) em função dos níveis do fator doses de P₂O₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha⁻¹) para a variável capacidade suporte da forrageira Mombaça.

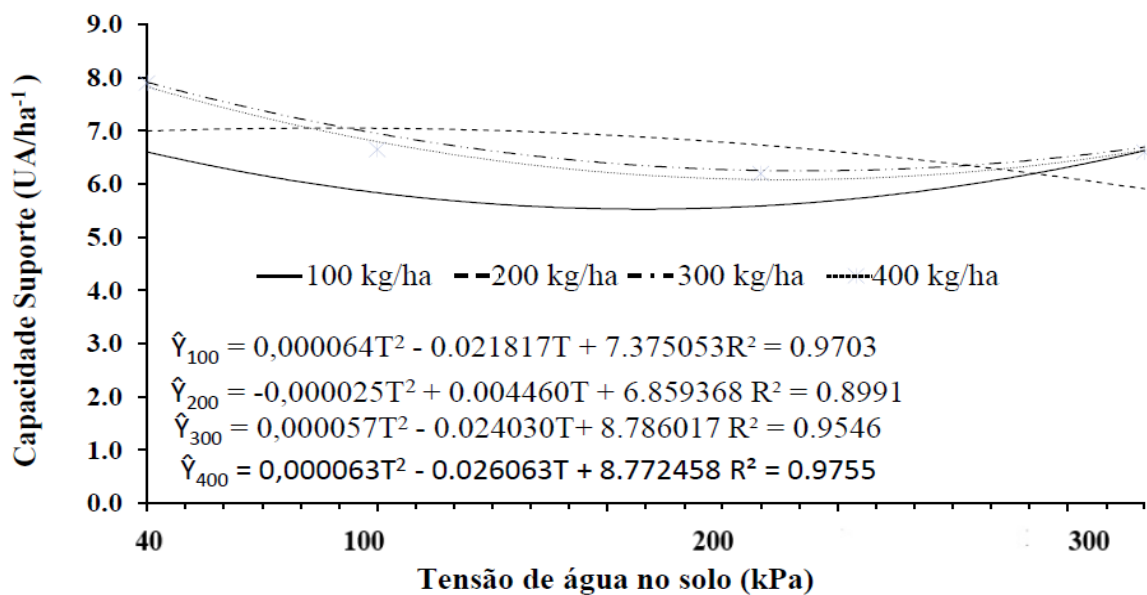


Figura 21 - Capacidade de suporte UA/ha⁻¹ da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator doses de P₂O₅ (100, 200, 300 e 400kg. ha⁻¹) para cada nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).

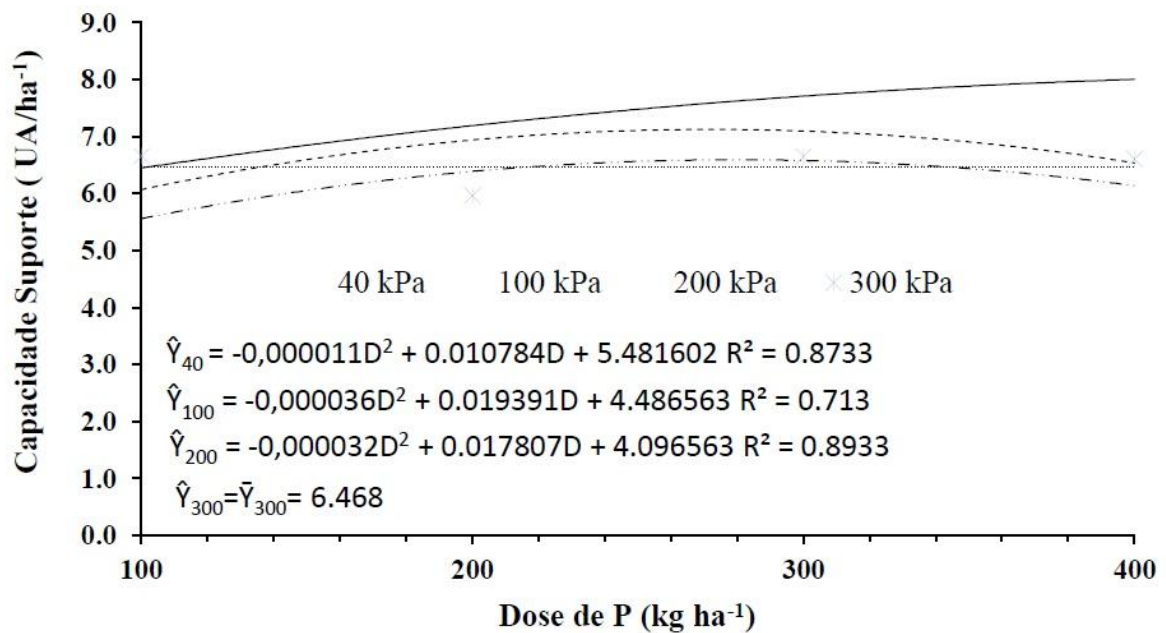


Figura 22 - Capacidade de suporte UA/ha⁻¹ da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator água (40, 100, 200 e 300 kPa) para cada nível do fator doses de P₂O₅ (100, 200, 300 e 400kg.ha⁻¹).

Observou-se por meio das Figuras 21 e 22 os efeitos da interação dos fatores tensão de água e doses de P₂O₅ ($P < 0,05$) sobre capacidade de suporte UA.ha⁻¹ da forrageira Mombaça. Foi possível verificar os efeitos quadráticos das doses de P sobre a tensão de água, de forma que a maior capacidade de suporte UA/ha⁻¹ foi observada na tensão de 40 kPa.

É extremamente importante para o manejo dos sistemas de pastejos determinar e conhecer a sua capacidade suporte, pois em condições de taxas acima do recomendado irá ocorrer o superpastejo, fazendo com que possa levar ao esgotamento da pastagem, afetando o fornecimento de alimento para os animais. Além disso, o superpastejo faz com que ocorra uma degradação da pastagem pelo seu uso intensivo. Quando a taxa de lotação está abaixo da recomendada, faz com que ocorra o subpastejo, resultando assim em uma menor produção de animais/ha⁻¹ e aumentando as perdas de forragem. O capim não pastejado vai crescer mais, ocorrendo em maior proporção de caule e reduzindo a qualidade do capim (SILVA et al., 2016).

O período da seca nas forragens tropicais pode ocasionar perdas de 10 a 20% em produtividade e a escassez de água causa um decréscimo nos processos fisiológicos, sendo que a resposta mais notável é a redução da área foliar, fechamento de estômatos, aceleração da senescência e a abscisão das folhas (SILVA, 2013).

Ribeiro et al. (2008), ao trabalhar com diferentes gramíneas para avaliar o efeito da irrigação no período da seca e das águas, verificou que o capim Mombaça apresentou valores elevados de taxas de lotação ocorrendo interação significativa da irrigação x forrageira, demonstrando

grandes respostas dos efeitos da irrigação para o aumento da capacidade de suporte da forrageira.

Silva (2008) afirma que o N limita a produtividade das pastagens tropicais, resultando em uma queda acentuada da capacidade de suporte e no ganho de peso animal. Portanto, para que haja a exploração intensiva dessas pastagens, há a necessidade de executar corretamente as adubações de manutenção, manejo este realizado neste trabalho, em que ocorreram adubações de plantio e de manutenção após cada corte, favorecendo assim para que houvesse uma elevada taxa de capacidade suporte.

Euclides et al. (2008), ao trabalhar com duas forrageiras (capim Mombaça e capim-Massai) verificou que em pastagens de capim Mombaça se obteve maior produtividade animal em pastos, explicando que tais resultados devido à adubação fosfatada de manutenção terem sido suficientes para manter os níveis de P ideais no solo. Assim, este autor evidencia os benefícios da adubação fosfatada para melhoria em ganhos de produtividade da forrageira.

Para o fator corte não ocorreu interação com os demais fatores estudados (tensão de água no solo e doses de P). Sendo assim, ocorreu o estudo do fator de forma isolada, como é mostrado na Figura 23.

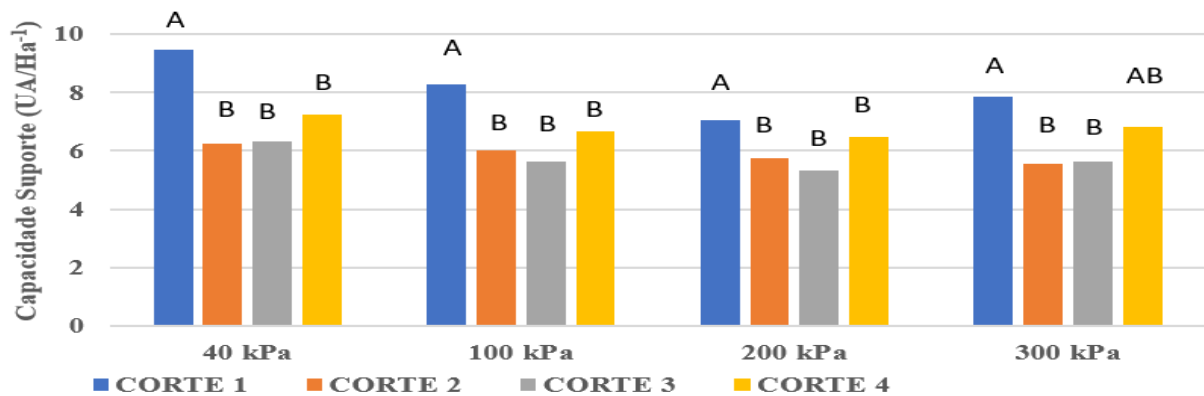


Figura 23 - Capacidade Suporte (UA.Ha-1) da forrageira Mombaça em função dos níveis do fator cortes (1, 2, 3 e 4° Corte). Para cada nível do fator tensão de água no solo (40, 100, 200 e 300 kPa).

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Ocorreu interação significativa ($P < 0.05$) entre todos os cortes em função dos níveis de tensão de água no solo, sendo que o 1° corte se sobressaiu em relação aos demais em todos os níveis de tensão de água no solo, obtendo maior valor de capacidade suporte para o 1° corte na tensão de 40 kPa (9,49 UA.ha⁻¹), e o pior valor no 3° corte na tensão de 200 kPa (5,34 UA.ha⁻¹). Estes valores podem ser explicados de acordo como foi visto nas variáveis MF e MS, para as quais o 1° corte obteve maiores produções.

Contudo, é importante que seja reconhecido pelos produtores que a produção de pastagem é uma cultura capaz de promover maiores retornos econômicos quando manejada de forma adequada. É necessário que sejam realizadas práticas que visam a levar melhorias nas qualidades físicas e químicas do solo, fazendo com que ocorra maior possibilidade de converter proteína vegetal (gramínea forrageira) em proteína animal (carne e leite) no sistema de produção a pasto. As forrageiras são culturas que merecem maior valorização, pois, além de fornecer alimento ao animal, quando bem manejadas, atua como excelente cobertura do solo contra a erosão.

6. CONCLUSÃO

A partir deste trabalho, conclui-se que o entendimento sobre a reação das plantas aos danos causados pelo estresse hídrico é claramente um importantíssimo ponto para que as técnicas de manejo sejam desenvolvidas, levando em conta o favorecimento da constância e produtividade das plantas forrageiras em condições adversas ao seu cultivo. Observou-se que as plantas desenvolvem técnicas que as fazem suportar o estresse hídrico.

Contudo, foi possível perceber também que alguns mecanismos impactam diretamente no desenvolvimento e produção de culturas forrageiras, como, por exemplo, o fechamento dos estômatos e a redução da área foliar, posto que participam de maneira direta no processo de fotossíntese. Outro entrave provocado pela diminuição do conteúdo de água no solo é o aumento da adsorção do íon fosfato e o transporte dos nutrientes por meio dos fluxos de massa e difusivo, acarretando na diminuição no fornecimento de nutrientes à planta, levando assim a reduções na sua produtividade.

Identificou-se com os resultados desta pesquisa, que ocorreram interações significativas ($P < 0,05$) entre os fatores em estudo para as variáveis massa fresca, massa seca, altura de plantas, proteína bruta e capacidade suporte. Todavia, destaca-se que somente para a variável digestibilidade *in vitro* da matéria seca não houve interação entre os fatores estudados.

Os tratamentos com tensão de 40 kPa obtiveram médias superiores às demais em todas as variáveis estudadas, evidenciando assim os efeitos positivos dos tratamentos com maiores reposições de água.

As doses de P_2O_5 foram afetadas na medida em que o déficit hídrico aumentava. Na tensão de 100 kPa, o ponto máximo de produção de MF foi encontrado na dose de 280,19 $kg \cdot ha^{-1}$, e também na tensão de 200 kPa na dose de 257,53 $kg \cdot ha^{-1}$. Em doses maiores, ocorreu decréscimo de produção, demonstrando assim o efeito negativo ocasionado pelo déficit hídrico nestas tensões. Entretanto, apenas a tensão de 40 kPa demonstrou ganhos em produção em todas as doses em estudo.

O primeiro corte obteve os melhores resultados, justificado devidamente ao fato de que, no momento de seu plantio, havia uma menor competição de plantas, pois se tratava do início do experimento, seguidos do 4º, 2º e 3º cortes.

7. REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas -ANA. Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2007.

Agência nacional de águas – ANA. Superintendência de planejamento de recursos hídricos. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil** - Encarte Especial sobre a Crise Hídrica. p.1-30, Brasília 2017.

ALENCAR, C. A. B. **Crescimento e a produção de seis de gramíneas tropicais submetidas a diferentes lâminas de água e adubação nitrogenada, na Legião Leste de Minas Gerais**. Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa. Tese de Doutorado. p.151, 2007.

ALENCAR, C.A.B.; OLIVEIRA, R.A.; COSER, A.C.; MARTINS, C.E.; FIGUEIREDO, J.L.A.; CUNHA, F.F.; CECON, P.R.; LEAL, B.G. **Produção de seis capins manejados por pastejo sob efeito de diferentes doses nitrogenadas e estações anuais**. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.11, n.1, p.48-58, 2010.

AL-GHOBARI, H. M.; DEWIDAR, A. Z. Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid regions. **Agricultural Water Management**, v.209, n.1, p.55-61, 2018.

Anuário Estatístico da Pecuária de Corte. São Paulo: FNP, v.11, 2003.

AL-KARAKI, G.N. **Rhizobium and phosphorus influence on Lentil seed protein and lipid**. J. Plant Nutr., Monticello, v. 22, p. 351-358, 1999.

ANTONIEL, L. S.; DO PRADO, G.; ROCHA, T.; BOMBARDELLI, W. W. Ávila; BELTRAME, G. A.; BUENO, J. I. **IRRIGAÇÃO NO TEOR DE PROTEÍNA BRUTA DE DUAS ESPÉCIES DE PASTAGENS**. IRRIGA, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 248, 2018.

ARAUJO JUNIOR,G.; GOMES, F. T. ; SILVA, M. J. ; JARDIM, A. M. R. F. ; SIMÕES, V. J. L. P. ; IZIDRO, J. L. P. S. ; LEITE, M. L. V. M. ; TEIXEIRA, V. I. ; SILVA, T. G. F. . **Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão**. PUBVET (LONDRINA), v. 13, p. 1-10, 2019.

ARRUDA, I. M.; MODA-CIRINO, V.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 2015, n. 2, p. 146–154, 2015.

BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; Vilela, L.; Junior, G.B.M. **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, Viçosa, v. 37, suplemento, p. 51.67, 2008.

BARRETO, G. P. et al. **Avaliação de clones de capim elefante (Pennisetum purpureum Schum.) e de um híbrido com o milheto (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) submetidos a estresse hídrico: 2. Valor nutritivo**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 7-11, 2001.

- BELÉM, F. C. et al. Boletim da Agricultura Irrigada. **Agricultura Irrigada**. 2019.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. 2006 **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa, MG: UFV. 625 p, 2006.
- CABALA-ROSAND, P.; SANTANA, M.B. Influência do tempo de contato e valor fertilizante de fontes fosfatadas em solos do sul da Bahia. **Rev. Theobroma**, Itabuna, v. 16,p. 1-15, 1986
- CARNEIRO, J.S.S.; SILVA, P.S.S.; SANTOS, A.C.M.; FREITAS, G.A.; SILVA, R.R.; J. **Resposta do capim mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação**. Bioen Food Sci.v.4, n.1, p.12-25, 2017.
- CARVALHO, M.M. **Melhoramento da produtividade das pastagens através da adubação**. Inf. Agropecu., Belo Horizonte, v. 11, p. 23-32, 1985.
- CECATO, U.; SKROBOT, V.D; FAKIR, G.R.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.; GOMES, J.A.N. **Perfilamento e características estruturais do capim Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo**. Acta Scientiarum Animal Sciences, v. 30, n. 1, p. 1-7, 2008.
- CECATO, U.; YANAKA, F.Y.; BRITO FILHO, M.R.T.; SANTOS, G.T.; CANTO, M.W.; ONORATO, W.M.; PETERNELLI, M. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilamento do capim marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu). **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, v.22 n.3, p. 817-822, 2000.
- COSTA JPV, BASTOS AL, REIS LS, MARTINS GO, SANTOS AF. **Difusão de fósforo em solos de alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade**. R Caatinga. 2009
- COSTA, J. D. O. **Padrões de resposta termal ao déficit hídrico na cultura do café irrigado por gotejamento**. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós graduação em Engenharia de sistemas agrícolas. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2016.
- COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. de A. **Formação e manejo de pastagens de Capim-Mombaça em Rondônia**. EMBRAPA: RONDÔNIA, p.2, 2001.
- CORREA, L.A.; FREITAS, A.R.; EUCLIDES, V.P.B. **Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de quatro cultivares de Panicum maximum em Latossolo Vermelho Amarelo, álico**, In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.2, p.169,1996.
- CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, p. 36, 2003.
- CUNHA, F. F.; SOARES, A. A.; PEREIRA, O. G.; LAMBERTUCCI, D. M.; ABREU, F. V. S. **Características morfogênicas e perfilamento do Panicum maximum Jacq. cv. Tanzânia irrigado**. Ciência e Agrotecnologia, v. 31, n. 3, p. 628-635, 2007.
- DaMATTa, F. M.; RENA, A. B. **Relações hídricas no cafeeiro**. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, p. 44, 2002.

DIAS FILHO, M. B.; CORSI, M.; CUSATO, S.; CAMARÃO, A. P. Digestibilidade e valor nutritivo de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiata sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n.10, p. 1725-1729, 1991.

DIAS, D. G.; PEGORARO, R. F.; ALVES, D. D.; PORTO, E. M. V.; NETO, J. A. DOS. S.; ASPIAZÚ, I. **Produção do capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, v.19, n.4, p.330-335, 2015.

DIAS, J.F; BRANCO, A.; OLIVEIRA, C.A. L. **Efeito de fontes de fósforo sobre a digestibilidade in vitro da matéria seca, da matéria orgânica e nutrientes digestíveis totais do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Mombaça)**. Semina. Ciências Agrárias (Online), v. 29, p. 211-220, 2008.

DUARTE, C.F.D.; PAIVA, L.M.; FERNANDES, H.J.; CASSARO, L.H.; BREURE, M.F.; PROCHERA, D.L.; BISERRA, T.T. **Capim-piatã adubado com diferentes fontes de fósforo**. Revista Investigação, v.15, n.4, p. 58-63, 2016.

EUCLIDES, V.P.B., M.C.M. MACEDO, A.H. ZIMMER, L. JANK, M.P. OLIVEIRA. 2008. **Avaliação dos capins mombaça e massai sob pastejo**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.1, p.18-26, 2008.

FAO. **Produção de alimentos: función decisiva del água**. www.fao.org/wsf/final/volume2/t07sum-s.htm 1996b

FARIA, Á. J. G. de; FREITAS, G. A. de; GEORGETTI, A. C. P.; FERREIRA JÚNIOR, J. M.; SILVA, M. C. A. da; SILVA, R. R. da. **Adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim Mombaça sobre adubação fosfatada**. Journal of Bioenergy and Food Science, Macapá, v.2, n.3, p.98-106, 2015.

FARIA, V.O.; PEDREIRA, C.G.S.; SANTOS, P.A.P. **Evolução do uso de pastagem para bovinos**. In: Simpósio Sobre Manejo de Pastagem, 13., 1996, Piracicaba. Anais.... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.1-14,1996.

FERREIRA, E. M. SANTOS, A, C. ARAÚJO, L, C. CUNHA. **Agronomic characteristics of the *Panicum maximum* cv. Mombaça submitted to increasing levels of Phosphorus**, Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.2, p.484-491, mar-abr, ISSN 0103-8478, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: maio de 2002.

FRANCO, C.J.H. **Avaliação agrônômica de fontes e doses de fósforo pra o capim-Tifton 85**. Dissertação (Mestrado)-Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2003.

FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ – FEALQ. **Estudo Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil**. Projeto de Cooperação Técnica IICA/BRA/08/002 para o Ministério da Integração Nacional. Piracicaba, dezembro de 2014.

GARGANTINI, P.E.; HERNANDEZ, F.B.T.; VANZELA, L.S.; LIMA, R.C. **Irrigação e adubação nitrogenada em capim mombaça na região oeste do Estado de São Paulo**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, Teresina, PI. p.1-7, 2005.

GONÇALVES, M. S.; M. Sc. Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. **DESENVOLVIMENTO DE FORRAGEIRAS TROPICAIS SUBMETIDAS A DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**. Fevereiro, 2016.

GURGEL, A.L.C.; **INTERAÇÃO SOLO-PLANTA-ANIMAL EM PASTOS DE CAPIM-MOMBAÇA SOB EFEITO RESIDUAL DO NITROGÊNIO**. 56f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

HALIM, R.A.; BUXTON, D.R.; HATTENDORF, M.J. et al., **Water stress effects on alfalfa forage quality after adjustment for maturity differences**. Agronomy Journal, v.81, p.189-194, 1989.

HOFFMANN, C.R.; FAQUIN, V.; GUEDES, G.A.A.; EVANGELISTA, A.R. O nitrogênio e o fósforo no crescimento da braquiária e do colonião em amostras de um latossolo da região noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 1, p. 79-86. 1995.

INDA JUNIOR, A. V. et al. Variáveis relacionadas à estabilidade de complexos organo-minerais em solos tropicais e subtropicais brasileiros. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, set./out. 2007.

JANK, L. **Melhoramento e seleção de variedades de Panicum maximum**. In:

SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1995.

JANK, L.; VALLE, C. B. D.; PEREIRA, A. V.; BATISTA, L. A. R.; Resende, R. M. S. **Opções de novas cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais para Minas Gerais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 28, n. 226, p. 26-35, 2005.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres. p.191-215p.1979.

LIMA, J. E. F. W. et al. Avaliação do desempenho de sonda de capacitância no monitoramento da umidade de latossolos do cerrado em condições de campo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 23-32, jan. 2012.

LIMA, S. DE O.; FIDELIS, R.R.; COSTA, S.J. **Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de Brachiaria brizantha cv. Marandu no sul do Tocantins**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, p.100- 105, 2007.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v.36, p.331-335, 1996.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress**. II: Water radiation, salt and other stress. New York: Academic Press, p.606.1980.

- MACHADO, V. J. et al. Curvas de disponibilidade de Fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de Fosfato Monoamônico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 70-76, jan./feb. 2011.
- MACHADO, V. J.; SOUZA, C.H.E.; Disponibilidade De Fósforo Em Solos Com Diferentes Texturas Após Aplicação De Doses Crescentes De Fosfato Monoamônico De Liberação Lenta. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 1-7, 2012.
- MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. Irrigação: princípios e métodos. 3. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV.2009.
- MARTINS, C. C.; SOARES, A. A.; BUSATO, C.; REIS, E. F. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, v.2, n.2, p.61-69, 2007.
- MARTINS, C.E. **Influência da irrigação sobre a disponibilidade, composição química, digestibilidade e consumo das forrageiras tropicais *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Pennisetum purpureum* cv. Napier.** Dissertação de mestrado (Mestrado em Zootenica). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.2004.
- MCCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v.29, p.353-360, 1989.
- MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition.** San Diego: Academic Press, 1990.
- MOCHEL FILHO, William de J. E.; CARNEIRO, Maria S. de S.; ANDRADE, Alex C.; PEREIRA, Elzânia S.; ANDRADE, Albericio P. de; CÂNDIDO, Magno J. da D. S.; MAGALHÃES, João A.; RODRIGUES, Braz H. N.; SANTOS, Francisco J. de S.; COSTA, Newton de L. **Produtividade e composição bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada.** Revista de Ciências Agrárias, 39(1), p. 81-88, 2016.
- MOREIRA, J. A. A.; CARDOSO, A. F.; COSTA, L. L.; RODRIGUES, M. S.; PEIXOTO, N.; BRAZ, L. T. **Manejo da irrigação para otimização da produtividade e qualidade de frutos de tomateiro em sistema de plantio direto.** Irriga, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 408 - 417, 2012.
- NASCIMENTO, S. P. DO; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. da. **Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 8, p. 853-860, ago. 2011.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, R.C.; BEZERRA NETO, E.; & SANTOS, V.F. **Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes regimes hídricos.**2001.
- 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.; NEVES, J.C.L.(Eds.). **Fertilidade do solo.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1. p.471-550, 2007.

OLIVEIRA, S.B.; CAIONE, G.; CAMARGO, M.F.; OLIVEIRA, A.N.B.; SANTANA, L. **Fontes de Fósforo no Estabelecimento e Produtividade de Forrageiras na Região de Alta Floresta – MT**. Global Science and Technology, v. 05, n. 01, p.01 – 10, 2012.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo, Agronômica Ceres, p. 440, 1981.

PAIVA, R.; OLIVEIRA L.M. **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2006.

PALIERAQUI, J. G. B.; FONTES, C. A. A.; RIBEIRO, E. G.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; FERNANDES, A. M. **Influência da irrigação sobre a disponibilidade, a composição química, a digestibilidade e o consumo dos capins Mombaça e Napier**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.6, p.2381-2387, 2006.

PARTELLI, F. L. et al. Qualidade da matéria orgânica e distribuição do fósforo no solo de lavouras orgânicas de café Conilon., **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2065-2072, out. 2009.

PASSOS, R.R. Fontes de fósforo, calcário e gesso na produção de matéria seca e perfilhamento de duas gramíneas forrageiras em amostras de um Latossolo ácido. **Rev. Brasileira Zootecnia.**, Viçosa, v. 26, p. 227-233, 1997.

PATÊS, N.M. da S.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. de; OLIVEIRA, A.C.; FONCÊCA, M.P.; VELOSO, C.M. **Produção e valor nutritivo do capim-tanzânia fertilizado com nitrogênio e fósforo**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.11, p.1934-1939, 2008.

PATÊS, N.M.S.; PIRES, A.J.V.; SILVA, C.C.F.; SANTOS, L.C.; CARVALHO, G.G.P.; FREIRE, M.A.L. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1736-1741, 2007.

PELOSO, A. E.; TATAGIBA, S. D.; REIS, E.F. dos.; PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, J. F. T. do.; Photosynthetic limitations in leaves of arabic coffee promoted by the water deficit. **Coffea Science**, v.12, n.3 p. 389–399, 2017.

PROCÓPIO SO, SANTOS JB, SILVA AA, COSTA LC. Análise do crescimento e eficiência no uso da água pelas culturas de soja e feijão e por plantas daninhas. **Acta Science**. 2002

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, p.343, 1991.

RASSINI, J. B. **Irrigação de pastagens: frequência e quantidade de aplicação de água em Latossolos de textura média**. Circular Técnica, 31. Embrapa Pecuária Sudeste. São Carlos. p. 7, 2002.

REIS, M. M.; SANTOS, L. D. T.; OLIVEIRA, F. G.; SANTOS, M. V. **Irrigação de pastagens tropicais: desafios e perspectivas**. Revista Unimontes Científica, Montes Claros, v. 19, n. 1, p. 178-190, 2017.

RENA, A. B.; DaMATTA, F.M. O Sistema radicular do cafeeiro: Morfologia e ecofisiologia. In: ZAMBOLIM, L. **O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café**. Minas Gerais: Suprema Gráfica e Editora LTDA, 2000. p. 36-37.

RESENDE, A. V. de; MACHADO, C. T. T.; MARTINS, E. de S.; SENA, M. C. de.; NASCIMENTO, M. T. do.; SILVA, L. de C. R.; LINHARES, N. W. **Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais**. Rev. Espaço & Geografia, V. 9, n. 1, p. 135-161. 2006.

RIBEIRO, E. G. et al. **Influência da irrigação, nas épocas seca e chuvosa, na produção e composição química dos capins Napier e Mombaça em sistema de lotação intermitente**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 38, n. 8, p. 1432-1442, 2008.

RIBEIRO, W. R.; **MANEJO DA UMIDADE DO SOLO POR REFLECTOMETRIA NO DOMÍNIO DO TEMPO NA CULTURA DO CAFEIEIRO CONILON CLONAL**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre- Espírito Santo, 2019.

RICHARDS, L.A. A pressure membrane extraction apparatus for soil solution. **Soil Science**, Baltimore, v.51, p.377-386, 1941.

RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; REIS, E. F. dos; RIBEIRO, W. R. Diferentes intervalos de irrigação no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, variedade robusta tropical. **Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 742–751, 2013.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIBEIRO, M. C. F. Efeito do teor de umidade do solo na seletividade e na eficiência de carfentrazone-ethyl no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, 2005.

SACCON, P. Water for agriculture, irrigation management. **Applied Soil Ecology**, v. 123, n. October, p. 793–796, fev. 2018.

SALMAN, A. K. D.; SOARES, J. P. G.; CANESIN, R. C. **Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens**. Rondônia: Embrapa Rondônia, 2006. 6 p. Circular técnica, 84. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/7110690/metodos-de-amostragem-para-avaliacao-quantitativa-de-pastagens> >. Acesso em: 28 dez. 2020.

SANTOS, F. G. **Aspectos morfológicos e índice climático de crescimento dos capins Brachiaria brizantha cv. Marandu, Cynodon dactylon cv. Tifton 85 e Panicum maximum cv. Tanzânia, para a região agropastoril de Itapetinga-BA**. 2006. p.113. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2006.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. **Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 2, n. 3, p. 287–294, 1998.

SANTOS, M. M. P.; DAHER, R. F.; PONCIANO, N. J.; GRAVINA, G. A.; PEREIRA, A. V.; SANTANA, J. A. A.; SANTOS, C. L. **Características produtivas de capim-elefante**

sob doses de fósforo e nitrogênio para fins energéticos. Científica, Jaboticabal, v.42, n.4, p.354–365, 2014.

SAWAN, Z.M. et al. Effect of phosphorus fertilization and foliar application of chelate zinc and calcium on seed, protein and oil yields and oil properties of cotton. **J. Agr.Sci.**, Cambridge, v. 136, p. 191-198, 2001.

SERAGELDIN, I. **Evaluating Environmentally Sustainable Development''**, in **Evaluating and Development**. In: Proceedings do 1994 World Bank Conference, 1995.

SILVA, A. G. **Potencial produtivo e valor nutritivo do capim mombaça submetido a doses de nitrogênio e alturas de cortes.** 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

SILVA, B. M.; OLIVEIRA, G. C. de; SERAFIM, M. E.; SILVA JÚNIOR, J. J. da; COLOMBO, A.; LIMA, J. M. de. Acurácia e calibração de sonda de capacitância em Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p.277-286, 2012.

SILVA, C. A. da; SILVA, C. J. da. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, n. 8, dez. 2005.

SILVA, C.A. DA; SILVA, C.J. DA. **Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada.** Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Garça, n. 8, dez.

SILVA, I M DA; OLIVEIRA, R.G. ; BENTO, B.M.C ; MACHADO, C.M.M ; CRUZ, R.S. ; FRANÇA, A.C ; RODRIGUES, C.C. . Crescimento e valor nutritivo do capim xaraés sob diferentes adubações e umidades do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 61669-61683, 2020.

SOUSA, S, B. SILVA, S. SANTOS, L, B. DIAS, Z. (2018) A resposta do capim-mombaça submetido a doses crescentes de fósforo no extremo norte do tocantins .2018.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002. p.47-76.

SILVA, G. M.; SILVA, F. F. ; VIANA, P. T. ; RODRIGUES, E. S. O. ; MOREIRA, C. N. ; MENESES, M. A. ; ABREU JUNIOR, J. S. ; RUFINO, C. A. ; BARRETOS, L. S. . Avaliação de Forrageiras Tropicadas. **Pubvet** (Londrina), v. 10, p. 190 -196-196, 2016.

SILVA, P. M. P.: **Tolerância ao déficit hídrico em *Panicum maximum***. Dissertação de mestrado. Faculdade de medicina veterinária e zootecnia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS. 2013.

SOARES, W.V.; LOBATO, E.; SOUZA, D.M.G.; VILELA, L. **Adubação fosfatada para manutenção de pastagem de *Brachiaria decumbens* no cerrado.** Planaltina-DF; Embrapa Cerrados, setembro 2001.

SÓRIA, L.G.T. **Produtividade do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) em função da lâmina de irrigação e de adubação nitrogenada.** Piracicaba: ESALQ, Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem), 170 f. 2002.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 2, p. 104 -111, 1963.

STAUFFER, E. **Fertilizantes de eficiência aumentada: adsorção e fluxo difusivo de fósforo no solo**. 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Piracicaba: Artmed, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 303-314, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER. **Plant Physiology**. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: CERES/POTAFOS, p. 343, 1991.

VILAR, C. C.; VILAR, F. C. M. **Comportamento do fósforo em solo e planta**. Campo digital: Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias, Ponta Grossa, v. 8, n. 2, p. 37-44, dez. 2013.

VITOR, C. M. T.; FONSECA, D. M.; COSER, A. C. et al. **Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.3, p.435-442, 2009.

VOLTOLINI, T. V.; SANTOS, F. A. P.; MARTINEZ, J. C.; IMAIZUMI, H.; CLARINDO, R. L.; PENATI, M. A. **Produção e composição do leite de vacas mantidas em pastagens de capim-elefante submetidas a duas frequências de pastejo**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 39, n. 1, p. 121-127, 2010.

WALKER, T. W. & SYERS, J. K. The fate of phosphorus during pedogenesis. **Geoderma** ,p.1-19. 1976.

ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; BARCELLOS, A.O. et al. **Estabelecimento e recuperação de pastagens de Brachiaria**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE Pastagem, 11., 1994, Piracicaba. Anais.... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.153-208, 1994.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Tabelas de Análise de Variância

TABELA 1. Análise de variância referente à variável massa seca (MS) (g) para o experimento.

FV	GL	QM
REP	3	3408,989846
DOSE	3	4483,100763 *
ERRO 1	9	1499,644565
TENSÃO	3	12666,408284
TENSÃO X DOSE	9	2248,884887*
ERRO 2	36	920,647128
CORTE	3	29416,080989 *
CORTE X DOSE	9	380,248713
CORTE X TENSÃO	9	1252,354034
CORTE X TENSÃO X DOSE	27	797,452048
ERRO 3	144	1123,672529
CV 1 (%)	42,12	
CV 2 (%)	33,00	
CV 3 (%)	36,46	

* Significativo em 5% de probabilidade.

TABELA 2. Análise de variância referente à variável massa seca (MS) (g) para o experimento.

FV	GL	QM
REP	3	48,126726
DOSE	3	123,990851*
ERRO 1	9	40,552018
TENSÃO	3	252,426568
TENSÃO X DOSE	9	57,733696*
ERRO 2	36	23,415772
CORTE	3	1290,670029*
CORTE X DOSE	9	16,109301
CORTE X TENSÃO	9	35,473840
CORTE X TENSÃO X DOSE	27	26,515010
ERRO 3	144	30,678337
CV 1 (%)	23,91	
CV 2 (%)	18,17	

CV 3 (%)	20,80
----------	-------

* Significativo em 5% de probabilidade.

TABELA 3. Análise de variância referente à altura (m) (g) para o experimento.

FV	GL	QM
REP	3	0,002511
DOSE	3	0,033065
ERRO 1	9	0,003749
TENSÃO	3	0,448984*
TENSÃO X DOSE	9	0,002122
ERRO 2	36	0,013457
CORTE	3	0,023306*
CORTE X DOSE	9	0,002280
CORTE X TENSÃO	9	0,009145*
CORTE X TENSÃO X DOSE	27	0,001803
ERRO 3	144	0,004584

CV 1 (%) 4,19

CV 2 (%) 7,95

CV 3 (%) 4,64

* Significativo em 5% de probabilidade.

TABELA 4. Análise de variância referente à proteína bruta (%) para o experimento.

FV	GL	QM
REP	3	4,692152
DOSE	3	4,372362*
ERRO 1	9	0,596698
TENSÃO	3	343,867423*
TENSÃO X DOSE	9	1,827011
ERRO 2	36	1,648022
CORTE	3	2,709197
CORTE X DOSE	9	0,712729
CORTE X TENSÃO	9	3,711555*
CORTE X TENSÃO X DOSE	27	0,652141
ERRO 3	144	1,721359

CV 1 (%) 5,28

CV 2 (%) 8,77

CV 3 (%) 8,97

* Significativo em 5% de probabilidade.

TABELA 5. Análise de variância referente à capacidade suporte (UA/ha⁻¹) para o experimento.

FV	GL	QM
REP	3	3,007920
DOSE	3	7,749428*
ERRO 1	9	2,534501
TENSÃO	3	15,776661*
TENSÃO X DOSE	9	3,608356*
ERRO 2	36	1,463486
CORTE	3	80,666877*
CORTE X DOSE	9	1,006831
CORTE X TENSÃO	9	2,217115
CORTE X TENSÃO X DOSE	27	1,657188
ERRO 3	144	1,917396
CV 1 (%)	23,91	
CV 2 (%)	18,17	
CV 3 (%)	20,80	

* Significativo em 5% de probabilidade.

TABELA 6. Análise de variância referente à digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%) para o experimento.

FV	GL	QM
REP	3	20.890402
DOSE	3	23.578289
ERRO 1	9	45.747428
TENSÃO	3	52.088906
TENSÃO X DOSE	9	11.344165
ERRO 2	36	30.560277
CV 1 (%)	12,78	
CV 2 (%)	10,44	

* Significativo em 5% de probabilidade.