

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS- CECA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL)**

TÚLIO MENEZES TENÓRIO

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM E REMOÇÃO DE NUTRIENTES POR DOIS HÍBRIDOS
DE SORGO FORRAGEIRO, CULTIVADOS EM RIO LARGO - AL**

**RIO LARGO - AL
JULHO DE 2024**

TÚLIO MENEZES TENÓRIO

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM E REMOÇÃO DE NUTRIENTES POR DOIS HÍBRIDOS
DE SORGO FORRAGEIRO, CULTIVADOS EM RIO LARGO - AL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

**RIO LARGO - AL
JULHO DE 2024**

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Bibliotecário Responsável: Stefano João dos santos

L732p Tenório, Tulio Menezes.

Produção de forragem e remoção de nutrientes por dois híbridos de sorgo forrageiro, cultivados em Rio Largo – Al / Tulio Menezes Tenório. – 2024.

44 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Rio Largo, 202. Orientação: Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Inclui bibliografia

1. Forragicultura. 2. Proteína. I. Título

CDU: 631.8

TERMO DE APROVAÇÃO

TÚLIO MENEZES TENÓRIO

2022109324

PRODUÇÃO DE FORRAGEM E REMOÇÃO DE NUTRIENTES POR DOIS HÍBRIDOS DE SORGO FORRAGEIRO, CULTIVADOS EM RIO LARGO - AL

Dissertação apresentada a banca examinadora, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, e aprovado no dia 31 de julho de 2024.

Documento assinado digitalmente
 **MAURO WAGNER DE OLIVEIRA**
Data: 05/08/2024 14:27:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira
(CECA-UFAL) - Presidente.

Documento assinado digitalmente
 **JORGE LUIZ XAVIER LINS CUNHA**
Data: 06/08/2024 07:58:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha
(CECA/UFAL)- Membro Interno ao PPGA

Documento assinado digitalmente
 **JAIR TENORIO CAVALCANTE**
Data: 06/08/2024 20:32:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jair Tenório Cavalcante
(CECA/UFAL)- Membro Externo ao PPGA

Documento assinado digitalmente
 **REINALDO DE ALENCAR PAES**
Data: 05/08/2024 14:50:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes
CECA/UFAL) - Membro Externo ao PPGA

RIO LARGO - AL
JULHO DE 2024

Dedico este trabalho

Aos meus pais, Jorge Tenório e Rosângela Menezes, a minha esposa Andressa Tenório, e a minha filha Marina.

AGRADECIMENTOS

Ao meu bom Deus, por iluminar meus passos durante todo esse tempo e nunca ter me desamparado.

Aos meus pais que nunca mediram esforços, e sempre me incentivaram a continuar na área acadêmica.

A minha esposa Andressa, por estar presente em todos os momentos. A meus irmãos Taísa e Tiago, por sempre estar me apoiando e me dando conselhos. A meu orientador professor Dr. Mauro Wagner de Oliveira por todos os ensinamentos e companheirismo que me deu por todo esse tempo, sempre me ajudando e querendo o meu bem.

Ao meu amigo e companheiro de laboratório Dalmo de Freitas Santos, por sempre me ajudar em tudo, e sempre me dar apoio quando pensava em desistir.

Ao professor Dr. Jair Tenório que sempre me incentivou a ir para a graduação, e a pós-graduação.

Ao Luiz do setor de Melhoramento Genético de Plantas que sempre me ajudou.

Aos amigos do laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Gino e Wesley.

Aos meus amigos de graduação João Pedro, José Kevin que sempre me apoiaram.

A toda minha família, primos e tios que sempre acreditaram em mim.

A todos, meu muito obrigado!

RESUMO

Avaliaram-se no Campus de Engenharias e de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, localizado em Rio Largo, o estado nutricional, a concentração e o acúmulo de nutrientes na biomassa aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, em três ciclos (primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas). O estudo foi instalado em solo de boa fertilidade, sem alumínio trocável no perfil de 0 a 40 cm. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis repetições. A adubação química utilizada na semeadura foi equivalente a 70 kg de fósforo, aplicando-se em cobertura 200 kg de N e 200 kg de K. Na primeira e segunda rebrotas foram aplicados apenas N e K, também em doses de 200 kg por hectare, para ambos os nutrientes. Na primeira rebrota houve irrigação complementar, e na segunda rebrota a irrigação foi plena, com a chuva e a irrigação totalizando em cada rebrota cerca de 500 mm de água. Na fase de emissão da panícula, foram coletadas folhas, nas três fileiras centrais, para avaliação do estado nutricional das plantas. Quando as plantas de sorgo estavam com teor médio de matéria seca próximo a 330 g kg⁻¹, os sorgos foram cortados a cerca de 10 cm acima do solo, determinando-se posteriormente o acúmulo de matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea. Nos três ciclos as plantas tiveram concentração foliar adequada de macro e micronutrientes, devido à fertilidade do solo e as adubações químicas. Nos três ciclos a concentração de proteína bruta na biomassa aérea variou de 79,68 a 81,88 g por kg de matéria seca, suficiente para uma boa fermentação ruminal. As práticas agrícolas adotadas permitiram alta produtividade de forragem, totalizando cerca de 42,0 t de matéria seca por hectare nos três ciclos. Nos sistemas intensivos de produção de forragem, iguais aos do presente estudo, a remoção de nutrientes é alta, assim obtiveram-se valores médios de remoção de 541, 91 e 593 kg de N, P e K, respectivamente, por hectare, nos três cortes.

Palavras-chave: Forragicultura, Pecuária leiteira, Eficiência nutricional, Proteína.

ABSTRACT

The nutritional status, concentration and accumulation of nutrients in the aerial biomass of forage sorghums BRS658 and Volumax were evaluated at the Engineering and Agricultural Sciences Campus of the Federal University of Alagoas, located in Rio Largo, in three cycles (first cut, and first and second regrowth). The study was installed in soil with good fertility, without exchangeable aluminum in the 0 to 40 cm profile. The experimental design was randomized blocks, with six replications. The chemical fertilizer used in sowing was equivalent to 70 kg of phosphorus, with 200 kg of N and 200 kg of K being applied in top dressing. In the first and second regrowth, only N and K were applied, also in doses of 200 kg per hectare, for both nutrients. In the first regrowth there was additional supervision, and in the second regrowth the supervision was complete, with rain and integrity totaling around 500 mm of water in each regrowth. During the panicle emission phase, leaves were collected in the three central rows to evaluate the nutritional status of the plants. When the sorghum plants had an average dry matter content close to 330 g kg⁻¹, the sorghums were cut approximately 10 cm above the ground, subsequently determining the accumulation of dry matter and nutrients in the aboveground biomass. In the three cycles, plants contain adequate leaf concentration of macro and micronutrients, due to soil fertility and chemical fertilizers. In the three cycles, the concentration of crude protein in the aerial biomass varied from 79.68 to 81.88 g per kg of dry matter, sufficient for good ruminal fermentation. The agricultural practices adopted allowed high forage productivity, totaling around 42.0 t of dry matter per hectare in the three cycles. In intensive forage production systems, similar to the present study, nutrient removal is high, so we obtained average removal values of 541, 91 and 593 kg of N, P and K, respectively, per hectare, in the three cuts.

Keywords: Forage farming, Dairy farming, Nutritional efficiency, Protein.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização do município de Rio Largo- AL, local de condução do estudo.....	19
Figura 2- Emergência dos híbridos de sorgo BRS 658 e Volumax, semeados para densidade populacional de 160.000 a 200.000 plantas por hectare.....	21
Figura 3- Adubações nitrogenadas e potássica em cobertura nos sorgos BRS 658 e Volumax.	21
Figura 4- Coleta do terço médio das folhas do sorgo, e retirada da nervura central para posteriores análises químicas do estado nutricional das plantas.	22
Figura 5- Teores foliares de macro e micronutrientes nas folhas medianas dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas, comparativamente aos citados na literatura como mínimo e máximo.....	26
Figura 6 -Valores médios de acúmulo de matéria natural e de matéria seca, no primeiro corte, primeira e segunda rebrotas, dos sorgos BRS658 e Volumax.....	34

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1**- valores de temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento, irradiação solar global, precipitação----- 19
- Tabela 2** - Resultados analíticos da amostra de solo da área do estudo, nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade, coletadas no mês de março.----- 20
- Tabela 3** - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes no limbo de folhas medianas dos híbridos de sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, no primeiro corte. ----- 24
- Tabela 4** - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes no limbo de folhas medianas dos híbridos de sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, na primeira rebrota. ----- 25
- Tabela 5** - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes no limbo de folhas medianas dos híbridos de sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, na segunda rebrota. ----- 25
- Tabela 6** - Quadrados médios da análise de variância para a concentração de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados do primeiro corte. ----- 29
- Tabela 7** - Quadrados médios da análise de variância para a concentração de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados da primeira rebrota. ----- 29
- Tabela 8** - Quadrados médios da análise de variância para a concentração de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados da segunda rebrota. ----- 30
- Tabela 9** - Quadrados médios da análise de variância para o acúmulo de proteína bruta (Ac. PB), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), Cálcio (Ac. Ca), Magnésio (Ac. Mg) e Enxofre (Ac. S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados do primeiro corte.----- 36
- Tabela 10** - Quadrados médios da análise de variância para o acúmulo de proteína bruta (Ac. PB), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), Cálcio (Ac. Ca), Magnésio (Ac. Mg) e Enxofre (Ac. S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados do segundo corte. ----- 36
- Tabela 11** - Quadrados médios da análise de variância para o acúmulo de proteína bruta (Ac. PB), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), Cálcio (Ac. Ca), Magnésio (Ac. Mg) e Enxofre (Ac. S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados do terceiro corte. ----- 36
- Tabela 12** - Balanço de nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio no sistema no sistema solo-planta, considerando como entrada as adubações e, saídas a remoção desses nutrientes pela

colheita da parte aérea dos sorgos BRS658 e Volumax, no primeiro corte e na primeira e segunda rebrotas. ----- 38

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	12
2 - REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Origem e Ecofisiologia do sorgo.....	13
2.2 Tipos de sorgo e características morfológicas e nutricionais	15
2.3 Produção de biomassa e remoção de nutrientes.....	17
2.4 Avaliação da fertilidade do solo e disponibilidade de nutrientes.....	17
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Estado nutricional das plantas no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas.	24
4.2 Concentração de nutrientes na biomassa aérea das plantas no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas.	29
4.3 Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea das plantas no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas	33
5 – CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 – INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), por suas características de cultivo e valor nutritivo, tem sido um substituto do milho na alimentação de ruminantes, sob a forma de silagem, e em pequenas propriedades, sob a forma de corte diário, picagem e fornecimento direto aos animais (ANDRADE et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2022). O sorgo tem apresentado produções de matéria seca próximas à do milho, podendo superá-lo, mesmo em condições marginais de cultivo, como os realizados em solos de baixa fertilidade ou adubação insuficiente e, também, em locais onde a ocorrência de estiagens prolongadas é frequente, pois ele é capaz de se recuperar e produzir massa e grãos após um período de deficiência hídrica (MAGALHÃES & RODRIGUES, 2001; BARROS & SILVA., 2020; OLIVEIRA et a., 2024). Ainda segundo Barros e Silva (2020) o sorgo é uma cultura que se adapta bem em solos de textura argilosa a ligeiramente arenosa, havendo materiais (híbridos ou variedades) que são relativamente tolerantes à salinidade (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo – CEes – até 8,0 dS m⁻¹). Por outro lado, não tolera solos ácidos, notadamente com teores de Al³⁺ elevado – com caráter alumínico ou alítico – além daqueles mal drenados.

Nas últimas décadas foram obtidos, pelo melhoramento genético, híbridos de sorgo mais produtivos e melhor adaptados a determinado ambiente edafoclimático, com boa partição da biomassa entre colmo, folhas e panícula, aliando boa produtividade de matéria seca e bom valor nutritivo (PERAZZO et al., 2014; PAULA, 2016; SIMÕES, 2022; OLIVEIRA et al., 2024). Contudo, a exigência nutricional destes híbridos é alta, devido à alta produção de matéria seca e conseqüentemente a alta remoção de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2022).

Assim, deve-se estar atento ao bom planejamento e gerenciamento da lavoura e às práticas de manutenção ou melhoria da fertilidade do solo, ao controle de pragas e de plantas daninhas, com o objetivo de aumentar a produtividade da lavoura e incrementar a qualidade bromatológica da forragem (RAIJ, 2008, RAIJ, 2011; MORAES et al., 2020). É também importante conhecer a extração de nutrientes pelo sorgo, visando futuras recomendações de adubação, especialmente as adubações de restituição (OLIVEIRA et al., 2019; FERNANDES et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2022).

Ante ao exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar no ambiente edafoclimático de Rio Largo, zona da Mata Alagoana, o estado nutricional, o acúmulo de matéria seca e o balanço de nutrientes no sistema solo-planta, no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivado em sistema de alta produtividade, com irrigação suplementar ou plena, nas rebrotas.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

A agropecuária brasileira é uma das mais eficientes e competitivas do mundo, e essa competitividade deve-se às tecnologias nacionais obtidas pelas universidades, centro de pesquisas e empresas particulares (NOVAIS & SMYTH, 1999; MALAVOLTA et al., 2007; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2024). A implementação de diversas tecnologias nacionais tem permitido aumentar a eficiência dos insumos, diminuir os custos de produção e elevar a produtividade da terra e dos recursos humanos, com vistas a tornar o sistema produtivo mais lucrativo e sustentável (PERAZZO et al., 2014; BARROS & SILVA, 2020).

Tecnologias como o uso de georreferenciamento, amostragens sistemáticas do solo e das plantas, calagem, gessagem, cultivo de plantas de cobertura de solo, controle de pragas e plantas daninhas, irrigação complementar ou plena, avaliação do estado nutricional das plantas e da qualidade da forragem, novos procedimentos na colheita e na ensilagem do das plantas forrageira, são exemplos destas tecnologias adotadas por pequenos, médios e grandes agricultores com visão empresarial (OLIVEIRA et al., 2007a; AVELINO et al., 2011; ANDRADE JÚNIOR et al., 2019).

O milho e o sorgo têm sido as forrageiras mais utilizadas para a ensilagem, devido, dentre outras características, a disponibilidade de sementes, facilidade de cultivo, alta produção de matéria seca (GONTIJO Neto et al., 2004; BOTELHO et al., 2010; SANTOS et al., 2014; CARDOSO, 2016), e elevado percentual de grãos na massa a ser ensilada (GOMES et al., 2006; BEHLING NETO, et al., 2017; FRIAS et al., 2018; SIMÕES et al., 2022).

Alguns autores têm recomendado a adubação baseada na expectativa de produtividade ou na reposição de nutrientes removidos pela colheita das plantas. Esse critério de adubação contribui para manter ou elevar a fertilidade do solo, resultando em maiores produtividades das safras seguintes (RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2024). A adubação verde associada a plantas de cobertura de solo e recicladores de nutrientes, a aplicação de dejetos dos bovinos ou de outros resíduos orgânicos da propriedade, disponíveis a preços compensadores, são formas de diminuir o custo de produção, otimizar o uso de nutrientes e aumentar a eficiência da terra e a sustentabilidade da atividade leiteira (MIRANDA et al., 2010; CRUSCIOL, et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2021a; OLIVEIRA et al., 2021b; SANTOS et al., 2022).

2.1 Origem e Ecofisiologia do sorgo

O sorgo é uma planta originária da África e os híbridos atualmente cultivados descendem do sorgo silvestre *Sorghum bicolor* subsp. *Arundinaceum*. A maior variação do

gênero *Sorghum* é encontrada na região da Etiópia-Sudão, de onde o gênero ancestral, provavelmente se originou há cerca de 5.000 a 6.000 anos atrás. É uma planta C4 na rota de fixação de carbono, com alta eficiência fotossintética e na utilização de nutrientes, florescendo sob noite longas. A grande maioria dos materiais genéticos de sorgo requerem temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento. A planta de sorgo tolera mais, o déficit de água e o excesso de umidade no solo, do que a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada numa ampla variação de ambientes edafoclimáticos, incluindo regiões secas, de clima semiárido e em alguns casos em ambientes caracterizados como de clima árido, notadamente em regiões do semiárido brasileiro (SKONIESKI et al., 2010; TABOSA et al. 2020; SILVA., 2021; OLIVEIRA et al., 2024)

O semiárido brasileiro abrange a maior parte dos Estados da Região Nordeste com um percentual de 86,48%, ocupando também a região setentrional do Estado de Minas Gerais com 11,01%, e uma porção do Estado do Espírito Santo com 2,51%. A estimativa é que o semiárido brasileiro compreenda 1.142.000 km² de área e reúna cerca de 1.500 municípios dos seguintes Estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe. Possui uma população de 26,4 milhões de habitantes, 15,5% da população brasileira (FONSECA NETO, 2013; TABOSA et al., 2020).

Essa resistência/tolerância a fatores abióticos é devido a características morfofisiológicas do sistema radicular e da parte aérea dos diferentes genótipos de sorgo. O sistema radicular é composto de raízes finas e ramificadas com desenvolvimento subsuperficial, o qual permite que a planta absorva uma maior quantidade de água em um mesmo volume de solo. O acúmulo de água em maior quantidade nas raízes, colmos e bainhas do que nas folhas, juntamente com uma camada espessa de cera que recobre a epiderme das folhas (cutina), colaboram para uma menor taxa de transpiração e desidratação e maior tolerância ao estresse hídrico. A tolerância à seca é diferenciada conforme o genótipo, dentro da mesma espécie vegetal. Assim, diferentes materiais genéticos de uma mesma espécie podem responder de maneiras distintas ao estresse hídrico (MAGALHÃES & RODRIGUES, 2001; FONSECA NETO, 2013; SILVA 2021).

Comparando o sistema radicular, Magalhães e Rodrigues (2001) citam que as raízes primárias do milho e do sorgo apresentam basicamente a mesma quantidade de massa radicular, porém as raízes secundárias do sorgo são no mínimo o dobro daquelas encontradas no milho. Além disso, o sistema radicular do sorgo é mais extenso, fibroso e com maior número de pêlos absorventes. O sistema radicular alcança até 1,5 m, com sendo 80% da massa radicular na camada de 0 a 30 cm de profundidade, e em extensão lateral chega a 2,0 m. Em solos ácidos

com alta saturação de Al tóxico o desenvolvimento do sistema radicular é reduzido (RAIJ, 2008; OLIVEIRA et al., 2024). Plantas com genes para tolerância a Al tóxico desenvolvem um sistema radicular mais profundo e mais eficiente na aquisição de água e nutrientes. Geralmente variedades de sorgo resistentes a seca tem mais biomassa radicular e maior volume de raízes e também maior proporção raiz/caule que os materiais susceptíveis a seca (PORFÍRIO, 2019; SILVA, 2021).

2.2 Tipos de sorgo e características morfológicas e nutricionais

Os sorgos são classificados quanto ao porte e à proporção de grãos, podendo ser graníferos ou de porte baixo, forrageiros ou de porte alto, de dupla aptidão ou de porte médio, sacarinos e tipo vassoura. A diferença está na proporção de colmo, folhas e panículas, a qual reflete na produção de matéria seca por hectare, na composição bromatológica e no valor nutricional da forragem ou da silagem (NEUMANN et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2007b; SANTOS et al., 2014, SILVA, 2021).

Numa classificação mais atual, Porfírio (2019) agrupa os sorgos em cinco grupos: granífero, forrageiro, sacarino, lignocelulósico e vassoura. O sorgo granífero, apresenta grande quantidade de grãos com baixa estatura. Grande porte, grande participação de folhas e baixa produção de grãos são características do sorgo forrageiro muito utilizado na produção de silagem, fenação, pastejo e cobertura de solo. Para produção de açúcar e etanol são utilizados o sorgo sacarino e o sorgo lignocelulósico, com maior produção de biomassa e que possuem teores elevados de carboidratos solúveis. O último grupo é utilizado de maneira artesanal, conforme denominação é utilizado para confecção de vassouras. As variedades destinadas ao pastejo animal são selecionadas para apresentar alta rusticidade e grande capacidade de rebrote após cortes/pastejos sucessivos.

Os híbridos de sorgo de dupla aptidão são os mais plantados com o objetivo de produção de silagem de alto valor nutricional. O Volumax, um desses híbridos de dupla aptidão, tem sido incluído na maioria dos estudos de avaliação do potencial produtivo de sorgos forrageiros (NEUMANN et al., 2002; VON PINHO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2007b; SKONIESKI et al., 2010). O Volumax tem ciclo médio, e em torno de 110 a 120 dias após a semeadura as plantas estão no estágio fenológico e com teor de umidade recomendado para o corte e a ensilagem. A panícula do Volumax é semi-compacta, grãos avermelhados, sem tanino, responsiva a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, com grande potencial produtivo. A altura da planta (do solo a ponta da panícula) oscila entre 2,70 a 2,80 m e o

Volumax é insensível ao nictoperíodo (OLIVEIRA et al., 2007b; SKONIESKI et al., 2010; PAULA, 2016).

O híbrido BRS 658, lançado em 2015 pela EMBRAPA, tem o objetivo de atender à crescente demanda dos produtores por maior eficiência e melhor qualidade na alimentação de bovinos. Ele apresenta boa capacidade de rebrota, além de possuir um sistema radicular que se desenvolve muito bem, o que confere resistência ao acamamento em períodos de déficit hídrico. O sorgo BRS 658 apresenta baixo custo de produção e alta qualidade de forragem, sua produtividade média é de 50 toneladas por hectare de massa verde. Segundo Embrapa (2016) este híbrido possui porte alto, ciclo vegetativo ideal para ensilagem em torno de 90 a 110 dias, colmos secos com excelente padrão fermentativo, alta porcentagem de grãos na massa (300 a 400 g kg⁻¹ MS), proporcionando uma silagem de alta digestibilidade (cerca de 600 g kg⁻¹ MS DIVMS) e alto teor proteico (média de 80 a 90 g kg⁻¹ MS de proteína bruta), possui alta sanidade foliar e resistência ao míldio (*Peronosclerospora sorghi*).

A panícula e as folhas são as partes da planta que tem maior digestibilidade e valor nutricional. Maior porcentagem de panícula, além de contribuir para o aumento da qualidade da silagem, em função do seu melhor valor nutritivo, tem ainda participação muito grande no aumento da porcentagem de matéria seca do material ensilado, em função do seu menor conteúdo de água. Diversos estudos têm mostrado que boas silagens são obtidas quando a participação dos grãos na massa ensilada oscila de 40 a 50%. Além disso, o aumento da participação de panícula na planta inteira reduz os teores de constituintes da parede celular e eleva a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, havendo também relatos que em híbridos de sorgo nos quais a panícula representa mais de 40% da matéria seca da planta, a compactação da silagem é melhor, assegurando um ambiente anaeróbico mais rápido no silo, com reflexos positivos na qualidade da silagem (BOTELHO et al., 2010; CARDOSO, 2016; BEHLING NETO et al. 2017; OLIVEIRA et al., 2024)

Contraopondo-se às vantagens citadas anteriormente, Porfírio (2019) menciona que a utilização do sorgo para ruminantes tem algumas desvantagens, pois é característico da cultura do sorgo apresentar altas concentrações de FDN e lignina, que influenciam diretamente no consumo voluntário pelos animais (KOZLOSKI, 2019). Mesmo com esses fatores negativos, há relatos de pesquisas mais recentes com híbridos de sorgo que apresentam melhor digestibilidade da fibra, beneficiando o consumo dos animais (KHOSRAVI et al., 2018; RAMOS et al. 2021). Outro fator antinutricional presente nas variedades de sorgo é a presença de compostos fenólicos, a exemplo dos taninos, que geralmente estão associados a fatores antinutricionais, reduzindo o consumo de matéria seca e a digestibilidade da proteína

(OLIVEIRA et al., 2007). Desta forma, o desenvolvimento de híbridos sem a presença ou com baixos teores de taninos, melhor digestibilidade e degradabilidade da fibra, tornam-se alternativas para otimizar a oferta de nutrientes para os animais (PROFÍRIO, 2019).

2.3 Produção de biomassa e remoção de nutrientes

Devido à alta produção de matéria seca e há também elevada remoção de nutrientes pela colheita da biomassa aérea do sorgo, assim, deve-se adotar medidas para manter ou elevar a fertilidade do solo, com o objetivo de evitar decréscimos de produtividade nas futuras safras, tanto pelo esgotamento do solo quanto ao fornecimento de nutrientes quanto à acidificação causada pelo uso de adubos nitrogenados (OLIVEIRA et al., 2007a; SANTOS et al., 2007; RAIJ, 2011; SILVA, 2021).

Em estudos conduzidos com o Volumax e o AG2005-E (ambos de dupla aptidão) no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, em Rio Largo, Oliveira et al. (2007b), em estudos conduzidos com o Volumax e o AG2005-E (ambos de dupla aptidão), relatam acúmulo de matéria seca (MS) da ordem de 11 t de MS por hectare, na dose máxima de adubação fosfatada: 75 kg de P por hectare. Os autores escreveram ainda que aproximadamente 50% da matéria seca da planta estava alocada na panícula, logo a forragem obtida era de alto valor nutricional. von Pinho et al. (2006) e Skonieski et al. (2010) em estudos conduzidos, respectivamente, em Lavras – Minas Geras e, Restinga Seca – Rio Grande do Sul, relatam acúmulo de MS na parte aérea do Volumax oscilando em torno de 14 t por hectare por corte. Oliveira et al. (2019), em estudo conduzido em solo de textura média, com bom suprimento de nutrientes, relatam que o Volumax acumulou na parte aérea 16,2 t de matéria seca por hectare, no primeiro corte e, corte desta biomassa para a ensilagem removeu do solo 213; 33; 204; 37; 23 e 21 kg por hectare de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, respectivamente.

2.4 Avaliação da fertilidade do solo e disponibilidade de nutrientes

Conforme citado anteriormente, o sorgo é uma cultura de elevado potencial produtivo, que conseqüentemente extrai e remove grandes quantidades de nutrientes do solo (OLIVEIRA et al., 2007b; SANTOS et al., 2007; SILVA, 2021; OLIVEIRA et al., 2024). Para as culturas de elevado potencial produtivo e responsivas a adubação, é necessário conhecer a capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo para, se necessário, complementá-la com adubações e, se constatada a presença de elementos em níveis tóxicos, reduzir sua concentração pela calagem

e gessagem (OLIVEIRA et al., 2007a; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al. 2024b). Normalmente, se avalia a disponibilidade de nutrientes e a presença de elementos em níveis tóxicos no solo pela análise química da camada arável, sendo também de grande valia o histórico da área, sobretudo as adubações realizadas e se houve ou não ocorrência de sintomas de deficiência ou de toxidez nos cultivos anteriores (OLIVEIRA et al., 2018c; FRIAS et. 2018; ANDRADE JÚNIOR et al.,2019).

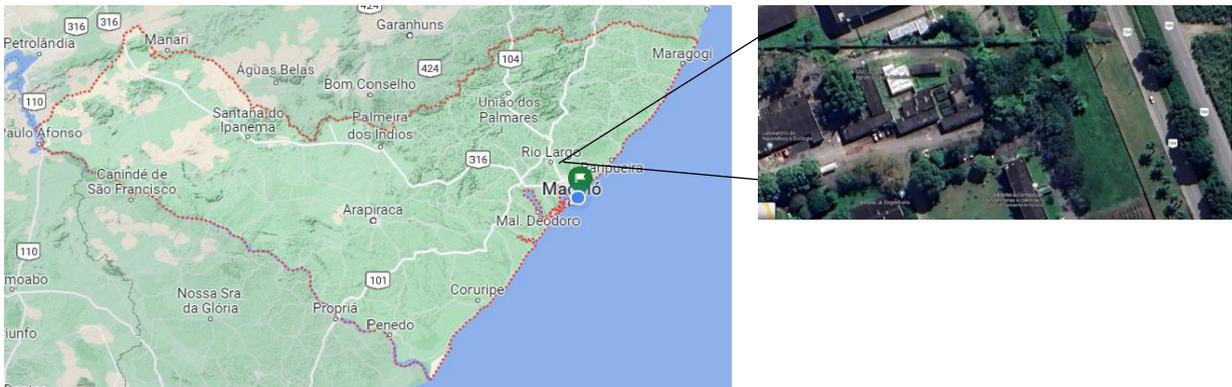
Usualmente, coletam-se amostras de solo das camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade. Os resultados da análise da camada de 0 a 20 cm serão utilizados para calcular a calagem e a adubação e os da camada de 20 a 40 cm, para os cálculos da necessidade de gessagem (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011b; OLIVEIRA et al., 2024b). Em grandes áreas tem-se utilizado a amostragem do solo em grade. Essa técnica consiste na coleta de amostras de solo georreferenciadas, e, devido a esse georreferenciamento, é possível mensurar a variabilidade dos teores de nutrientes no solo e aplicar os corretivos de acidez e adubos a taxas variáveis. Oliveira et al. (2024b) recomenda que para pequenas propriedades deve-se coletar as amostras de solo usando cavadeira e pá reta, pois, o uso da pá reta diminui a variabilidade dos índices de fertilidade do solo.

No sistema tradicional de coleta, para obtenção de uma amostra composta, devem-se tomar entre 10 e 30 amostras simples, números esses dependentes do tamanho da área e de sua homogeneidade; em média, coletam-se cinco amostras simples por hectare. Após a secagem, ao ar, da amostra composta, retiram-se cerca de 500 g de terra para, depois de acondicionados em recipiente devidamente identificado, serem enviados ao laboratório de análise química. No Brasil, o potássio, o cálcio, o magnésio, o sódio e o alumínio são analisados quanto ao teor trocável e, mesmo havendo grande variação dos extratores químicos utilizados por diferentes laboratórios, a precisão e exatidão dessas análises são muito grandes (OLIVEIRA et al., 2007a; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018c).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL) localizado no município de Rio Largo - AL (Figura 1), com coordenadas geográficas: altitude de 127 metros, latitude de 9° 28' 49" Sul e longitude de 35° 51' 29" Oeste. A localização do município de Rio Largo- AL é mostrada na figura 1.

Figura 1- Localização do município de Rio Largo- AL, local de condução do estudo.



Fonte: Autor (2024).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Rio Largo é tropical litorâneo úmido (As), com temperatura média anual do ar, mínima e máxima de 17,2 e 35,2 °C, respectivamente. Na tabela 1 estão apresentados os valores de temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento, irradiação solar global, precipitação pluvial e evapotranspiração de referência, registrado pela estação Agrometeorológica do CECA/UFAL, nos meses de maio de 2023 a janeiro de 2024, período de condução do estudo.

Tabela 1- valores de temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento, irradiação solar global, precipitação

Variáveis	Meses										
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	
Temperatura do ar (°C)	Média	25,6	24,9	23,7	23,1	23,5	23,8	24,7	25,9	25,9	27,3
	Mínima	20,3	20,7	20,4	18,6	18,0	19,0	19,0	19,7	18,0	21,2
	Máxima	33,2	31,5	29,5	29,6	30,7	31,3	33,1	32,4	33,2	36,6
Umidade do ar (%)	Média	86,1	88,5	90,8	88,4	86,8	85,2	80,7	77,8	84,4	76,6
	Mínima	50,3	55,7	58,6	51,0	51,7	50,8	45,0	42,2	42,0	38,6
	Máxima	99,1	99,1	99,0	99,0	98,4	97,2	96,1	95,0	97,4	94,2
Velocidade do Vento 2 m (m s ⁻¹)	Média	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	1,8	1,5	1,7
Irradiação Solar Global (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	Média	18,1	15,7	13,2	14,2	15,8	16,2	19,5	21,1	19,6	24,5
Precipitação Pluvial (mm)	Total	282,7	313,2	341,1	220,7	129,3	138,4	32,5	10,2	81,3	8,4
Evapotranspiração de referência (mm)	Total	108,9	95,7	77,2	86,6	97,1	97,8	128,5	136,7	127,2	166,0

Fonte: Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA), 2024.

Em março de 2023, antecedendo a implantação do estudo, foram coletadas amostras de um solo, com histórico de uso conhecido, nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, e analisadas segundo De Felippo & Ribeiro (1997). O solo tinha, 65,03% de saturação por bases na camada de 0 a 20 cm e ausência de alumínio trocável no perfil de 0 a 40 cm (Tabela 2). Desta forma, não houve necessidade de aplicação de corretivos de acidez e de gesso, seguindo recomendações de Santos et al. (2007), Raij (2011) e Silva (2021). A escolha deste solo visou proporcionar bom suprimento de nutrientes às plantas, sem impedimento químico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, até camada de 40 cm (RAIJ, 2008; OLIVEIRA et al., 2018c; OLIVEIRA et al., 2024b).

Tabela 2 - Resultados analíticos da amostra de solo da área do estudo, nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade, coletadas no mês de março.

Camada	pH em	P	K	Ca	Mg	Al ³⁺	H + Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
	H ₂ O	mg/dm ³									%	
0 a 20 cm	6,1	31	62	3,51	0,72	0,00	2,36	4,39	4,39	6,75	65,03	0,00
20 a 40 cm	5,7	15	42	2,31	0,39	0,00	2,14	2,81	2,81	4,95	56,75	0,00

pH em H₂O (Relação 1:2,5). P e K: Extrator Mehlich. Ca, Mg e Al: Extrator KCl. H + Al: Extrator Acetato de Cálcio.

Foram avaliados dois híbridos de sorgo forrageiro, muito utilizados na pecuária brasileira: BRS 658 e Volumax. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis repetições. Cada parcela experimental foi formada por cinco fileiras de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,70 m. A área útil da parcela para as avaliações foram as três fileiras centrais. As avaliações foram realizadas no primeiro corte, primeira e segunda rebrotas.

A adubação química, aplicada no fundo do sulco de semeadura, foi apenas de fósforo, para evitar salinização próximo às sementes. Foi aplicado o equivalente a 70 kg de fósforo por hectare (160 kg de equivalente a P₂O₅), usando o superfosfato simples como fonte de fósforo. O uso do superfosfato simples também teve o objetivo de aumentar a eficiência no metabolismo do nitrogênio e a síntese proteica, uma vez que há forte interação do N, P e do S em rotas bioquímicas (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2018). Após a aplicação do superfosfato simples, o adubo fosfatado foi coberto com uma camada de terra oscilando em torno de 5 cm.

Os sorgos foram semeados manualmente visando obter uma densidade populacional de 160.000 a 200.000 plantas por hectare. Na sequência, as sementes foram cobertas com uma camada de terra de cerca de 2,0 cm. As adubações nitrogenadas e potássicas foram aplicadas em cobertura. Com base na expectativa de produtividade e nos relatos de Oliveira et al. (2007b), Santos et al. (2014) e SILVA (2021) foram aplicados 200 kg de N e 200 kg de K por hectare, usando o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, respectivamente, como fonte desses

nutrientes. Foi utilizado o sulfato de amônio para evitar perdas do nitrogênio por volatilização da amônia (RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018c). Quando as plantas apresentaram duas folhas definitivas foi aplicado um terço da dose do N e do K, na entrelinha do sorgo. Dez dias após foi aplicado o restante da N e K. Para controle de plantas daninhas foi utilizado o herbicida Atrazine, na pós-emergência, na dosagem de 4,0 litros do produto comercial por hectare. O controle de pragas também foi com aplicação de produtos químicos.

Figura 2- Emergência dos híbridos de sorgo BRS 658 e Volumax, semeados para densidade populacional de 160.000 a 200.000 plantas por hectare.



Fonte: Autor (2024).

Figura 3- Adubações nitrogenadas e potássica em cobertura nos sorgos BRS 658 e Volumax.



Fonte: Autor (2024).

Na fase de emissão da panícula, foram coletadas folhas, nas três fileiras centrais, para avaliação do estado nutricional das plantas, seguindo-se as recomendações de Malavolta et al. (1997), Santos et al. (2007), Rajj (2011) e Silva (2021). As folhas medianas foram coletadas com tesoura de aço inoxidável, cortando a seguir o terço médio e retirando-se a nervura central.

Figura 4- Coleta do terço médio das folhas do sorgo, e retirada da nervura central para posteriores análises químicas do estado nutricional das plantas.



Fonte: Autor (2024).

O limbo foliar assim obtido foi seco em estufa, a 65 °C, até massa constante. Posteriormente, o material foi passado em moinho de aço inoxidável e submetido às digestões sulfúricas e nítricoperclóricas. O limbo foliar foi analisado quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os teores de nitrogênio foram obtidos pelo método de Kjeldahl, o potássio por fotometria de chama e o fósforo e boro por espectrocolorimetria. O cálcio, magnésio, cobre, manganês, zinco e ferro foram determinados por meio da espectrofotometria de absorção atômica e o enxofre por turbodimetria, conforme descrito por Malavolta et al. (1997) e Silva e Queiroz (2002).

Na fase de grãos farináceos, foram realizadas amostragens para avaliação do teor de matéria seca da biomassa aérea do sorgo. Quando as plantas de sorgo estavam com teor médio de matéria seca próximo a 330 g kg^{-1} , os sorgos foram cortados a cerca de 10 cm acima do solo, pesados e uma subamostra de 15 plantas por parcela foi passada em picadeira de forragem e homogeneizada. Uma subamostra de cerca de 1.500 gramas foi coletada e guardada em congelador até as análises químicas. A biomassa aérea do sorgo foi analisada quanto aos teores de macronutrientes, seguindo-se o método descrito por Malavolta et al. (1997) e, Silva e Queiroz (2002).

Cerca de 10 dias após o primeiro corte adubou-se a primeira rebrota com 200 kg de N e 200 kg de potássio, utilizando-se novamente o sulfato de amônio e o cloreto de potássio. Na primeira rebrota, parte do ciclo da cultura ocorreu sob baixa precipitação pluvial (tabela 1), então, para que a cultura não tivesse deficiência hídrica foi realizada irrigação complementar visando suprir as plantas com um volume de água próximo a 550 mm, seguindo-se recomendação de Fonseca Neto (2013), Barros e Silva (2020) e Schwenck et al. (2020).

Novamente, na fase de emissão da panícula, foram coletadas folhas, nas três fileiras centrais, para avaliação do estado nutricional das plantas, seguindo-se os mesmos procedimentos utilizados no primeiro corte. Igualmente, quando as plantas de sorgo estavam na fase de grãos farináceos, foram realizadas as avaliações do acúmulo de matéria seca e de macronutrientes descritas anteriormente.

Seguindo-se os mesmos procedimentos adotados anteriormente, cerca de 10 dias após o corte da primeira rebrota adubou-se a segunda rebrota com 200 kg de N e 200 kg de potássio, utilizando-se novamente o sulfato de amônio e o cloreto de potássio. Na segunda rebrota, a maior parte do ciclo da cultura ocorreu sob baixa precipitação pluvial (tabela 1), então, irrigou-se visando suprir as plantas com um volume de água próximo a 550 mm, seguindo-se novamente as recomendações de Fonseca Neto (2013), Barros e Silva (2020) e Schwenck et al. (2020). A partir dos valores de concentração do nitrogênio, fósforo e do potássio na matéria seca e, da produção de matéria seca do primeiro corte e da primeira e segunda rebrotas, foi calculada a remoção de nutrientes no sistema solo-planta. O balanço de nutrientes no sistema solo-planta foi calculado considerando como entrada as adubações e, como saída, a remoção desses nutrientes pelas colheitas primeiro corte e da primeira e segunda rebrotas. Os valores médios dos teores de nutrientes na folha, bem como os do acúmulo de matéria seca e de nutrientes em cada ciclo, foram submetidos à análise de variância e a teste de médias (FERREIRA, 2011).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados e discutidos os resultados referentes ao estado nutricional das plantas, no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas, e posteriormente os acúmulos de matéria seca e de nutrientes nos três cortes.

4.1 Estado nutricional das plantas no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas

Nas tabelas 3, 4 e 5 é apresentado o quadrado médio das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes nas folhas medianas dos dois sorgos, nos três cortes. Pela análise desta tabela verifica-se que houve efeito de híbrido de sorgo apenas no primeiro corte, para os micronutrientes boro e cobre. Para o boro, o teor foliar no Volumax foi de 11,60 mg kg⁻¹, enquanto para o BRS 658 esse teor foi de 8,61 mg kg⁻¹. Por outro lado, o teor de cobre no Volumax foi um pouco menor que o do BRS 658, com valores médios, respectivamente, de 7,40 e 8,50 mg kg⁻¹. Contudo, comparando os teores foliares de nutrientes encontrados nesse estudo com os citados por Malavolta et al. (1997) e Santos et al. (2007) verifica-se que as plantas apresentaram teores suficientes para todos os elementos, nos três ciclos, conforme mostrado na figura 5.

Tabela 3 - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes no limbo de folhas medianas dos híbridos de sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, no primeiro corte.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
----- (g kg ⁻¹) -----							
Híbrido	1	0,4332 ^{ns}	0,0432 ^{ns}	0,7500 ^{ns}	0,0108 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0972 ^{ns}
Bloco	5	4,5052	0,0292	2,1672	0,0700	0,0100	0,0060
Resíduo	5	6,0148	0,0788	1,2520	0,0692	0,0228	0,0188
Média Geral		34,47	4,28	19,97	5,25	2,05	2,15
C.V. (%)		7,11	6,56	5,60	5,01	7,37	6,38

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- (mg kg ⁻¹) -----						
Híbrido	1	26,7008 *	3,6300*	56,3333 ^{ns}	52,0833 ^{ns}	16,3333 ^{ns}
Bloco	5	1,2508	0,1580	92,8000	6,6833	11,1333
Resíduo	5	0,4068	0,4780	59,3333	16,2833	5,7333
Média Geral		10,10	7,95	103,50	34,08	30,33
C.V. (%)		6,31	8,70	7,44	11,84	7,89

^{ns}, *, respectivamente, não significativo, ou significativo, a 5,0% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4 - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes no limbo de folhas medianas dos híbridos de sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, na primeira rebrota.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
----- (g kg ⁻¹) -----							
Híbrido	1	1,4700 ^{ns}	0,0833 ^{ns}	1,1408 ^{ns}	0,0208 ^{ns}	0,0675 ^{ns}	0,0033 ^{ns}
Bloco	5	8,2960	0,2453	1,1488	0,3748	0,1088	0,0320
Resíduo	5	1,8360	0,0673	0,5888	0,2428	0,0835	0,0633
Média Geral		35,15	3,96	17,65	6,55	3,35	2,20
C.V. (%)		3,85	6,54	4,35	7,51	8,60	11,44

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- (mg kg ⁻¹) -----						
Híbrido	1	0,7500 ^{ns}	3,0000 ^{ns}	8,3333 ^{ns}	3,0000 ^{ns}	6,7500 ^{ns}
Bloco	5	2,0833	1,0000	122,5333	7,6000	5,8833
Resíduo	5	1,1500	0,6000	53,7333	10,6000	3,3500
Média Geral		15,08	6,50	102,16	29,00	21,41
C.V. (%)		7,11	8,15	7,17	11,23	8,55

^{ns}, *, respectivamente, não significativo, ou significativo, a 5,0% de probabilidade pelo teste F.

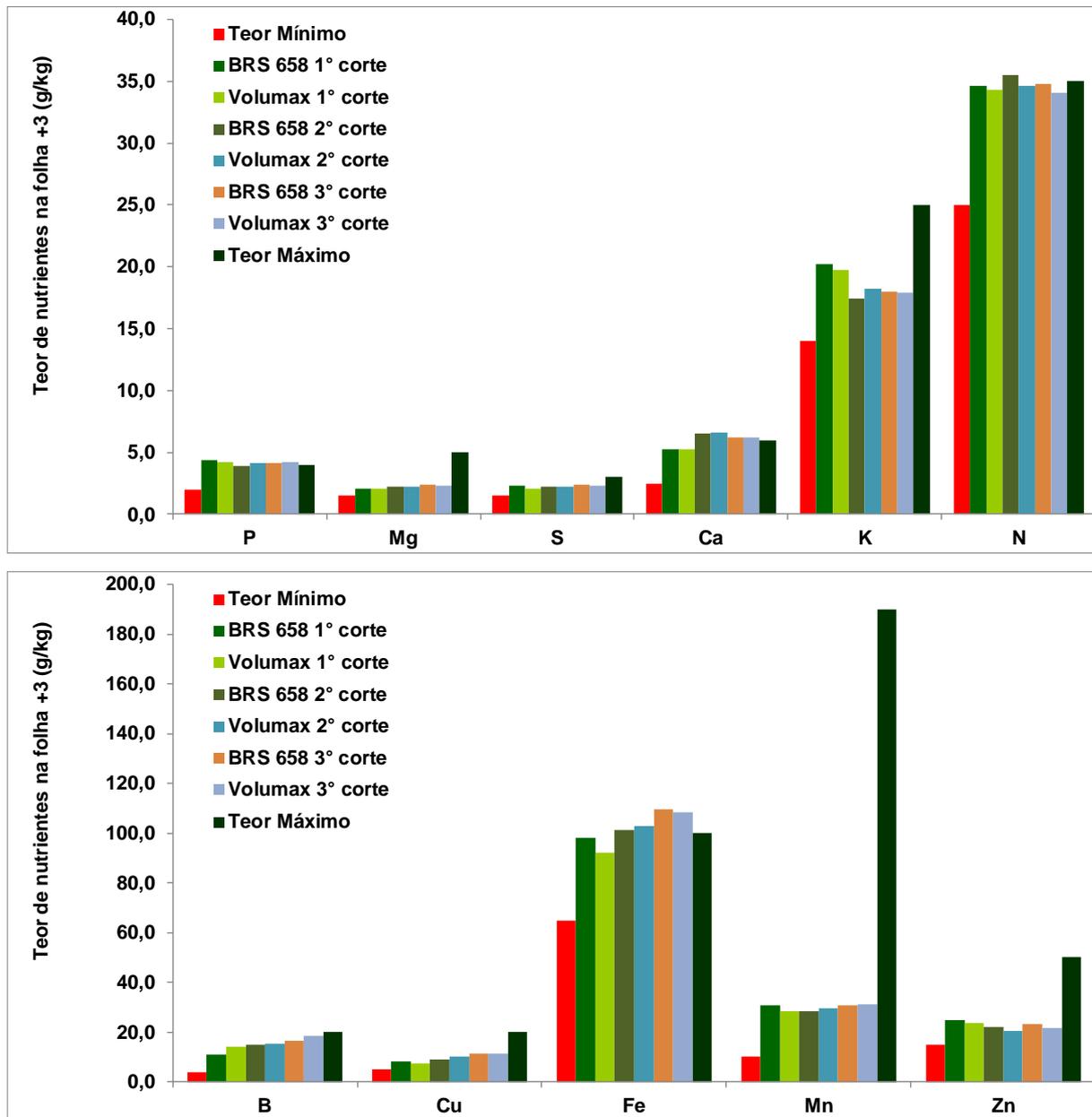
Tabela 5 - Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes no limbo de folhas medianas dos híbridos de sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, na segunda rebrota.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
----- (g kg ⁻¹) -----							
Híbrido	1	0,9075 ^{ns}	0,0075 ^{ns}	0,2408 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0208 ^{ns}	0,0033 ^{ns}
Bloco	5	1,9688	0,1155	1,4248	0,6055	0,0728	0,0280
Resíduo	5	2,1515	0,1595	0,9608	0,0988	0,0608	0,0493
Média Geral		34,34	4,12	18,04	6,22	3,4083	2,35
C.V. (%)		4,27	9,68	5,43	5,05	7,24	9,45

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- (mg kg ⁻¹) -----						
Híbrido	1	12,0000 ^{ns}	0,0833 ^{ns}	5,3333 ^{ns}	0,7500 ^{ns}	5,3333 ^{ns}
Bloco	5	1,5333	0,2833	39,8000	6,0833	6,4000
Resíduo	5	5,0000	1,8833	224,7333	7,5500	4,3333
Média Geral		17,66	11,41	109,00	30,92	22,50
C.V. (%)		12,66	12,02	13,75	8,89	9,25

^{ns}, *, respectivamente, não significativo, ou significativo, a 5,0% de probabilidade pelo teste F.

Figura 5- Teores foliares de macro e micronutrientes nas folhas medianas dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas, comparativamente aos citados na literatura como mínimo e máximo.



Teores de nutrientes na matéria seca do limbo foliar, considerados adequados: N: 25 a 35 g kg⁻¹; P: 2,0 a 4,0 g kg⁻¹; K: 14,0 a 25 g kg⁻¹; Ca: 2,5 a 6,0 g kg⁻¹; Mg: 1,5 a 5,0 g kg⁻¹; S: 1,5 a 3,0 g kg⁻¹; Boro: 4,0 a 20,0 mg kg⁻¹; Cobre: 5,0 a 20,0 mg kg⁻¹; Ferro: 65,0 a 100,0 mg kg⁻¹; Manganês 10,0 a 190 mg kg⁻¹; Zinco: 15,0 a 50,0 mg kg⁻¹ de matéria seca do limbo foliar. **Fonte:** Malavolta et al. (1997); Santos et al. (2007); Silva (2021).

A alta fertilidade do solo utilizado no presente estudo, associada a adubação nitrogenada, fosfatada e potássica empregadas, forneceram nutrientes às plantas em quantidades suficientes, resultando em estado nutricional adequado das plantas. Oliveira et al. (2024) (Produção e qualidade bromatológica dos sorgos forrageiros BRS 658 e Volumax, cultivados na Zona da Mata Alagoana, nordeste do Brasil, também em estudo conduzidos com

o BRS 658 e com o Volumax no CECA/UFAL, relatam que os teores médios de magnésio e cobre foram os que estiveram mais próximos à concentração mínima. Ainda segundo Oliveira et al. (2024a) a deficiência de cobre e de manganês tem sido frequente nos estudos conduzidos em lavouras, do nordeste de Minas Gerais – sul da Bahia, até o Rio Grande do Norte.

Os solos do nordeste de Minas Gerais – sul da Bahia, até o Rio Grande do Norte têm baixos teores de cobre e de manganês, assim o suprimento é inadequado e, as plantas geralmente estão deficientes nesse microelemento. Oliveira et al. (2018c), citam estudos conduzidos no Centro de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA-UFAL) nos quais foram constatadas grandes deficiências de cobre, em diversas espécies, incluindo gramíneas e leguminosas. Crusciol et al. (2011), em estudos conduzidos em Botucatu -SP, com dois sorgos graníferos, obteve valor médio de 18,1 mg kg⁻¹ para o teor foliar de cobre. Esses autores citam que os teores foliares médios para N, P, K, Ca e Mg foram de 43,6; 2,7; 11,8; 9,0 e 4,5 g kg⁻¹, respectivamente, estando, portanto, de acordo com as citações de Santos et al. (2007) e com os resultados obtidos no presente estudo.

Para a maioria das concentrações dos nutrientes nas folhas do BRS658 e do Volumax (Tabelas 3, 4 e 5) houve pequena variabilidade, com coeficiente de variação inferior a 10%. Em estudo conduzido com o sorgo Volumax, em Mercês, zona da Mata Mineira, em propriedade que utiliza sistema intensivo de produção de forragem para a alimentação de bovinos leiteiros, Silva (2021), relatam que para os teores foliares dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S os coeficientes de variação foram inferiores a 8,0%, devido às práticas agrícolas adotadas para uniformização das áreas quanto a fertilidade do solo. Em anos anteriores a implantação da pesquisa com o sorgo Volumax, foram realizadas demarcações das pequenas áreas de menor desenvolvimento da cultura dentro do talhão. O solo destas pequenas áreas foi analisado e recebeu calagem, gessagem e adubação em quantidades maiores que as outras áreas, visando a uniformização da fertilidade do solo do talhão.

Outro fator que também pode ter contribuído para a pequena variação dos teores foliares de nutrientes é a própria planta de sorgo. O sorgo, devido ao seu sistema radicular profundo e ramificado, explora maior volume de solo, resultando em menor variabilidade na absorção de nutrientes e maior estabilidade de produção em função de variações climáticas, especialmente do teor de água no solo (MAGALHÃES, RODRIGUES, 2001; FERNANDES et al., 2020; SIMÕES et al., 2022).

Conforme citado anteriormente, Magalhães e Rodrigues (2001) relatam que se forem feitas comparações entre as raízes primárias de milho e do sorgo, será constatado que ambas as culturas apresentam basicamente a mesma quantidade de massa radicular, porém as raízes

secundárias do sorgo são, no mínimo, o dobro daquelas encontradas no milho. Esses autores citam ainda que o sistema radicular do sorgo é mais extenso, fibroso e com maior número de pêlos absorventes. A profundidade do sistema radicular do sorgo chega a até 1,5 m, estando 80% até 30 cm de profundidade no solo e, em extensão lateral alcança 2,0 metros.

Miranda et al. (2010) relatam estudo conduzidos em Mossoró – RN no qual foi avaliado o estado nutricional do sorgo forrageiro BR601, cultivado em sucessão a adubos verdes. O solo do local de estudo era um Argissolo Vermelho Amarelo, de alta fertilidade: pH em água = 7,4; P e K, respectivamente de 76 e 117 mg dm⁻³. Os autores verificaram que não houve efeito do cultivo prévio de adubos verdes sobre os teores foliares de nutrientes no BR601. As concentrações foliares de N, P, K, Ca e Mg, em g kg⁻¹, variaram respectivamente de: 14,3 a 17,0; 3,9 a 5,0; 13,0 a 16,0; 2,2 a 4,1 e 3,8 a 5,7. O menor coeficiente de variação dos teores foliares foi observado para o fósforo: 13,92, sendo o maior para o cálcio: 23,45%.

Para sistemas de produção mais intensivos foram encontrados poucos estudos relatando os teores foliares de nutrientes em sorgo forrageiro. Um desses estudos, foi o de Santos et al. (2014), conduzido por dois anos agrícolas, na EMBRAPA-CNPMS, Sete Lagoas MG, com dois híbridos destinados a produção de biomassa: CMSXS 7020 e CMSXS 652. A adubação por ocasião da semeadura foi de 500 kg ha⁻¹ do adubo 08-28-16, tendo-se selecionado os resultados da adubação de cobertura com 160 kg de N e 180 kg de K por hectare. Os autores relatam que as médias para os teores foliares para N, P, K, Ca e Mg variam, respectivamente, em g kg⁻¹, de 28,9 a 32,9; 2,9 a 3,7; 15,0 a 22,5, 4,5 a 7,7; 3,1 a 4,5 e 1,6 a 2,0. Desta forma, os teores observados para estes dois híbridos de sorgo são bem próximos aos obtidos no presente estudo, e semelhantes aos descritos por Silva (2021) e Oliveira et al. (2024a).

Nogueira et al. (2020), avaliou o estado nutricional do sorgo Volumax, em três safras, e relata que não houve efeito do ano de cultivo sobre os teores foliares de macro e micronutrientes, tendo observado coeficiente de variação inferior a 10% para todos os elementos. Ainda segundo Nogueira et al. (2020) a baixa variabilidade experimental deveu-se, dentre outros fatores, ao sistema de produção que emprega o sistema de adubação baseado na restituição de nutrientes removidos pelo corte da forragem, e as práticas culturais adotadas anteriormente para uniformizar a fertilidade do solo das áreas de cultivo.

4.2 Concentração de nutrientes na biomassa aérea das plantas no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas.

Nas tabelas 6, 7 e 8 estão apresentadas as análises de variação para as concentrações de nutrientes na biomassa aérea das plantas no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas. Pela análise destas tabelas verificasse que houve efeito significativo de híbrido de sorgo apenas no primeiro corte e na segunda rebrota. No primeiro corte o efeito significativo foi para as concentrações de cálcio, magnésio e enxofre, enquanto na segunda rebrota houve efeito de híbrido apenas para o magnésio.

Tabela 6 - Quadrados médios da análise de variância para a concentração de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados do primeiro corte.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		PB	P	K	Ca	Mg	S
Híbrido	1	6,4533 ^{ns}	0,0300 ^{ns}	0,2408 ^{ns}	0,1200 [*]	0,1200 [*]	0,1200 [*]
Bloco	5	17,1893	0,0833	1,3068	0,0800	0,0353	0,0260
Resíduo	5	3,1473	0,0640	0,8468	0,0160	0,0100	0,0080
Média Geral (g kg ⁻¹)		81,88	2,93	16,20	2,90	1,83	1,65
C.V. (%)		2,17	8,62	5,68	4,36	5,45	5,42

^{ns, *}, respectivamente não significativo, e significativo a 5,0% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 7 - Quadrados médios da análise de variância para a concentração de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados da primeira rebrota.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		PB	P	K	Ca	Mg	S
Híbrido	1	15,4133 ^{ns}	0,0208 ^{ns}	0,4033 ^{ns}	0,0300 ^{ns}	0,0408 ^{ns}	0,0075 ^{ns}
Bloco	5	12,1713	0,0168	1,1913	0,0293	0,0128	0,0075
Resíduo	5	15,2173	0,0248	0,5833	0,0160	0,0088	0,0155
Média Geral (g kg ⁻¹)		79,68	1,94	13,28	2,11	1,40	1,37
C.V. (%)		4,90	8,12	5,75	5,98	6,67	9,05

^{ns, *}, respectivamente não significativo, e significativo a 5,0% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8 - Quadrados médios da análise de variância para a concentração de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados da segunda rebrota.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		PB	P	K	Ca	Mg	S
Híbrido	1	9,1875 ^{ns}	0,0208 ^{ns}	2,4300 ^{ns}	0,0133 ^{ns}	0,1408*	0,0300 ^{ns}
Bloco	5	13,4675	0,0188	1,1640	0,0193	0,0088	0,0093
Resíduo	5	14,2715	0,0228	0,3960	0,0093	0,0048	0,0120
Média Geral (g kg ⁻¹)		80,47	1,74	13,35	2,01	1,24	1,48
C.V. (%)		4,69	8,68	4,71	4,79	5,60	7,39

^{ns, *}, respectivamente não significativo, e significativo a 5,0% de probabilidade pelo teste F.

Em relação a qualidade bromatológica das forragens, o teor de proteína bruta da biomassa aérea das forrageiras é uma das variáveis mais importantes a serem analisadas nos estudos de competição ou avaliação do potencial produtivo de forrageiras (AVELINO et al., 2011; BEHLING NETO et al., 2017; MORAES et al., 2020; FERREIRA et al., 2023). No presente estudo esses teores de proteína bruta variaram de 79,68 a 81,88 g por kg de matéria seca, ou, como expresso outrora, 7,9 a 8,1% de proteína bruta. Para Sniffen et al. (1993), Santos et al. (2022) e Oliveira et al. (2024a), o consumo de alimentos em bovinos é controlado principalmente pela atividade ruminal, sendo o teor de 70 g kg⁻¹, ou 7,0 % de proteína bruta na dieta total, considerado o mínimo para uma boa fermentação ruminal.

Teores de proteína bruta menores 70 g kg⁻¹ acarretam diminuição no consumo e, consequentemente, as exigências de manutença não são supridas, resultando em perda de peso ou redução na produção de leite (LIMA et al., 2017; RAMOS et al., 2017; VERIATO et al., 2018). Por esse motivo, os menores consumo e digestibilidade das gramíneas tropicais deficientes em nitrogênio, ou em avançado grau de maturidade, estão relacionados aos baixos teores de proteína bruta e, consequentemente, ao menor suprimento de amônia no rúmen para bactérias celulolíticas (KOZLOSKI, 2019; RODRIGUES et al., 2020; SILVA, 2021).

Há forte interação entre o nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre, na absorção e no metabolismo do nitrogênio (RUFTY et al., 1990; MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2018c; CARCIOCHI et al., 2020). A disponibilidade de nutrientes no solo, as adubações químicas, as condições climáticas e os tratos culturais, são fatores que influenciam grandemente na produção e bromatologia da forragem. A adequada nutrição mineral da planta tem efeito tanto sobre a produtividade quanto sobre a qualidade da forragem, uma vez que a síntese de vários compostos orgânicos, incluindo aminoácidos e carboidratos, dependem da

disponibilidade endógena dos nutrientes (OLIVEIRA et al., 2007a; FRIAS et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2018b; NOGUEIRA et al., 2020).

A absorção e o metabolismo do nitrogênio são muito influenciados pela disponibilidade endógena de fósforo (RUFTY et al., 1990; MAGALHÃES, 1996; OLIVEIRA et al., 2007a; OLIVEIRA et al., 2018b). Em plantas com suprimento adequado de P ocorre aumento na absorção do nitrato da solução do solo; há maior translocação de nitrato das raízes para a parte aérea, aumentando o acúmulo de aminoácidos em folhas e raízes (RUFTY et al., 1990; OLIVEIRA et al., 2007a). No estudo clássico conduzido por Rufty et al. (1990), usando a técnica isotópica do ^{15}N ficou demonstrado que tanto o C_{mim} (concentração mínima a partir da qual inicia a absorção) quanto o K_m (concentração necessária para que ocorra metade da velocidade máxima de absorção) foram muito alterados quando as plantas de fumo estavam sob suprimento adequado de fósforo, sendo que ambos: C_{mim} e K_m , diminuíram nestas condições, aumentando, portanto, a eficiência nutricional das plantas. Oliveira et al. (2007b), nos estudos conduzidos com o Volumax e o AG2005-E, no CECA/UFAL, verificaram que a adubação fosfatada influenciou na partição e no acúmulo da matéria seca, havendo aumento da matéria seca alocada nas panículas com o aumento das doses de fósforo. Desta forma a qualidade bromatológica da forragem também foi melhorada.

Os teores de proteína bruta dos híbridos de sorgo AG2005-E e Volumax, nos trabalhos conduzidos por Oliveira et al. (2007b), no CECA/UFAL, foram em média de 85 g por kg de matéria seca, valores próximos aos do presente estudo, e aos relatados por Gontijo Neto et al. (2004), em pesquisa conduzida em Capinópolis – MG, e por Silva (2021), nos estudos conduzidos na zona da Mata Mineira. Morais et al. (2013) relata teores de proteína bruta em quatro híbridos de sorgo, variando de 82,7 a 98,4 g kg^{-1} . Contudo, teores de proteína bruta em híbridos de sorgo forrageiros, da ordem de 60,0 g por kg de matéria seca são citados por Neumann et al. (2002), Gomes et al. (2006) e Skonieski et al. (2010).

Em estudo também conduzido no CECA/UFAL, por Silva (2011), com 30 sorgos, incluindo genótipos/variedades, observou-se que os teores médios de proteína bruta na biomassa da parte aérea variaram de 74,1 g kg^{-1} , na variedade sorgo vermelho – Araripina, a 117 g kg^{-1} no genótipo T6 (467-4-2 R1). Na variedade Ponta Negra -RN, bastante utilizada em estudos de competição de sorgo conduzidos pela EMBRAPA-CNPMS, o teor médio de proteína bruta na biomassa da parte aérea foi de 93,3 g kg^{-1} . Contudo não houve efeito estatístico significativo do genótipo/variedade sobre os teores médios de proteína bruta na biomassa da parte aérea destes materiais devido ao alto coeficiente de variação: 15,24%. Lima et al. (2017) avaliaram o desempenho agrônomo de 24 genótipos de sorgo em quatro regiões brasileiras,

tendo como referência os híbridos BRS 610, BRS 655 e Volumax. Houve efeito significativo de genótipos/híbridos de sorgo sobre o teor de proteína bruta na parte aérea das plantas: o genótipo 12F38007 teve a maior concentração de proteína bruta, com valor médio de 102,8 g kg⁻¹, enquanto a concentração mínima foi observada no genótipo 12 F38009: 55,1 g kg⁻¹. Para os híbridos BRS 610, Volumax e BRS 655 observaram-se teores de proteína bruta na parte aérea das plantas, respectivamente, de 77,0, 77,0 e 98,2 g kg⁻¹.

Em estudo conduzido em Mercês, zona da Mata Mineira, com o sorgo Volumax, foram avaliados os teores de proteína bruta na biomassa aérea do Volumax, no primeiro corte e na primeira rebrota, cultivado em sistema de alta produtividade (SILVA, 2021). O sorgo foi cultivado em solo de fertilidade média a alta, sendo a semeadura realizada na primeira semana de outubro, início do período chuvoso. Os valores médios de proteína bruta na biomassa aérea do Volumax foram de 88,1 e 66,1 g kg⁻¹, no primeiro corte e na primeira rebrota, respectivamente. Possivelmente, os menores valores de proteína bruta (cerca de 75% do valor médio do primeiro corte) deveram-se à menor disponibilidade hídrica, térmica e luminosa, pois no município de Mercês há acentuada redução na luminosidade, temperatura e chuvas, a partir de março.

Em outra pesquisa também conduzida em Mercês - MG, Oliveira et al. (2019) obtiveram teor médio de 82,6 g kg⁻¹, no primeiro corte do Volumax, cultivado em sistema intensivo de produção de forragem. Teores de proteína bruta um pouco menor (77,0 g kg⁻¹) foram relatados por Gontijo Neto et al. (2004), para o sorgo AG2005-E. Oliveira et al. (2009), em estudo conduzido com quatro híbridos de sorgo, em Goiás, observaram pequena variação no teor médio de proteína da parte aérea entre o primeiro corte e a primeira rebrota, com as concentrações situando-se entre 69 e 70,0 g kg⁻¹. Entretanto, Frias et al. (2018) observaram maiores variações nos teores de proteína bruta na parte aérea do Volumax, com os teores oscilando de 55,8 a 69,4 g kg⁻¹.

Os teores de fósforo na biomassa aérea do BRS658 e do Volumax variaram entre 1,74 a 2,93 g kg⁻¹, sendo que a maior concentração foi observada no primeiro corte (Tabelas 6 a 8), provavelmente devido à adubação fosfatada realizada por ocasião da semeadura. Embora o teor de fósforo do solo do presente estudo fosse médio (31 mg dm⁻³, Tabela 2), a remoção deste nutriente pela colheita no primeiro corte, e a eventual fixação do fósforo aplicado no solo, provavelmente contribuíram para os decréscimos de concentração de P observados na primeira e segunda rebrotas. Cerca de 50% do fósforo aplicado no fundo do sulco de semeadura foi removido pela primeira colheita da biomassa aérea dos sorgos. Para o potássio, não houve efeito

de híbrido de sorgo em nenhum corte, e a concentração variou de 13,28 a 16,20 g kg⁻¹, valores próximos aos relatados por Silva (2021) e Oliveira et al. (2024a).

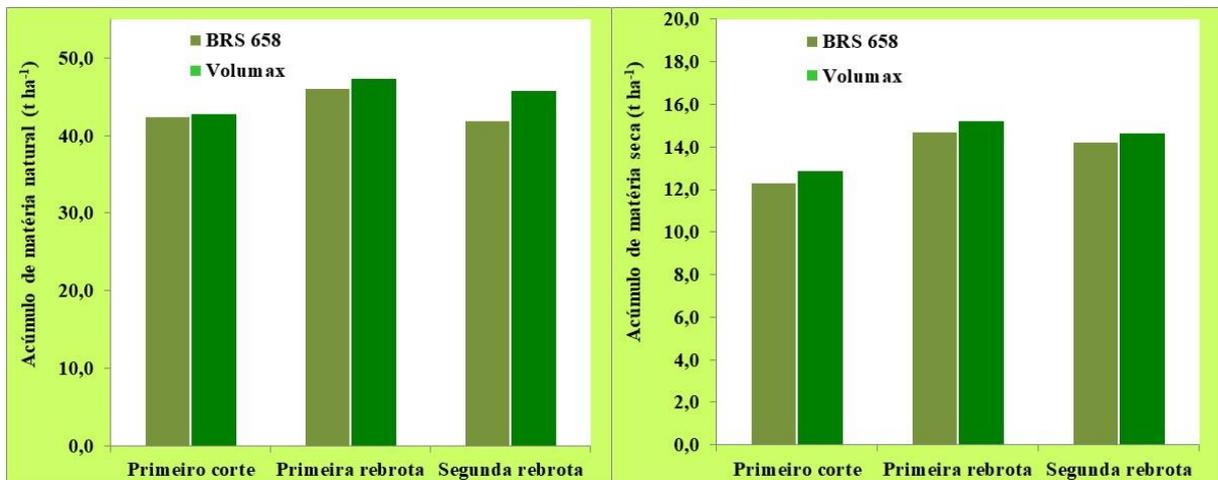
Os teores de cálcio na biomassa aérea foram influenciados por híbrido apenas no primeiro corte, embora em todos os cortes, a concentração de cálcio na biomassa aérea do Volumax fosse maior que a do BRS 658. No primeiro corte foram observados valores de 2,80 g kg⁻¹ para o BRS 658 e 3,00 g kg⁻¹ para o Volumax. Tendência semelhante ocorreu para o magnésio, quando no primeiro corte a concentração deste elemento na biomassa aérea do Volumax (1,93 g kg⁻¹) superou em cerca de 10% a do BRS 658. Para o enxofre a diferença entre os híbridos ocorreu no primeiro corte, e novamente o Volumax suplantou o BRS 658 em cerca de 15%. No estudo conduzido por Silva (2021) foram obtidos valores de concentração de S na biomassa da parte aérea do Volumax, respectivamente de 1,28 e 1,30 g kg⁻¹ no primeiro corte e na primeira rebrota.

O enxofre é um elemento essencial para os microrganismos do rúmen, especialmente para as bactérias celulolíticas, sendo também importante para a formação da proteína microbiana, devido a sua participação nos aminoácidos sulfurados, e também para a síntese de vitaminas, como biotina e tiamina (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2018c; KOZLOSKI, 2019). A deficiência de enxofre deprime a taxa de digestão no rúmen, com consequente queda na ingestão de alimentos. Não foram encontrados na literatura consultada teores adequados de S na biomassa aérea do sorgo forrageiro, mas Silva (2008) relata que para ruminantes, em regime de pastejo, a exigência nutricional situou-se entre 1,0 a 3,2 g por kg de matéria seca, valores alcançados tanto no primeiro corte, quanto na primeira e segunda rebrotas do BRS658 e Volumax.

4.3 Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea das plantas no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas

Na figura 6, e nas tabelas 9, 10 e 11 estão apresentados os valores dos acúmulos de matéria natural, matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea das plantas no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas. Para os acúmulos de matéria natural e de matéria seca na parte aérea das plantas, não houve efeito de híbrido de sorgo. Os valores médios de acúmulo de matéria natural, no primeiro corte, primeira e segunda rebrotas foram respectivamente de 42,59; 46,64 e 43,76 t por hectare. Para os acúmulos médios de matéria seca, no primeiro corte, primeira e segunda rebrotas obtiveram-se valores respectivamente de 12,57; 14,95 e 14,42 t por hectare.

Figura 6 -Valores médios de acúmulo de matéria natural e de matéria seca, no primeiro corte, primeira e segunda rebrotas, dos sorgos BRS658 e Volumax.



Fonte- Autor (2024)

Em estudos também conduzido no CECA/UFAL, Oliveira et al. (2024a) relatam valores de acúmulo de matéria natural e de matéria seca obtidos com o BRS 658 e com o Volumax, da ordem de 47 e 13 t por hectare, respectivamente. Segundo Oliveira et al. (2024a) estas produtividades podem ser consideradas de média a alta produtividade para a região de Rio Largo – Al. Em Alagoas a fase de máximo crescimento do sorgo no primeiro corte, coincide com dias curtos e de alta nebulosidade, e a baixa luminosidade associada a alta umidade interferem negativamente na fotossíntese e na produtividade da cultura. Em estudos anteriores, também conduzidos no CECA/UFAL, Oliveira et al. (2007b) relatam acúmulo de matéria seca para os híbridos Volumax e AG2005-E próximos a 12,0 t por hectare, portanto, semelhantes aos obtidos no presente trabalho. Gomes et al. (2006) em trabalhos conduzidos em Pentecoste – CE obtiveram acúmulo de matéria seca de 9,47 t de matéria seca por hectare para o Volumax e de 8,41 t para o AG2005-E.

Em avaliações do acúmulo de matéria natural, num sistema de alta produtividade de forragem, Silva (2021) observaram que no primeiro corte as produtividades de matéria seca variaram de 14,6 a 18,6 t de matéria seca por hectare, enquanto para a matéria natural constataram-se acúmulo de 44 a 56 t de matéria natural por hectare. Frias et al. (2018), também em estudo com o Volumax na região norte do Paraná, relatam que os acúmulos de matéria natural variaram de 53,6 a 59,8 t por hectare, enquanto para o acúmulo de matéria seca verificaram-se valores oscilando de 15,2 a 17,0 t por hectare.

Na primeira e segunda rebrota houve aumento médio no acúmulo de matéria seca na parte aérea de cerca de 15%, provavelmente devido ao aumento do comprimento do dia e da luminosidade. Andrade Júnior et al. (2019) obtiveram produtividade próxima a 15 t de matéria seca por hectare, com os sorgos BRS 655 e Volumax, no tratamento que recebeu lâmina de irrigação próxima a 500 mm, durante todo o ciclo das plantas. Silva (2021) relata que nas rebrotas do sorgo Volumax, em sequeiro, foram observados acúmulos de matéria seca variaram de 8,0 a 9,8 t ha⁻¹. Veriato et al. (2018), em estudo conduzido em Sete Lagoas -MG, com a semeadura realizada no final de fevereiro, que pode ser considerada a segunda safra, relata acúmulo médio de matéria seca pelo Volumax de 9,58 t por hectare.

Gontijo Neto et al. (2004), em estudo de avaliação do potencial produtivo de sorgo de dupla aptidão, relatam acúmulo de matéria de 12,5 t pelo híbrido AG2005- E, no primeiro corte. Oliveira et al. (2019), em estudos com o Volumax, citam acúmulo de matéria seca de 16,2 t por hectare, no primeiro corte, valores muito próximos aos obtidos por von Pinho et al. (2006), na Universidade Federal de Lavras, sul de Minas Gerais. Em estudos conduzidos em Janaúba, norte de Minas Gerais, por Botelho et al. (2010), foram avaliados quatro híbridos de sorgo forrageiro: AG2005-E, BRS 610, Qualimax e Volumax. Os maiores acúmulos de matéria seca na biomassa da parte aérea foram observados nos híbridos BRS 610 e Volumax, que não diferiram estatisticamente entre si. As médias de acúmulo de matéria seca no primeiro corte e na rebrota foram, respectivamente, 17,06 e 12,5 t por hectare.

Nas tabelas 9, 10 e 11, estão apresenta a análise de variância para os acúmulos de proteína bruta (Ac. PB), nitrogênio (fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL, no primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas. No primeiro corte houve efeito significativo de híbrido de sorgo para os acúmulos de fósforo, potássio e magnésio. A medida de acúmulo de fósforo no Volumax foi 8,5% maior que no BRS658, com valores de 38,16 e 35,14 kg por hectare.

Para o potássio, o Volumax suplantou o BRS658 em cerca de 10%, tendo-se verificado acúmulos na biomassa aérea de 38,40 e 34,20 kg por hectare. A maior diferença percentual entre os híbridos foi observada no acúmulo de magnésio: próximo a 20%, sendo o acúmulo na biomassa aérea do Volumax de 22,67 kg e o do BRS658 de 19,00 kg por hectare. No primeiro corte, não houve diferença entre os híbridos quanto ao acúmulo de nutrientes, com valores próximos ao observado no primeiro corte, à exceção do fósforo, que teve redução percentual de cerca de 20%. No terceiro corte, foi constatado efeito de híbrido apenas para o acúmulo de

magnésio, com o BRS658 suplantando o Volumax em 15%, com valores médios de 19,00 e 16,50 kg kg por hectare.

Tabela 9 - Quadrados médios da análise de variância para o acúmulo de proteína bruta (Ac. PB), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), Cálcio (Ac. Ca), Magnésio (Ac. Mg) e Enxofre (Ac. S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados do primeiro corte.

Fonte de Variação	GL	Ac. PB	Ac. N	Ac. P	Ac. K	Ac. Ca	Ac. Mg	Ac. S
Híbrido	1	11970,08 ^{ns}	290,08 ^{ns}	27,00*	90,75 ^{ns}	48,00*	40,33*	40,33*
Bloco	5	6230,35	159,28	8,33	205,55	6,73	3,20	2,13
Resíduo	5	4460,08	114,88	2,80	273,95	3,80	0,73	1,73
Média Geral		1.027,25	164,41	36,66	203,25	36,33	23,00	20,83
C.V. (%)		6,50	6,52	4,56	8,14	5,37	3,72	6,32

^{ns, *}, respectivamente não significativo, e significativo a 5,0% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 10 - Quadrados médios da análise de variância para o acúmulo de proteína bruta (Ac. PB), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), Cálcio (Ac. Ca), Magnésio (Ac. Mg) e Enxofre (Ac. S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados do segundo corte.

Fonte de Variação	GL	Ac. PB	Ac. N	Ac. P	Ac. K	Ac. Ca	Ac. Mg	Ac. S
Híbrido	1	16800,08 ^{ns}	420,08 ^{ns}	12,00 ^{ns}	0,75 ^{ns}	18,75 ^{ns}	5,33 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Bloco	5	3085,88	78,68	3,60	197,88	3,88	2,13	2,00
Resíduo	5	18427,88	471,08	6,80	123,75	4,15	4,33	2,53
Média Geral		1.191,91	190,58	29,00	198,08	31,58	20,83	20,50
C.V. (%)		11,39	11,39	8,99	5,62	6,45	9,99	7,76

^{ns, *}, respectivamente não significativo, e significativo a 5,0% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 11 - Quadrados médios da análise de variância para o acúmulo de proteína bruta (Ac. PB), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), Cálcio (Ac. Ca), Magnésio (Ac. Mg) e Enxofre (Ac. S), na biomassa da parte aérea dos sorgos forrageiros BRS658 e Volumax, cultivados no CECA/UFAL. Resultados do terceiro corte.

Fonte de Variação	GL	Ac. PB	Ac. N	Ac. P	Ac. K	Ac. Ca	Ac. Mg	Ac. S
Híbrido	1	11844,08 ^{ns}	310,08 ^{ns}	10,08*	168,75 ^{ns}	12,00 ^{ns}	18,75*	2,08 ^{ns}
Bloco	5	4294,08	111,35	3,08	140,48	1,93	1,35	2,95
Resíduo	5	15362,88	401,08	7,08	227,15	2,00	0,95	1,08
Média Geral		1.161,41	185,75	25,08	192,08	29,16	17,75	21,25
C.V. (%)		10,67	10,78	10,61	7,85	4,85	5,49	4,90

^{ns, *}, respectivamente não significativo, e significativo a 5,0% de probabilidade pelo teste F.

Nas avaliações citadas por Silva (2021), no primeiro corte, o acúmulo de proteína na biomassa do sorgo foi de 1.339 kg ha⁻¹, reduzindo-se para 608 kg ha⁻¹ na rebrota, havendo,

portanto, uma redução percentual de cerca de 55% no acúmulo de proteína bruta, devido à redução no acúmulo de matéria seca, e também, a redução no teor de proteína. Segundo Silva (2021) as reduções no acúmulo de proteína bruta devem estar associadas as reduções luminisidade, temperatura e disponibilidade hídrica no solo. Malavolta et al. (1997) e Oliveira et al (2007b) citam a grande influência da disponibilidade térmica e luminosa no metabolismo das plantas C4, como sorgo, a cana-de-açúcar e o milho. Ainda conforme relato de Silva (2021) ocorreram também reduções acentuadas no acúmulo de nutrientes, do primeiro corte para rebrota, principalmente em relação ao fósforo, cerca de 60%, uma vez que este elemento que tem deslocamento no solo até as raízes, predominantemente por difusão (NOVAIS & SMYTH, 1999; OLIVEIRA et al., 2007a; RAIJ, 2011).

Acúmulos de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, de 26; 149; 28; 18 e 18 kg por hectare, respectivamente, foram relatados por Oliveira et al. (2024a) para os sorgos BRS658 e Volumax, no primeiro corte. Valores de mesma ordem de grandeza são citados por Oliveira et al. (2007b), nos estudos conduzidos no CECA/UFAL, para os acúmulos de P, K, Ca, Mg e S nos híbridos AG2005-E e Volumax. Skonieski et al. (2010), nas avaliações realizadas em Restinga Seca - RS, relata produtividade média de matéria seca de 13,0 t por hectare para o AG2005-E e Volumax, com acúmulos médios de 127, 21, 131, 49 e 42 kg ha⁻¹ para o N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Oliveira et al. (2019) cita que no primeiro corte o Volumax produziu 16,5 t de matéria seca por hectare, tendo observado acúmulo de 214, 32, 205, 37, 23 e 21 kg ha⁻¹, respectivamente, para o N, P, K, Ca, Mg, enxofre.

Na tabela 12 está apresentado o balanço dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio no sistema no sistema solo-planta, considerando como entrada as adubações, e saídas a remoção desses nutrientes pela colheita da parte aérea dos sorgos BRS658 e Volumax, no primeiro corte e na primeira e segunda rebrotas. Pode-se verificar pela tabela 12 que o potencial produtivo dos sorgos BRS658 e Volumax foi alto, cerca de 42 t de matéria seca nos três cortes. Por outro lado, a remoção de nutrientes também é alta. Considerando os valores de acúmulo de matéria seca e de nutrientes nos três cortes, obtêm-se índices de remoção de nutrientes, respectivamente, de 12,90; 2,17 e 14,14 de N, P e K para cada tonelada de matéria seca removida da lavoura. Nos sistemas intensivos de produção de forragem a remoção de nutrientes pelo sorgo é a alta, conforme citação de Skonieski et al. (2010), Cardoso (2016), Oliveira et al. (2019) e Ferreira et al. (2023); Oliveira et al. (2024a).

Tabela 12 - Balanço de nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio no sistema no sistema solo-planta, considerando como entrada as adubações e, saídas a remoção desses nutrientes pela colheita da parte aérea dos sorgos BRS658 e Volumax, no primeiro corte e na primeira e segunda rebrotas.

Quantidade de nutrientes aplicados ao solo na adubação dos sorgos				
	N	P	K	
Adubação	.----- kg ha ⁻¹ -----.			
Semeadura	200	70	200	
Cobertura na primeira rebrota	200	0	200	
Cobertura na segunda rebrota	200	0	200	
Total	600	70	600	
Remoção de nutrientes pela colheita do sorgo Volumax				
	Prodtvd.	N	P	K
Ciclo	t MS/ha	.----- kg ha ⁻¹ -----.		
Primeiro corte	12,57	164	37	203
Primeira rebrota	14,95	191	29	198
Segunda rebrota	14,42	186	25	192
Total	41,94	541	91	593
Balanço de nutrientes no sistema solo-planta				
		N	P	K
		.----- kg ha ⁻¹ -----.		
Balanço de nutrientes		59,0	-21,0	7,0

Fonte- Autor (2024)

5 – CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir:

Nos três ciclos (primeiro corte, e primeira e segunda rebrotas) as plantas tiveram concentração foliar adequada de macro e micronutrientes;

A proteína bruta e o enxofre na biomassa aérea dos sorgos BRS658 e Volumax estão em concentração suficientes para uma boa fermentação ruminal;

O sistema de produção adotado permitiu alta produtividade de forragem, totalizando cerca de 42,0 t de matéria seca por hectare, nos três cortes;

A remoção de nutrientes foi alta, tendo-se obtidos valores médios de 541, 91 e 593 kg por hectare, nos três cortes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE JÚNIOR, I.O. et al. Response of forage sorghum to water availability in a typical quartzipsamment. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 4, p. 1015 –1026, 2019.
- AVELINO, P. M. et al. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 208-215, 2011.
- BARROS, A.H.C; SILVA, A.B. **Clima**. IN: Sorgo - Cadernos do Semi-Árido (TABOSA, J.N.- Coordenador). p. 25-27, v..15, n.2, 2020
- BEHLING NETO, A. et al. Nutritional value of sorghum silage of different purposes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 3, p. 288-299, 2017.
- BOTELHO, P. R. F. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9., n.3, p.287-297, 2010.
- CARCIOCHI, W. D., et al. Nitrogen and sulfur interaction on nutrient use efficiencies and diagnostic tools in maize. **European Journal of Agronomy**, v. 116, 126045. 2020.
- CARDOSO, L. Características agronômicas, bromatológicas e nutricionais de silagem de genótipos de sorgo forrageiro. Tese. Universidade Federal de Pelotas, 2016. 51p.
- CRUSCIOL, C.A. C. et al. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-Marandú. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.46, n.10, p.1234-1240, 2011.
- De FILIPPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo**. Metodologia. 2.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1997. 26 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. BRS 658: híbrido de sorgo silageiro: silagem de alta qualidade. 2016. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1045180>.
- FERNANDES, P. B. et al. Aspectos relacionados ao potencial forrageiro do sorgo: revisão. **PUBVET**, 14, 1-7. 2020.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.
- FERREIRA, F. J. et al. Chemical-bromatological composition of silages from biomass sorghum genotypes. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 53, e76362, 2023.
- FONSECA NETO, J. **Evapotranspiração, crescimento e produção do sorgo irrigado na região do baixo Açu - RN**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN. 2013. 87 p.
- FRIAS, D. B. et al. Produtividade e qualidade do sorgo forrageiro na região norte do Paraná submetido a diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, 34, 321-332. 2018.
- GOMES, S. O. et al. Comportamento agronômico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2006.

- GONTIJO NETO, M. M. et al. Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Cultivados sob Níveis Crescentes de Adubação. Características Agronômicas, Carboidratos Solúveis e Estruturais da Planta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 06, p. 1975-1984, 2004.
- KHOSRAVI, M. E. et al. Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 12, p.10.953-10.961, 2018.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 212 p. 3ª edição, 2ª reimpressão. 2019.
- LIMA, L. O. B. et al. Agronomic traits and nutritional value of forage sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 7-12, 2017.
- MACEDO, C. H. O. et al. Produção e composição bromatológica do sorgo (*Sorghum bicolor*) cultivado sob doses de nitrogênio. *Archivos de zootecnia*, v. 61, n. 234, p. 209-216, 2012.
- MAGALHÃES, J.V. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays*, L.) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva**. 1996. 76p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.
- MAGALHÃES, P.C. & RODRIGUES, J.A.S. Fisiologia da produção do sorgo forrageiro. In: Produção e Utilização da Silagem de Milho e Sorgo. **EMBRAPA- CNPMS**, p. 227-241, 2001.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e Aplicações** (2ª Edição). Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MIRANDA, N. O. et al. Sorgo forrageiro em sucessão a adubos verdes na região de Mossoró, RN. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5. n.2, p.202-206, 2010
- MORAES, G.S. et al. **Potencial do sorgo para alimentação de bovinos no semiárido brasileiro**. IN: Sorgo - Cadernos do Semi-Árido (TABOSA, J.N.- Coordenador). p. 63-69, v..15, n.2, 2020
- MORAES, S. D. et al. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, p. 624-634, 2013.
- MOURA, M. M. A. et al. Chemical composition of sorghum genotypes silages. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 38, p. 369-373, 2016.
- NEUMANN, M. et al. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 293-301, 2002.
- NOGUEIRA, C. H. C. et al. Estado nutricional do sorgo Volumax em três safras. In: V Congresso Internacional da Agroindústria, 2020, Recife. **Anais da V Congresso Internacional da Agroindústria**, 2020.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e plantas em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1999. 399 p.
- OLIVEIRA M.W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, n.28, p.30-43. 2007a.

OLIVEIRA, M. W. et al. Adubação fosfatada, produção de matéria seca e qualidade da forragem de dois híbridos de sorgo forrageiro. In **XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Aracaju, Sergipe. CD Room, 2007b.

OLIVEIRA, S. G. et al. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, n. 3-4, p.236-248, 2007c.

OLIVEIRA, R. P. et al. Composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p.1003-1012, 2009.

OLIVEIRA, B. S. et al. Silage quality of six sorghum cultivars for sheep. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 256-264, 2018a.

OLIVEIRA, H. P. et al. Produção e composição bromatológica de silagem de sorgo sob diferentes doses de nitrogênio. **Colloquium Agrariae**, p. 133-142. 2018b.

OLIVEIRA, M. W. et al. Mineral nutrition and fertilization of sugarcane. In **Sugarcane - Technology and Research**, 1st ed (Ed AB de Oliveira) Londres: Intech - Open Science pp. 169-191. 2018c.

OLIVEIRA, M. W. et al. Alocação da matéria seca, acúmulo de nutrientes e qualidade da forragem do híbrido de sorgo Volumax. In: VI Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. p.231. 2019, Viçosa - MG. **Anais do Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo**. 2019.

OLIVEIRA, M. W. et al. **Adubação verde com crotalária juncea em áreas de implantação ou reforma de canaviais, em pequenas propriedades rurais**. 2021. In: OLIVEIRA, R. J. (Eds.). Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar. Guarujá: Editora Científica, 2021a. v. 2, cap. 3, p. 45-66.

OLIVEIRA, M.W. et al. Análise do crescimento da braquiária brizantha, usada como planta de cobertura do solo e recicladora de nutrientes. IN: **Congresso Internacional das Ciências Agrárias** (COINTER PDVAgro 2021). 2021b.

OLIVEIRA, M.W. et al. Produção e qualidade bromatológica dos sorgos forrageiros BRS 658 e Volumax, cultivados na Zona da Mata Alagoana, nordeste do Brasil. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 1, p. 3442-3460, 2024a.

OLIVEIRA, M. W. et al. Aluminum Toxicity and Management Strategies In The Era of Climate Change in Brazil. 1ed.Palm Bay: **Apple Academic Press**, v. 1, p. 85-103. 2024b.

PAULA, A. D. M. **Desempenho agrônomo, bromatológico e estabilidade de sorgo silageiro em Uberlândia- MG**. Dissertação de mestrado – Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 51 p. 2016.

PERAZZO, A. F. et al. Agronomic evaluation of 32 sorghum cultivars in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, p. 232-237, 2014.

PORFIRIO, M. D. Avaliação agrônoma e valor nutricional do sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes arranjos populacionais. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2019. 67 p.

- RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- RAIJ, B. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2008. 233p.
- RAMOS, J. C. P. et al. Effect of replacing forage sorghum silage with biomass sorghum silage in diets for F1 Holstein× Zebu lactating cows. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, p. 1-12, 2021.
- RODRIGUES, P. H. M. et al. Sorghum silage quality as determined by chemical–nutritional factors. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 4, p. 462-473, 2020.
- RUFTY, T. W. et al. Phosphorus stress effects on assimilation of nitrate. **Plant Physiol.**, v. 94: p. 328-333, 1990.
- SANTOS, F. C. et al. Correção do solo e adubação na cultura do sorgo. In: **Informe Agropecuário**, v. 28, n.239, 2007. Belo Horizonte. p. 76 - 88.
- SANTOS, F. C. et al. Adubações nitrogenada e potássica no sorgo biomassa - produtividade e qualidade de fibra. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.1. p.10-22, 2014.
- SANTOS, D. F. et al. Dry matter allocation and chemical composition of brachiaria brizantha and decumbens 45 days after emergence. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.5, p. 37050 -37061, 2022.
- SCHWENCK, V. A. Coeficientes de cultura por lisimetria da variedade de sorgo forrageiro SF15 (Sorghum bicolor L. Moench). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.14., n.2, p. 3960- 3967, 2020.
- SILVA, D. J. & QUEIROZ. A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 2002. 178 p.
- SILVA, C.J. **Avaliação de fontes de enxofre em suplementos proteicos para bovinos**. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa. 2008. 85 p.
- SILVA, M. L. **Avaliação de genótipos de sorgo forrageiro na zona da Mata de Alagoas**. Dissertação de mestrado. CECA/UFAL. 2011.68p.
- SILVA, W.F. Acúmulo de matéria seca e balanço de nutrientes no sorgo Volumax, cultivado em sistema de alta tecnologia. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, 2021. 30 p.
- SIMOES, W. L. et al. Arranjo populacional do sorgo forrageiro irrigado para um cultivo eficiente no Semiárido brasileiro. **Brazilian Journal of Development**. v.8, n.3, p. 16305-16320, 2022.
- SKONIESKI, F.R. et al. Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.32, n.1, p.27-32, 2010.
- SNIFFEN, C.J. et al. Nutrient requirements versus supply in the dairy cow: strategies to account for variability. **J Dairy Sci**, v.76, p. 3160-3178. 1993.
- TABOSA, J. N. et al. **Histórico e Importância do Sorgo**. IN: Sorgo - Cadernos do Semi-Árido (TABOSA, J.N.- Coordenador). p. 17-23, v..15, n.2, 2020.

TOLENTINO, D. C. et al. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.38, n. 2, p. 143-149. 2016.

VERIATO, F. T. et al. Fermentation characteristics and nutritive values of sorghum silage. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 40, e34458, 2018.

VON PINHO, R. G. et al. Influência da altura de corte das plantas nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 05, n. 02, p. 266-279, 2006.