

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS ÁGRARIAS

WEFERSON FERREIRA DA SILVA

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E BALANÇO DE NUTRIENTES NO SORGO  
VOLUMAX, CULTIVADO EM SISTEMA DE ALTA TECNOLOGIA**

Maceió-AL  
2021

WEFERSON FERREIRA DA SILVA

ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E BALANÇO DE NUTRIENTES NO SORGO  
VOLUMAX, CULTIVADO EM SISTEMA DE ALTA TECNOLOGIA

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado  
ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade  
Federal de Alagoas, como requisito para  
obtenção do título de bacharel em zootecnia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dra. Terezinha Bezerra  
Albino Oliveira

Maceió-AL  
2021

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S586a Silva, Weferson Ferreira da  
Acúmulo de matéria seca e balanço de nutrientes no sorgo Volumax,  
cultivado em sistemas de alta tecnologia. / Weferson Ferreira da Silva –  
2021.  
30 f.; il.

Monografia de Graduação em Zootecnia (Trabalho de Conclusão de  
Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e  
Ciências Agrárias. Rio Largo, 2021.

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Terezinha Bezerra Albino Oliveira

Inclui bibliografia

1. Produção animal. 2. Sorgo forrageiro. 3. Híbridos de sorgo. I. Título.

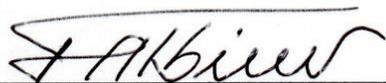
CDU 633.17

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

WEFERSON FERREIRA DA SILVA

ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E BALANÇO DE NUTRIENTES NO SORGO  
VOLUMAX, CULTIVADO EM SISTEMA DE ALTA TECNOLOGIA

**Banca Examinadora:**



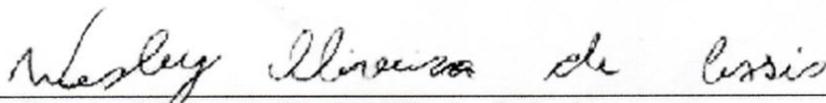
Orientadora - Prof.<sup>a</sup>. Dra. Terezinha Bezerra Albino Oliveira



Prof. Ms. Marcelo José de Melo



Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira



Agrônomo e Mestrando Wesley Oliveira de Assis

A minha orientadora professora Dra. Terezinha Bezerra Albino Oliveira por todo o engajamento com este trabalho, por estar sempre disposta a esclarecer dúvidas e ajudar-me a finalizar mais esta etapa com sucesso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por todas as oportunidades que Ele tem me dado.

À esta Universidade, seu corpo docente, direção e administração que contribuíram para minha formação.

À professora Dra. Terezinha Bezerra Albino Oliveira por todo apoio, dedicação, orientação e incentivo que foram de extrema importância.

Ao professor Dr. Mauro Wagner de Oliveira por ceder os dados para a elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso.

A todos os membros da banca examinadora que disponibilizaram seu precioso tempo para me ajudar a finalizar esta etapa.

À Débora, que além de noiva é minha melhor amiga e foi quem me incentivou a entrar em um curso superior e ao longo desse período sempre me animou e me ajudou em tudo que precisei.

À minha família, que me aturaram e me estimularam durante toda a minha graduação.

E a todos os outros que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

## RESUMO

O sorgo, juntamente com o milho, têm sido as plantas mais utilizadas na produção de forragem para animais de média a alta produtividade. Porém, por suas características de fácil cultivo, rusticidade, boa adaptação a diferentes ambientes edafoclimáticos e bom valor bromatológico, alto potencial produtivo, o sorgo tem sido um bom substituto da silagem do milho na alimentação de ruminantes. Atualmente dispõem-se de vários híbridos de sorgo, de elevado potencial produtivo, responsivo a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, com grande participação da panícula no total da matéria seca das plantas. Um desses híbridos de sorgo é o Volumax, presente na maioria dos estudos de competição de híbridos de sorgo destinados a ensilagem. Sabendo-se que um dos fatores que mais onera a produção animal é a alimentação, o objetivo do presente estudo foi avaliar o estado nutricional, o acúmulo de matéria seca e o balanço de nutrientes no sistema solo-planta, no primeiro corte e na rebrota do Volumax, cultivado em sistema de alta produtividade. O sorgo foi cultivado em solo de fertilidade média a alta, sendo a semeadura realizada na primeira semana de outubro, início do período chuvoso. As adubações foram realizadas com base na expectativa de produtividade, aplicando-se na semeadura do sorgo adubação N-P-K e na rebrota N e K, visando repor os nutrientes removidos pela futura colheita. Concluiu-se nesse estudo que o sorgo Volumax é uma forrageira de alto potencial produtivo; que o sistema de produção adotado supriu os nutrientes adequadamente às plantas; que a remoção de nutrientes pela colheita do Volumax foi alta e que se deve estar atento a reposição dos nutrientes e acidificação do solo, tanto pelo uso de adubos nitrogenados quanto pela remoção de bases do solo. Com isso, pode-se constatar também que a aplicação dos dejetos de bovinos nas áreas destinadas a ensilagem contribuirá para redução dos custos de produção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológica do solo.

**Palavras-chave:** Gestão agrícola, produtividade, híbridos de sorgo, produção animal, sorgo forrageiro.

## ABSTRACT

Sorghum, together with corn, have been the most used plants in forage production for medium to high productivity animals. However, due to its characteristics of easy cultivation, rusticity, good adaptation to different edaphoclimatic environments and good bromatological value, high yield potential, sorghum has been a good substitute for corn silage in ruminant feed. Currently, there are several sorghum hybrids, with high productive potential, responsive to the improvement of the physical, chemical and biological properties of the soil, with a large participation of panicles in the total dry matter of plants. One of these sorghum hybrids is Volumax, present in most competition studies of sorghum hybrids destined for ensiling. Knowing that one of the factors that most burden animal production is food, the aim of this study was to evaluate the nutritional status, dry matter accumulation and nutrient balance in the soil-plant system, in the first cut and in regrowth of Volumax, cultivated in a high productivity system. Sorghum was cultivated in medium to high fertility soil, and sowing was carried out in the first week of October, beginning of the rainy season. Fertilization was carried out based on expected yield, applying N-P-K fertilization in sorghum sowing and N and K regrowth in order to replenish the nutrients removed by the future harvest. It was concluded in this study that Volumax sorghum is a forage with high productive potential; that the adopted production system adequately supplied nutrients to the plants; that the removal of nutrients by the harvest of Volumax was high and that one should be aware of the replacement of nutrients and soil acidification, both by the use of nitrogen fertilizers and by the removal of soil bases. Thus, it can also be seen that the application of cattle manure in areas destined for silage will contribute to reducing production costs and improving the physical, chemical and biological properties of the soil.

**Key-words:** Agricultural management, productivity, sorghum hybrids, animal production, forage sorghum.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	9
2.1 Objetivo geral: .....	9
2.2 Objetivos específicos: .....	9
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	10
3.1 Ecofisiologia da cultura do sorgo forrageiro .....	10
3.2 Produção de biomassa e remoção de nutrientes .....	11
3.3 Avaliação da fertilidade do solo e disponibilidade de nutrientes .....	12
3.4 Calagem e gessagem para a cultura do sorgo forrageiro .....	13
3.5 Adubação química das lavouras de sorgo.....	14
3.6 Avaliação do estado nutricional, da produção de forragem e do acúmulo de nutrientes ...	15
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	21
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	27
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	28

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, por ser um país de clima tropical e subtropical e pela sua imensa área com capacidade produtiva, possui grande potencial para agropecuária, pois apresenta as pastagens tropicais como principal fonte de alimento para os animais a um custo parcialmente menor quando comparado aos outros países. O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), juntamente com o milho, são algumas das plantas pertencentes à família Poacea (gramíneas) de maior importância para produção animal, destacando-se o sorgo por ser mais tolerante à deficiência hídrica em comparação com a cultura do milho; e, por ter elevado teor de açúcares, com alta digestibilidade e boa compatibilidade à mecanização (SILVA et al., 2017; BUSO et al., 2011). Magalhães et al. (2012) citam que o sorgo é uma planta que pode ser cultivada em uma imensa variedade de solos, uma vez que, quando comparada com a maioria dos outros cereais, resiste melhor ao déficit de água e ao excesso de umidade.

De modo geral, o sorgo, por suas características de fácil cultivo, rusticidade, boa adaptação a diferentes ambientes edafoclimáticos, bom valor bromatológico e alto potencial produtivo, tem sido um substituto da silagem do milho na alimentação de ruminantes, uma vez que, para silagem, essa gramínea tem apresentado produções de matéria seca próximas às do milho. E, em condições marginais de cultivo, como aquelas de regiões de solos de menor fertilidade e locais onde a ocorrência de estiagens longas é frequente, o sorgo pode superar a produtividade do milho, em razão de a capacidade de recuperação do sorgo após a deficiência hídrica ser maior que a do milho.

Alguns dos fatores que contribuíram para expansão da produção dessa forrageira foram a utilização de novas tecnologias de cultivo e uso de genótipos de maior produção e melhor adaptados às condições edafoclimáticas de plantio. Ademais, o sorgo também apresenta menor exigência nutricional e fertilidade de solo quando comparado ao milho; apresenta altas taxas fotossintética, metabolismo do tipo C4, boa resposta a nictoperíodos longos, grande produtividade de matéria seca e capacidade de rebrota (RIBAS et al., 2007; TERRA et al., 2010; MAGALHÃES et al., 2012; MAY et al., 2014).

Dessa forma, o sorgo vem ganhando destaque devido ao fortalecimento de sua posição como cultura alternativa ao milho para produção de silagens e grãos e por poder ser cultivado em regiões muito secas e, ou muito quentes, onde a produtividade de outros forrageiras se torna mais onerosa.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral:**

Avaliar o estado nutricional, o acúmulo de matéria seca e o balanço de nutrientes no sistema solo-planta, no primeiro corte e na rebrota do Volumax, cultivado em sistema de alta produtividade.

### **2.2 Objetivos específicos:**

- a) Caracterizar os principais insumos relacionados ao processo de produção de forragem do sorgo Volumax;
- b) Selecionar e tabular as variáveis que representam adequadamente o sistema de produção de sorgo;
- c) Calcular e interpretar os valores de acúmulos de matéria seca na biomassa aérea do sorgo, concentração de proteína bruta, acúmulos de nitrogênio, proteína bruta, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, na parte aérea do sorgo Volumax, no primeiro corte e na rebrota;
- d) Apresentar e analisar os resultados do balanço de nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio no sistema solo-planta; e,
- e) Propor alternativas, para aumentar a eficiência dos fatores de produção com possíveis reduções de custos sem comprometer a produtividade e a qualidade da matéria-prima.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

O milho e o sorgo tem sido as forrageiras mais utilizadas para a ensilagem, devido a disponibilidade de sementes, facilidade de cultivo, alta produção de matéria seca, elevado percentual de grãos na massa a ser ensilada, dentre outras características. 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., 2015).

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., 2007; 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 à melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, com grande potencial produtivo. A altura da planta (do solo à ponta da panícula) oscila entre 2,70 a 2,80 m e o Volumax é insensível ao nictoperíodo, ou duração da noite (OLIVEIRA et al., 2007b; SKONIESKI et al., 2010; PAULA, 2016).

#### 3.1 Ecofisiologia da cultura do sorgo forrageiro

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 necessitam de 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, podendo, assim, ser cultivada numa ampla variação de ambientes edafoclimáticos (DOGETT, PRASADA, 1995; MAGALHÃES, RODRIGUES, 2001; SKONIESKI et al., 2010).

O crescimento do sistema radicular do sorgo é muito influenciado pela temperatura ambiente, umidade do solo e suprimento de fotoassimilados provenientes das folhas. Pois, um sistema radicular eficiente é um dos fatores mais importantes que afetam o uso de água e a tolerância à seca. Os tipos de raízes encontrados no sorgo são: primárias ou seminais, secundárias e adventícias. As primárias podem ser uma ou várias, são pouco ramificadas e morrem após o desenvolvimento das raízes secundárias. As secundárias desenvolvem no primeiro nó, são bastante ramificadas e formam o sistema radicular principal. Por outro lado, as raízes adventícias geralmente surgem nos nós acima do solo, são ineficientes na absorção de água e nutrientes, tendo maior função de suporte das plantas (MAGALHÃES, RODRIGUES, 2001; OLIVEIRA et al., 2007b; PAULA, 2016).

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 pelos absorventes. O sistema radicular alcança até 1,5 m, 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. 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 à seca têm mais biomassa radicular e maior volume de raízes e também maior proporção raiz/caule que os materiais susceptíveis à seca.

### **3.2 Produção de biomassa e remoção de nutrientes**

Os híbridos de sorgo forrageiro atualmente disponíveis no mercado são materiais de alto potencial produtivo, que tem alta participação das folhas e da panícula na biomassa. Maior porcentagem de panícula na massa a ser ensilada aumenta a qualidade bromatológica da forragem, pois esta é a fração da planta com maior energia e digestibilidade. Vários estudos têm mostrado que o aumento da participação de panícula na planta inteira reduz os teores de constituintes da parede celular e eleva os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da matéria orgânica (OLIVEIRA et al., 2007b; BOTELHO et al., 2010; PAULA, 2016).

Devido à alta produção de matéria seca e a elevada remoção de nutrientes pela colheita da biomassa aérea do sorgo, devem-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 (remoção de nutrientes) quanto pela acidificação causada pelo uso de adubos nitrogenados (OLIVEIRA et al., 2007a; SANTOS et al., 2007; RAIJ, 2011a).

Oliveira et al. (2007b), em estudos conduzidos com o Volumax e o AG2005-E (ambos de dupla aptidão) no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias - CECA, em Rio Largo, AL, 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. Em estudos conduzidos por von Pinho et al. (2006) e Skonieski et al. (2010) respectivamente, em Lavras – Minas Gerais 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, o 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.

### **3.3 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; MACEDO et al., 2012). Para as culturas de elevado potencial produtivo e responsivas à 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, 2011a). Normalmente, se avaliam 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., 2007a; RAIJ et al., 2011a; OLIVEIRA et al., 2018).

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). 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., 2018). Oliveira et al. (2021) recomendam 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; OLIVEIRA et al., 2018).

### **3.4 Calagem e gessagem para a cultura do sorgo forrageiro**

De modo geral os solos brasileiros são ácidos, apresentando baixa saturação por cátions básicos, como cálcio, magnésio e potássio. A remoção dos cátions básicos pelas colheitas da biomassa aérea do sorgo, acrescida da acidificação causada pelos adubos nitrogenados amídicos e amoniacais também contribui para a acidificação dos solos. A deficiência desses cátions básicos, associada aos altos teores de alumínio, ferro e manganês, tem sido prejudicial ao crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, de toda a planta. Por esses motivos, a calagem e a gessagem são importantes práticas usualmente recomendadas na implantação de lavouras de alto potencial produtivo, destinadas a ensilagem da forragem (OLIVEIRA et al., 2007a; RAIJ, 2011a; OLIVEIRA et al., 2019).

Vários materiais têm sido usados como corretivos da acidez de solos, sendo os mais empregados os calcários dolomíticos, porém, usam-se também os calcários calcíticos, magnesianos e, os silicatos de cálcio e magnésio, designados de escórias de siderurgias. Nessas escórias, o teor de óxido de magnésio oscila em torno de 8%, enquanto os calcários calcíticos possuem teores de MgO inferiores a 5%, os magnesianos entre 6 e 12% e os dolomíticos acima de 12%. A eficiência desses produtos na correção da acidez do solo depende, dentre outros fatores, da sua granulometria, da distribuição uniforme no campo e da disponibilidade hídrica do solo (OLIVEIRA et al., 2007a; OLIVEIRA et al., 2021). Para o sorgo forrageiro a recomendação é elevar a saturação por bases (V) a 60%. A quantidade de calcário (QC) a ser

usada, quando se emprega o método de saturação por base, é calculada, segundo Oliveira et al. (2021) pela seguinte expressão:

$$QC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{[(60 - V) \times T]}{PRNT} \quad (\text{Equação 1})$$

*Sendo:*

*V = saturação por bases atual do solo;*

*T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; e,*

*PRNT = poder relativo de neutralização total do corretivo utilizado.*

Em relação ao tipo de calcário, recomenda-se o dolomítico quando o teor de magnésio na camada de 0 a 20 cm for inferior a 0,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de solo. Contudo, se o teor de magnésio na camada de 0 a 20 cm for maior que 0,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de solo, a orientação é para utilizar aquele corretivo que tenha o menor preço por tonelada de PRNT após a aplicação na lavoura. Dessa forma, inclui-se um fator econômico na tomada de decisão quanto ao tipo de corretivo de acidez a ser empregado (OLIVEIRA et al., 2007a; RAIJ, 2011a; OLIVEIRA et al., 2021).

Quanto ao gesso, seu uso tem sido recomendado com base nos resultados da análise química da camada de 20 a 40 cm. O gesso tem sido aplicado quando os teores de cálcio forem menores que 0,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de solo ou a saturação por alumínio (m%) for maior que 20%. A dose usualmente recomendada é de um terço da dose de calcário. Um exemplo: supondo-se que a quantidade de calcário a ser aplicada é de 4,5 t por hectare, então, a dose de gesso será de 1,5 t por hectare. O calcário e o gesso são misturados para posterior aplicação ao solo. A aplicação de gesso levará à melhoria do ambiente radicular das camadas abaixo da arável, efeito que perdura por vários anos, por esse motivo não é necessária a reaplicação anual do gesso (OLIVEIRA et al., 2007a; RAIJ 2011b; OLIVEIRA et al., 2019).

### **3.5 Adubação química das lavouras de sorgo**

Atualmente, diversos autores têm adotado dois critérios para a recomendação de adubação das lavouras de sorgo forrageiro destinadas à ensilagem. O primeiro critério é baseado na expectativa de produtividade, aplicando-se a mesma quantidade de nutrientes a ser removida pela colheita do sorgo. Neste caso, pode-se tomar como referência de remoção de nutrientes os valores, em kg por tonelada de matéria seca de forragem: 13 kg de N; 2,0 kg de fósforo (4,58 kg de equivalente a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 13,0 kg de potássio (15,60 kg de equivalente a K<sub>2</sub>O), conforme citação de Oliveira et al. (2019). Para melhor entendimento segue um exemplo citado por Oliveira et al. (2007a); Oliveira et al. (2019) em que: supondo-se que a expectativa de produtividade seja de 25 t de matéria seca por hectare, sendo 16 t no primeiro corte e 9 t na

rebrotas, a remoção de nutrientes será de 325 kg de N, 50 kg de P (114 kg de equivalente a  $P_2O_5$ ) e 325 kg de K (390 kg de equivalente a  $K_2O$ ).

Tem sido comum usar adubos formulados nas adubações de semeadura e em cobertura. Supondo que o produtor esteja utilizando o formulado 10-30-10, deverão ser aplicados 400 kg desse adubo por hectare, por ocasião da semeadura, o que irá repor a remoção estimativa de fósforo. A quantidade de potássio aplicada no fundo do sulco não deverá ultrapassar a 50 kg (60 kg de equivalente  $K_2O$ ) para evitar a salinização próximo a radícula. As quantidades necessárias de nitrogênio e de potássio para complementar a restituição deverão ser aplicadas quando as plantas tiverem de quatro a seis folhas definitivas. Caso a fonte de nitrogênio seja amídica, o adubo deverá ser enterrado, ou incorporado solo, para evitar perdas por volatilização. Nas rebrotas, é usual aplicar apenas nitrogênio e potássio, atentando-se para a fonte nitrogenada utilizada. Para as fontes nítricas e amoniacais não há necessidade de enterrio ou incorporação ao solo (OLIVEIRA et al. 2007a; SANTOS et al., 2007; RAIJ 2011a; OLIVEIRA et al, 2019).

### **3.6 Avaliação do estado nutricional, da produção de forragem e do acúmulo de nutrientes**

A avaliação do estado nutricional do sorgo é mais uma forma de avaliar se o suprimento de nutrientes na cultura está sendo adequado. A adequada nutrição mineral da planta tem efeito sobre a produção e a qualidade da forragem, uma vez que a síntese de vários compostos orgânicos, incluindo aminoácidos e carboidratos, dependem da disponibilidade endógena dos nutrientes. Para avaliar se as plantas estão adequadamente supridas de nutrientes minerais, faz-se uma análise foliar do sorgo e, posteriormente, comparam-se os valores obtidos com aqueles de lavouras de altas produtividades (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al. 2007b; OLIVEIRA et al., 2019).

Para o sorgo, a recomendação é coletar folhas medianas das plantas por ocasião da emissão da panícula (MALAVOLTA et al. 1997; SANTOS et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2019). Coleta-se apenas uma folha por planta e a quantidade total de folhas por amostra encaminhada para o laboratório não deverá ser inferior a 10 folhas. Outra recomendação é retirar a nervura central das folhas e encaminhar para análise química apenas o terço médio do limbo foliar. As amostras do terço médio do limbo foliar devem ser primeiramente lavadas em água corrente limpa e, posteriormente, em água destilada. Quando a cultura do sorgo tiver recebido alguma pulverização foliar, após a coleta e depois da lavagem em água corrente, as folhas devem ser imersas e suavemente agitadas em solução de HCl 1,0 mol/L por um minuto, visando remover os sais que estiverem aderidos superficialmente à folhagem. A seguir o material deve ser seco a 65°C até peso constante, caso não seja possível essa secagem, deve-se

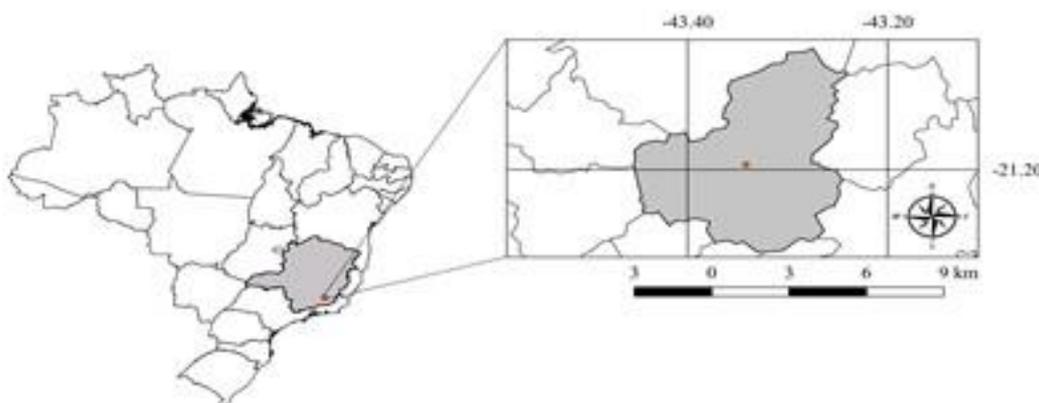
enviar rapidamente as amostras para o laboratório onde serão analisadas (OLIVEIRA et al., 2007a).

As avaliações da produção de forragem e do acúmulo de matéria seca deverão ser realizadas quando a biomassa aérea da planta estiver com teor de matéria seca oscilando em torno de 33% (330 g de matéria seca por kg de matéria natural). O corte das plantas de sorgo e também das plantas de milho para a ensilagem tem sido recomendado quando a biomassa aérea estiver com 33% de matéria seca, o que resultará em uma silagem mais bem conservada e com menos perdas por deterioração no processo fermentativo (NEUMANN et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2007b; SKONIESKI et al., 2010; MACEDO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2019).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em propriedade rural que utiliza intensamente a produção de forragens para alimentação de vacas leiteiras. A propriedade está localizada no município de Mercês (Latitude 21°11'39"S e Longitude 43°20'29"W), Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). O clima da área de estudo é, conforme a classificação de Koppen, tropical de altitude com chuvas durante o verão e temperatura média anual de 18 °C, com variações entre 24 °C (média das máximas) e 13,8 °C (média das mínimas). A precipitação média anual é cerca de 1.200 mm, com um excedente hídrico de outubro a abril. O relevo varia de plano a suavemente ondulado. O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2018), de textura média.

**Figura 1.** Localização do município de Mercês - MG, local do estudo.



Fonte: Oliveira et al. (2018).

Em agosto foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Os resultados destas análises estão apresentados na tabela 1. Seguindo as recomendações de Oliveira et al. (2007) e Raij (2008) foi aplicado 3,0 t de calcário dolomítico e 1,0 t de gesso por hectare, no final de setembro. Posteriormente, o solo foi arado e gradeado. Em meados de outubro, logo após as primeiras chuvas, semeou-se o sorgo Volumax. Por ocasião da semeadura foram aplicados no fundo do sulco 450 kg do adubo 10-30-10 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), por hectare. O espaçamento entre sulcos de semeadura foi de 70 cm. A densidade de semeadura variou de 150 a 160 mil sementes por hectare.

**Tabela 1** - Resultados analíticos de amostras de solo da área do estudo, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, coletadas no mês de agosto.

Ano	Camada	pH em H <sub>2</sub> O	P mg/dm <sup>3</sup>	K	Ca	Mg	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>							%			
1	0 a 20 cm	5,0	11,2	35	2,4	0,7	0,3	3,65	3,19	3,49	6,84	46,63	8,60
1	20 a 40 cm	4,6	6,6	21	0,9	0,4	0,6	3,14	1,35	1,95	4,49	30,12	30,71

Fonte: Dados da pesquisa.

pH em H<sub>2</sub>O (Relação 1:2,5). P, K, Fe, Zn, Mn e Cu: Extrator Mehlich. Ca, Mg e Al: Extrator KCl. H+Al: Extrator Acetato de Cálcio.

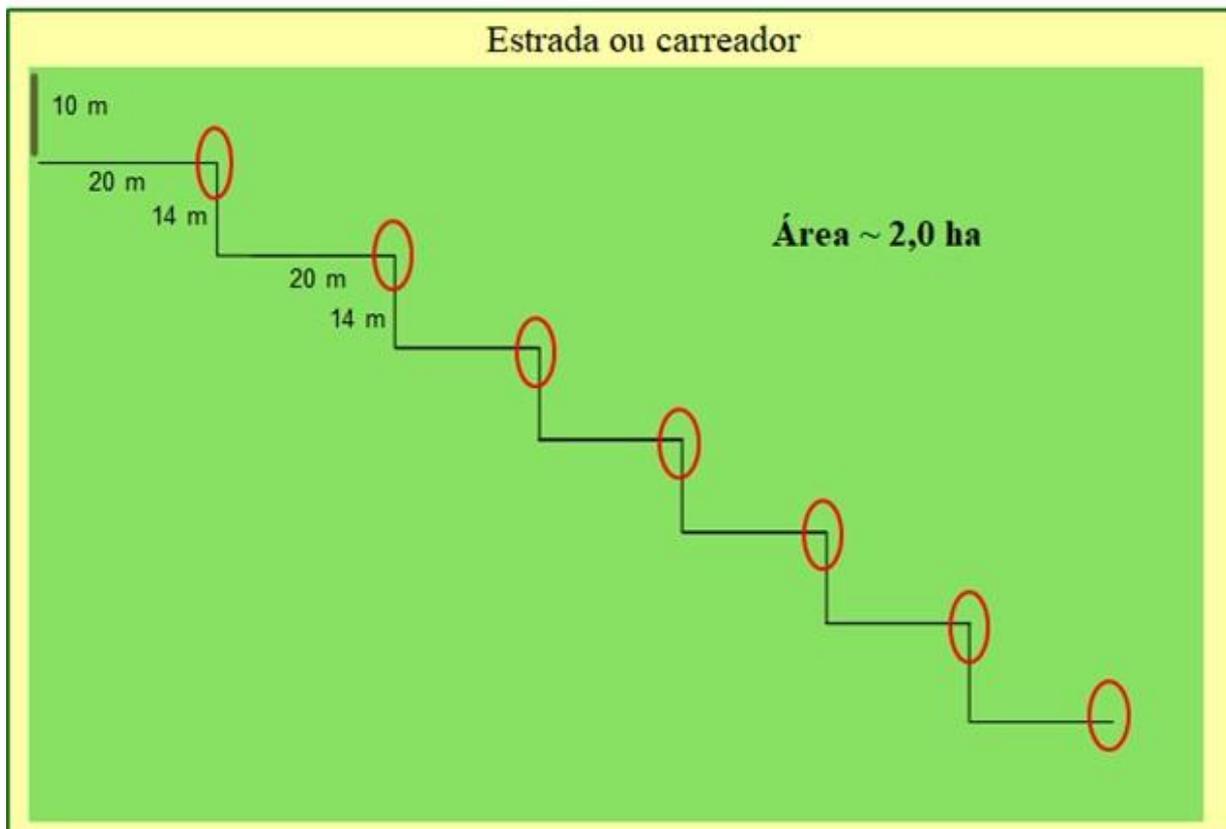
Para controle de plantas daninhas foi utilizado o herbicida Atrazine, na pós-emergência, na dosagem de 4,0 litros do produto comercial por hectare. Quando as plantas estavam no estágio fisiológico de 3 pares de folhas definitivas foi realizada a adubação em cobertura aplicando-se 1.000 kg por hectare do adubo 20-00-20. O adubo foi enterrado na entrelinha para evitar possíveis perdas por volatilização (OLIVEIRA et al., 2018). Foi também realizada uma pulverização com o inseticida Deltametrina (Decis 25 EC), na dosagem de 200 ml por hectare, para controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Na fase de emissão da panícula, foram coletadas folhas para avaliação do estado nutricional das plantas, seguindo-se as recomendações de Malavolta et al. (1997) e Santos et al. (2007). Foram realizadas sete amostragens sistemáticas, a partir de um ponto de referência, com deslocamento longitudinal de 20 m e transversal de 14 m (20 sulcos) na lavoura, conforme exemplificado na figura 02. Em cada ponto amostral foram coletadas 10 folhas, uma folha por planta. As folhas medianas foram coletadas com tesoura de aço inoxidável, cortando a seguir o terço médio e retirando-se a nervura central.

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 nítrico-perclóricas. 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 o 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; Queiroz (2002). Na rebrota não houve avaliação do estado nutricional, porque a partir do mês de abril há deficiência hídrica no solo, assim, o teor de nutrientes na folha não irá representar a disponibilidade de nutrientes no solo.

Na fase de grãos farináceos, meados de fevereiro do ano subsequente à semeadura, 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  $330 \text{ g kg}^{-1}$ , o sorgo foi cortado a cerca de 20 cm acima do solo. Foram realizadas sete amostragens sistemáticas, com deslocamento longitudinal de 20 m e transversal de 14 m (20 sulcos). Assim, as amostragens de biomassa do sorgo foram realizadas nos mesmos locais utilizados para a coleta de folhas encaminhadas para a avaliação do estado nutricional. As áreas de amostragens foram de  $4,9 \text{ m}^2$  cada (7,0 m de sulco, com espaçamento de 0,7m), conforme mostrado na figura 02, a seguir.

**Figura 2** – Amostragem sistemática utilizada na avaliação do estado nutricional das plantas e no acúmulo de matéria seca e nutrientes pelo sorgo Volumax



Fonte: Oliveira et al. (2018).

Uma subamostra de 15 plantas por amostragem foi passada em picadeira de forragem e homogeneizada. Uma subamostra de cerca de 1.000 gramas foi coletada e seca em estufa de ventilação, a  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  até massa constante. Posteriormente, essas subamostras foram passadas em moinho de aço inoxidável e analisadas quanto aos teores de macro e micronutrientes,

seguindo-se o método descrito por Malavolta et al. (1997) e Silva; Queiroz (2002). Os teores de nitrogênio foram determinados pelo método de Kjeldahl, o fósforo por espectrocolorimetria e o potássio por fotometria de chama. O cálcio, magnésio, foram determinados por meio da espectrofotometria de absorção atômica e, o enxofre por turbodimetria.

Cerca de 15 dias após o primeiro corte adubou-se a rebrota com 500 kg do adubo 20-00-20 por hectare. Novamente o adubo foi enterrado na entrelinha para evitar possíveis perdas por volatilização (OLIVEIRA et al., 2018). Após adubação da rebrota foi realizada uma aplicação do herbicida Atrazine, na dosagem de 4,0 litros do produto comercial por hectare. Quando as plantas estavam com aproximadamente 70 a 80 cm de altura realizou-se uma pulverização com o inseticida Deltametrina (Decis 25 EC), na dosagem de 200 ml por hectare, para controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Em meados de maio, quando a rebrota do sorgo estava na fase de grãos farináceos, foram realizadas amostragens para avaliar o teor de matéria seca da biomassa aérea do sorgo e, posterior corte da rebrota para determinação do acúmulo de matéria seca e de nutrientes, adotando-se os mesmos procedimentos descritos para o primeiro corte.

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 rebrota, 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 do primeiro corte e da rebrota. Foram realizadas análises usando a estatística descritiva dos dados do estado nutricional, e dos de matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea do sorgo (FERREIRA, 2011). Serão realizadas análises usando a estatística descritiva dos dados dos acúmulos de matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea do sorgo (FERREIRA, 2011).

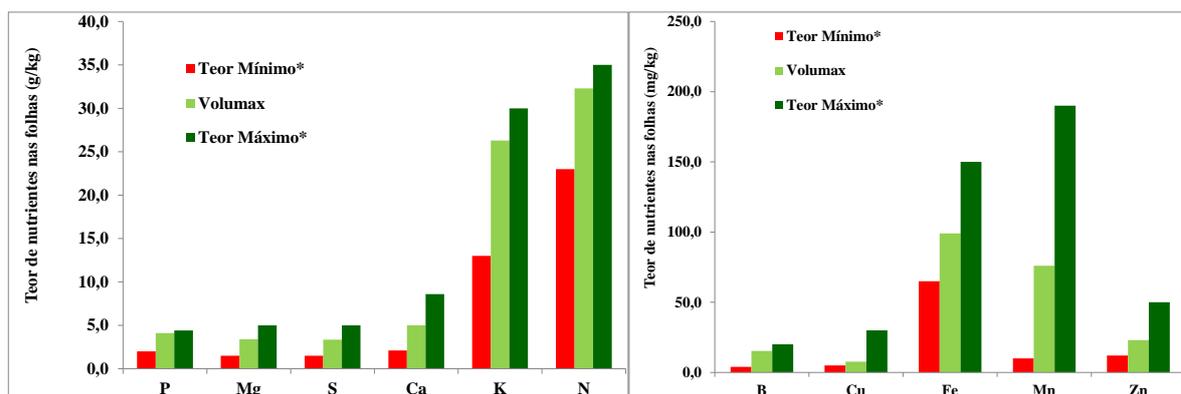
Em relação à análise dos dados, tanto no desenvolvimento da pesquisa quanto na obtenção dos resultados, o instrumentário empregado foi composto de planilhas do Excel e de software estatístico para análise descritiva dos dados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente são apresentados e discutidos os resultados do estado nutricional das plantas no primeiro corte. Posteriormente serão discutidos os resultados de acúmulo de matéria seca e nutrientes e, o balanço de nutrientes no sistema solo-planta.

Na figura 3 estão apresentados os teores de nutrientes no limbo foliar, coletado na fase de emissão da panícula.

**Figura 3.** Teores foliares de macro e de micronutrientes nas folhas medianas do sorgo forrageiro Volumax, comparativamente aos citados na literatura como mínimo e máximo.



Fonte: Dados da pesquisa.

**Teores de nutrientes na matéria seca do limbo foliar, considerados adequados:** N: 25 a 35 g kg<sup>-1</sup>; P: 2,0 a 4,0 g kg<sup>-1</sup>; K: 14,0 a 25 g kg<sup>-1</sup>; Ca: 2,5 a 6,0 g kg<sup>-1</sup>; Mg: 1,5 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>; S: 1,5 a 3,0 g kg<sup>-1</sup>; Boro: 4,0 a 20,0 mg kg<sup>-1</sup>; Cobre: 5,0 a 20,0 mg kg<sup>-1</sup>; Ferro: 65,0 a 100,0 mg kg<sup>-1</sup>; Manganês 10,0 a 190 mg kg<sup>-1</sup>; Zinco: 15,0 a 50,0 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar.

Para os teores foliares dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S os coeficientes de variação foram inferiores a 8,0%. Estes resultados provavelmente devem-se às práticas agrícolas adotadas para uniformização das áreas quanto a fertilidade do solo. Em anos anteriores a este estudo com sorgo, 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 deve ter contribuído para a pequena variação dos teores foliares de nutrientes é a 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; OLIVEIRA et al., 2019).

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 pelos 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.

Comparando os teores foliares de nutrientes encontrados nesse estudo (Figura 3) com citados por Malavolta et al. (1997) e Santos et al. (2007) verifica-se que as plantas apresentaram teores suficientes para todos os elementos. Assim, as adubações empregadas na cultura do sorgo e as práticas agrícolas adotadas anteriormente nessa propriedade rural têm resultado em adequada nutrição mineral da planta, com efeito sobre a produção e a qualidade da forragem. Miranda et al. (2010) avaliaram o estado nutricional do sorgo forrageiro BR601, em Mossoró-RN, 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<sup>-3</sup>. 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<sup>-1</sup>, variaram respectivamente de: 14,3 a 17,0; 3,9 a 5,0; 13,0 a 16,0; 1,6 a 4,7 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%.

Devido à dificuldade para encontrar estudos mais recentes relatando os teores foliares de nutrientes em sorgo forrageiro cultivado em sistemas de alta produtividade, está sendo relatado a seguir os estudos conduzidos por Santos et al. (2015), em 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<sup>-1</sup> 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, Mg e S variam, respectivamente, em g kg<sup>-1</sup>, 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 com o Volumax e, citados na figura 3.

Nas tabelas 2 e 3 estão apresentados os valores médios, mínimos, máximos e o coeficiente de variação para acúmulos de matéria seca na biomassa aérea do sorgo, concentração de proteína bruta e, acúmulos de nitrogênio, proteína bruta, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, na parte aérea do sorgo Volumax no primeiro corte e na rebrota, respectivamente. No primeiro corte foram observados valores que 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.

**Tabela 2.** Valores médios, mínimos, máximos e coeficiente de variação para acúmulos de matéria seca na biomassa aérea do sorgo (Ac. MS), concentração de proteína bruta (Conc. PB) e, acúmulos de nitrogênio (Ac. N), proteína bruta (Ac. Proteína), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), cálcio (Ac. Ca), magnésio (Ac. Mg) e enxofre (Ac. enxofre), na parte área do sorgo Volumax, primeiro corte, cultivado em Mercês – MG.

Amostragem	Ac.MS	Conc.PB	Ac.N	Ac. Proteína	Ac. Fósforo	Ac.K	Ac.Ca	Ac.Mg	Ac.enxofre
	t ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>						
1	18,6	78,1	232	1.453	33	229	41	26	20
2	17,2	82,5	227	1.419	36	217	38	22	21
3	18,5	80,6	239	1.494	33	215	39	24	24
4	15,7	86,3	217	1.358	30	189	36	22	22
5	15,9	81,9	209	1.303	33	204	35	22	22
6	14,6	77,5	181	1.133	28	168	32	22	19
7	15,0	80,6	193	1.209	30	213	36	19	18
<b>Média</b>	16,5	81,1	214	1.339	32	205	37	23	21
<b>Mínimo</b>	14,6	77,5	181	1.133	28	168	32	19	18
<b>Máximo</b>	18,6	86,3	239	1.494	36	229	41	26	24
<b>C.V.(%)</b>	9,81	3,61	9,86	9,86	8,95	9,93	7,72	8,96	9,90

Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 3.** Valores médios, mínimos, máximos e coeficiente de variação para acúmulos de matéria seca na biomassa aérea da rebrota do sorgo (Ac. MS), concentração de proteína bruta (Conc. PB) e, acúmulos de nitrogênio (Ac. N), proteína bruta (Ac. Proteína), fósforo (Ac. P), potássio (Ac. K), cálcio (Ac. Ca), magnésio (Ac. Mg) e enxofre (Ac. enxofre), na parte área da rebrota do sorgo Volumax, cultivado em Mercês – MG.

Amostragem	Ac.MS	Conc.PB	Ac.N	Ac. Proteína	Ac. Fósforo	Ac.K	Ac.Ca	Ac.Mg	Ac.enxofre
	t ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>						
1	9,8	70,0	110	689	17	107	19	13	12
2	9,8	68,1	107	667	15	116	16	12	14
3	8,6	61,3	84	524	15	90	15	9	10
4	9,8	65,0	102	636	14	96	17	14	13
5	8,8	66,3	93	580	15	99	16	11	14
6	8,0	64,4	82	513	11	84	13	12	10
7	9,6	67,5	104	647	14	100	14	12	12
<b>Média</b>	9,2	66,1	97	608	14	99	15	12	12
<b>Mínimo</b>	8,0	61,3	82	513	11	84	13	9	10
<b>Máximo</b>	9,8	70,0	110	689	17	116	19	14	14
<b>C.V.(%)</b>	8,18	4,33	11,48	11,48	11,94	10,54	12,17	11,26	12,43

Fonte: Dados da pesquisa.

Na rebrota, os valores de acúmulo de matéria seca variaram de 8,0 a 9,8 t ha<sup>-1</sup>. Considerando que os resultados são de lavoura comercial, com a semeadura e as práticas culturais realizadas com máquinas, pode-se considerar que a variabilidade no acúmulo de matéria seca foi pequena, uma vez que o coeficiente de variação foi inferior a 10%, tanto no primeiro corte quanto na rebrota (Tabelas 2 e 3). Gontijo Neto et al. (2004), em estudo de avaliação do potencial produtivo de sorgo de dupla aptidão relata acúmulo de matéria de 12,5 t pelo híbrido AG2005-E, no primeiro corte. Oliveira et al. (2019), em estudos com o Volumax, cita acúmulo de matéria seca de 16,2 t por hectare, no primeiro corte, valores muito próximos aos obtidos por Pinho et al. (2010), 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 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. Os valores de acúmulo de matéria seca no primeiro corte foram bem próximos aos valores médios obtidos no presente trabalho: 16,5 t (tabela 2), entretanto, a produtividade média da rebrota, 9,2 t ha<sup>-1</sup> (tabela 3) foi cerca de 75% da relatada por Botelho et al. (2010). Possivelmente uma das causas da maior produtividade da rebrota em Janaúba, comparativamente a Mercês, tenha sido a luminosidade e a temperatura. A partir de março, a luminosidade e a temperatura em Janaúba são maiores que as de Mercês.

Os valores médios de proteína bruta na biomassa aérea do Volumax foram de 81,1 e 66,1 g kg<sup>-1</sup>, no primeiro corte e na rebrota. Possivelmente os menores valores de proteína bruta (cerca de 75% do valor médio do primeiro corte) deveu-se a menor disponibilidade hídrica, térmica e luminosa, porque como citado anteriormente, no município de Mercês há acentuada redução na luminosidade, temperatura e chuvas, a partir de março. Oliveira et al. (2019) obtiveram teor médio de 82,6 g kg<sup>-1</sup>, no primeiro corte do Volumax, em sistema de produção semelhante ao do presente estudo. Teores de proteína bruta um pouco menor (77,0 g kg<sup>-1</sup>) foram relatados por Gontijo Neto et al. (2002), para o sorgo AG2005-E.

No primeiro corte o acúmulo de proteína na biomassa do sorgo foi de 1.339 kg ha<sup>-1</sup>, reduzindo-se para 608 kg ha<sup>-1</sup> 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. As reduções devem estar associadas às reduções de luminosidade, temperatura e disponibilidade hídrica no solo. Malavolta et al. (1997) e Oliveira et al. (2007) citam a grande influência da disponibilidade, térmica e luminosa no metabolismo das plantas C4, como sorgo, a cana-de-açúcar e o milho. Ocorreram também reduções acentuadas no acúmulo de nutrientes, do primeiro corte para rebrota. Para o fósforo, um elemento que tem deslocamento no solo até as raízes, predominantemente por difusão, essa redução foi próxima a 60%.

Na tabela 4 está apresentando o balanço de nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio no sistema solo-planta, considerando como entrada as adubações e, saídas a remoção desses nutrientes pela colheita da parte aérea do sorgo Volumax, no primeiro corte na rebrota.

**Tabela 4.** 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 do sorgo Volumax, no primeiro corte na rebrota.

<b>Balanço de nutrientes no solo-planta, com o Sorgo Volumax</b>					
<b>Quantidade de nutrientes aplicados ao solo na adubação do Volumax</b>					
		Dose	N	P	K
Adubação	Adubo	kg/ha	kg/ha		
Semeadura	10-30-10	450	45,0	59,0	37,5
Cobertura no 1° corte	20-00-20	1.000	200,0	0,0	166,7
Cobertura na rebrota	20-00-20	500	100,0	0,0	83,3
		<b>Total</b>	<b>345,0</b>	<b>59,0</b>	<b>287,5</b>
<b>Remoção de nutrientes pela colheita do sorgo Volumax</b>					
		Prodtvd.	N	P	K
	Produtivd.	t MS/ha	kg/ha		
	1° corte	16,50	214	32	205
	Rebrota	9,20	97	14	99
	<b>Total</b>	<b>25,70</b>	<b>311</b>	<b>46</b>	<b>304</b>
<b>Balanço de nutrientes no sistema solo-planta</b>					
			N	P	K
			kg/ha		
	Balanço de nutrientes		<b>34,0</b>	<b>13,0</b>	<b>-16,5</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Pode-se verificar pela tabela 4 que o potencial produtivo do sorgo Volumax foi alto, cerca de 25 t de matéria seca nos dois cortes. Por outro lado, a remoção de nutrientes também é alta. Considerando os valores de acúmulo de matéria seca e de nutrientes nos dois cortes, obtêm-se índices de remoção de nutrientes, respectivamente, de 12,1; 1,8 e 11,8 de N, P e K para cada tonelada de matéria seca removida da lavoura. Oliveira et al. (2019) também relatam alta remoção de nutrientes pelo Volumax, em sistema intensivo de produção de forragem. Para aumentar a eficiência nutricional das plantas e do sistema de produção, bem como diminuir os custos de produção, deve-se estar atento a acidificação do solo, realizando a calagem e a gessagem quando a saturação por bases do solo estiver abaixo de 50%. A coleta e a posterior aplicação de dejetos e da urina dos bovinos também é uma forma eficiente de ciclagem de nutrientes e manutenção da matéria orgânica do solo, principalmente quando esses resíduos retornarem ao solo como compostagem, uma vez que no processo de compostagem geralmente se utiliza como absorvedor da urina e umidade das fezes materiais de decomposição mais lenta como serragem, cepilho de madeira e capins em estágio avançado de maturação.

Conforme citado por Oliveira et al. (2019), nas últimas décadas foram obtidos, pelo melhoramento genético, híbridos de sorgo com boa partição da biomassa entre colmo, folhas e panícula, aliando boa produtividade de matéria seca e bom valor nutritivo. 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.

Esses mesmos autores ressaltam que se deve estar atento também 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. É também importante conhecer a extração de nutrientes pelo sorgo, visando futuras recomendações de adubação, especialmente a adubação de restituição.

## **6 CONCLUSÃO**

- O sorgo Volumax é uma forrageira de alto potencial produtivo;
- O sistema de produção adotado supriu nutrientes adequadamente as plantas, uma vez que os teores foliares estavam em faixas de concentração consideradas adequadas;
- A remoção de nutrientes pela colheita do Volumax foi alta e deve-se estar atento a reposição dos nutrientes e acidificação do solo, tanto pelo uso de adubos nitrogenados quanto pela remoção de bases do solo; e,
- A aplicação dos dejetos de bovinos nas áreas destinadas a ensilagem contribuirá para redução dos custos de produção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológica do solo.

## REFERÊNCIAS

- BOTELHO, P. R. F *et al.* 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.
- BUSO, W.H.D; MORGADO, H. S; SILVA, L. B. e; FRANÇA, A. F. de. S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.
- DOGETT, H, PRASADA, R. K. **SORGHUM**. In: Evolution of Crop Plants, 2nd edition (eds J. Smartt and NW Simmonds), Cambridge University Press, p. 140- 159, 1995.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.
- 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.
- 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, 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.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do sorgo: ecofisiologia**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, set. 2012.
- 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 Fósforo, 1997. 319p.
- MAY, A. *et al.* Sorgo como matéria-prima para produção de bioenergia: etanol e cogeração. Sorgo: inovações tecnológicas: **Informe Agropecuário**. n. 278. v. 35. Belo Horizonte, EPAMIG, 2014.
- 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.

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**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 293-301, 2002.

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, 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. 2018.

OLIVEIRA, M. W. *et al.* Variabilidade da fertilidade do solo, do estado nutricional e da produtividade em canavial manejado homogeneamente e visualmente uniforme. In: **Agronomia, elo da cadeia produtiva**. Vol. 2. ALFARO, TROJAM, Organizadores. Ponta Grossa -PR. Atena Editora, p.293-309. 2018.

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**.

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, 2021. v. 2, cap. 3, p. 45-66.

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

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011a. 420p.

RAIJ, B. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. **Informações Agrônomicas**, n. 153, POTAFOS, Piracicaba. p.8-18, 2011b.

RIBAS, P. M. *et al.* Importância econômica, **Cultivo do Sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção 2, Versão Eletrônica, set. 2007. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/importancia.htm>>. Acesso em: 17 dez. 2020.

SANTOS, F. C. *et al.* Correção do solo e adubação 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, 2015.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 2002. 178 p.

SILVA, A. M.; SILVA, J. C. S; SILVA, L. K. M. da; OLIVEIRA, A.R. N. de; MOURA, D. M. F. de. Conjuntura da pecuária leiteira no Brasil. **Nutritime Revista Eletrônica**, on-line, Viçosa, v.14, n.1, p.4954-4958, jan./ fev. 2017.

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.

TERRA, T. G. R. *et al.* Desenvolvimento e produtividade de sorgo em função de diferentes densidades de plantas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 208-215, 2010.

VON PINHO, R. G. *et al.* Influência da altura de corte das plantas nas características agrônômicas 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.