

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

VITÓRIA REGINA VIANA DOS SANTOS

**TAXA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FORRAGEM
PELA CANA-DE-AÇÚCAR RB867515**

RIO LARGO-AL

2023

VITÓRIA REGINA VIANA DOS SANTOS

**TAXA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FORRAGEM
PELA CANA-DE-AÇÚCAR RB867515**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Campus de
Engenharias e Ciências Agrárias
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Zootecnia. Aprovado dia 10 de
Agosto de 2023.

Prof. Orientador: Dr. Mauro
Wagner de Oliveira

RIO LARGO-AL

2023

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

S237s Santos, Vitória Regina Viana dos

Taxa de crescimento e produção de forragem pela cana-de-açúcar RB867515. / Vitória Regina Viana dos Santos – 2023.
31f.; il.

Monografia de Graduação em Zootecnia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

Orientação: Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Inclui bibliografia

1. Forragem. 2. Agricultura. 3. Sistemas de produção.
I. Título

CDU: 633.2

DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho à minha família
e ao meu amigo Luiz Paulo (in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Meu maior agradecimento é a Deus por me permitir estar concluindo esse sonho, ter conseguido vencer tantos obstáculos que a vida nos impõe e poder correr atrás dos meus objetivos. Sou imensamente grata a minha família por todo apoio e incentivo, aos meus pais Audemir e Iara que sempre acreditaram e me ensinaram que a maior herança da vida é o conhecimento que levamos, a honestidade e a humildade. Com eles aprendi a ser forte e perseverante e hoje tento retribuir um pouco do que já me proporcionaram e essa conquista é um sonho realizado para eles também.

Minha filha Maria Júlia foi e é meu maior combustível em toda essa trajetória até aqui, foi uma fase bem desafiadora ter que conciliar os estudos com a rotina de mãe, esposa e dona de casa, mas desde o início prometi que lutaria por nosso futuro e não abandonaria o sonho de me formar, porque tudo no final valeria a pena e seria por ela todo meu esforço.

Quero deixar meus sinceros agradecimentos também ao meu companheiro de vida e meu maior incentivador, Ayrton. Foi a pessoa que me deu todo o suporte para que eu realizasse esse sonho e nunca me deixou desanimar, aguentou minhas noites de estudos, estresses e choros.

Ao longo desses anos de graduação encontrei pessoas incríveis que fizeram total diferença nessa caminhada, vocês tornaram esses anos mais leves e cada um tem uma participação nessa conquista, levarei comigo para a vida, em especial, Karine, Magda, Neuriane, Lailson, Wictor e Luiz Paulo que será sempre lembrado por nós.

A todos os meus colegas de turma e aos professores dessa instituição que passaram tantos conhecimentos, minha sincera gratidão.

Serei eternamente grata ao meu orientador Prof. Dr. Mauro Wagner pela oportunidade, por toda sua dedicação e acolhimento, sem ele eu não teria conseguido concluir essa etapa tão importante, obrigada pela ajuda e pelos ensinamentos.

Enfim, sou muito grata a Deus por tudo em minha vida e pela vida de cada familiar e amigos que tenho. Espero poder contribuir cada vez mais na vida de cada um, assim como na sociedade de um modo geral com a profissão que escolhi, a zootecnia é minha paixão e pretendo atuar dentro dos meus princípios e seguindo as diretrizes que acredito.

RESUMO

A cana-de-açúcar tem sido bastante utilizada na alimentação de bovinos, e dentre as técnicas gerenciais e agrícolas propostas para aumentar a produtividade do canavial, destacam-se a correção da acidez do solo, o fornecimento adequado de nutrientes, a adubação verde ou orgânica, o plantio de variedades mais produtivas e o controle de pragas e de plantas daninhas. No presente trabalho foram avaliadas, na cana-de-açúcar de ano e meio, a ciclagem de nutrientes pela crotalária juncea, o estado nutricional e a produção de forragem pela variedade RB867515, em sistema intensivo de produção. A cultura que antecedeu ao plantio da cana-de-açúcar foi a crotalária juncea, como o objetivo de melhorar as propriedades físico-químicas e biológicas do solo. Logo após as primeiras chuvas da primavera, o solo foi arado, gradeado e subsolado, semeando-se a seguir a crotalária juncea. Em fevereiro do ano subsequente a semeadura, quando a crotalária estava na fase de grãos farináceos duros, foi avaliado o acúmulo de matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea da leguminosa. A seguir, a crotalária juncea foi incorporada ao solo, sulcando-se o terreno para o plantio da cana-de-açúcar. No fundo do sulco de plantio foi aplicado o adubo fosfatado em dose equivalente a 100 kg de P por hectare, plantando-se, na sequência, a RB867515. Em outubro, quando novamente iniciou o período chuvoso, foi aplicado o adubo potássico na dose de 200 kg por hectare. As amostragens para determinar as taxas de acúmulo de matéria na parte aérea da RB867515 foram realizadas em cinco épocas: outubro, dezembro, fevereiro, abril e julho. Em dezembro, com a cana na fase de crescimento máximo, foi avaliado o estado nutricional da RB867515. Em julho, cerca de um ano e meio após o plantio, quando a cana estava madura, foi avaliada a produção de forragem e de colmos industrializáveis. Para a ciclagem de nutrientes pela crotalária juncea foi utilizada a estatística descritiva (média, mínimo e máximo), enquanto para o acúmulo de matéria seca foi obtida equação relacionando a idade da planta com o acúmulo de matéria seca. A adubação verde com crotalária juncea na área de implantação da RB867515 resultou em melhorias das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Os elementos mais reciclados pela crotalária juncea foram o nitrogênio e o potássio, com valores médios de 319 e 245 kg por hectare, respectivamente. A RB867515 estava com teores de nutrientes na folha +3 considerados adequados. No sistema de produção adotado, a RB867515 teve alta produtividade, com acúmulo de forragem ultrapassando 160 t de matéria natural por hectare, cerca de 50 t de matéria seca por hectare.

Palavra-chave: Sistemas de produção, forragem, agricultura familiar, sustentabilidade.

ABSTRACT

Sugarcane has been widely used in cattle feed, and among the managerial and agricultural techniques proposed to increase sugarcane productivity, correction of soil acidity, adequate supply of nutrients, green manure or organic matter, planting more productive varieties and controlling pests and weeds. In the present work, nutrient cycling by sunn hemp, nutritional status and forage production by the RB867515 variety, in an intensive production system, were evaluated in sugarcane aged one and a half years. The crop that preceded the planting of sugarcane was sunn hemp, with the aim of improving the physical-chemical and biological properties of the soil. Right after the first spring rains, the soil was plowed, harrowed and subsoiled, followed by sowing sunn hemp. In February of the year following sowing, when sunn hemp was in the hard farinaceous grain phase, the accumulation of dry matter and nutrients in the aerial biomass of the legume was evaluated. Next, sunn hemp was incorporated into the soil, furrowing the land for planting sugarcane. Phosphate fertilizer was applied at the bottom of the planting furrow at a dose equivalent to 100 kg of P per hectare, followed by planting RB867515. In October, when the rainy season started again, potassium fertilizer was applied at a dose of 200 kg per hectare. Samplings to determine the rates of matter accumulation in the aerial part of RB867515 were carried out in five periods: October, December, February, April and July. In December, with the sugarcane in the maximum growth phase, the nutritional status of RB867515 was evaluated. In July, about a year and a half after planting, when the sugarcane was mature, the production of forage and industrialable stems was evaluated. Descriptive statistics (mean, minimum and maximum) were used for nutrient cycling by sunn hemp, while for dry matter accumulation an equation was obtained relating plant age to dry matter accumulation. Green manuring with sunn hemp in the area where RB867515 was implemented resulted in improvements in the physical, chemical and biological properties of the soil. The most recycled elements by sunn hemp were nitrogen and potassium, with average values of 319 and 245 kg per hectare, respectively. RB867515 had nutrient content in the leaf +3 considered adequate. In the production system adopted, the RB867515 had high productivity, with forage accumulation exceeding 160 t of natural matter per hectare, about 50 t of dry matter per hectare.

Keywords: Production systems, forage, family farming, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica do município de Mercês - MG.....	17
Figura 2 – Acúmulo de nutrientes na biomassa aérea da crotalária juncea.....	22
Figura 3 – Concentração nutrientes no terço médio da folha +3, da variedade de cana-de-açúcar RB867515, na área anteriormente cultivada com crotalária juncea, comparativamente aos valores citados na literatura nacional como mínimo e máximo.....	24
Figura 4 – Acúmulo de forragem, com base na matéria seca, e as taxas de acúmulo forragem no período de 210 a 480 dias após o plantio da RB867515.....	25
Figura 5 – Taxa de acúmulo de matéria seca período de 210 a 480 dias após o plantio da RB867515.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise química do solo nas camadas de 0 a 20, e de 20 a 40 cm, da área escolhida para o estudo com a cana-de-açúcar.....	17
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 -Avaliação da fertilidade do solo e disponibilidade de nutrientes.....	13
2.2 -Época de plantio de cana-de-açúcar, calagem, gessagem e adubação verde...	14
2.3 -Uso da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 -Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea da crotalaria juncea...	20
4.2 - Estado nutricional da cana-de-açúcar.....	23
4.3 - Acúmulo de matéria seca, taxa de crescimento da cultura e produção de forragem pela RB867515.....	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1 - INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem sido uma planta forrageira muito utilizada nas pequenas propriedades rurais do centro-sul do Brasil, principalmente durante os meses mais secos do ano. Dentre os principais fatores que contribuem para o uso da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos podem-se citar: grande produção de forragem por unidade de área; facilidade de cultivo, pois quando está madura, mantém sua qualidade bromatológica; tem baixo custo relativo por unidade de matéria seca produzida; é semi-perene; apresenta maior flexibilidade quanto às épocas de plantio e de corte, em comparação com as culturas anuais, o que facilita o gerenciamento da atividade; podendo ser uma das fontes de energia de menor custo. Devido a essas características essa forrageira é um volumoso de grande interesse, tanto para a alimentação de novilhas quanto para vacas de pequena à média produtividade (VALADARES FILHO et al., 2008; BORGES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021a).

A forma mais comum de utilizar a cana-de-açúcar na alimentação dos bovinos nas pequenas propriedades rurais é o corte diário, com posterior picagem e fornecimento aos animais. O deslocamento até ao canavial, o corte diário e o transporte da cana-de-açúcar até ao local de picagem, geralmente feito com carroça à tração animal ou cangalhas, bem como a distribuição nos cochos de alimentação dos animais, demandam grande quantidade de horas de recursos humanos e estes constituem isoladamente o item de maior percentual de custo e de desgaste físico dos agricultores que usam a cana-de-açúcar como forrageira (BORGES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2021b).

É necessário adotar algumas práticas na instalação e condução do canavial de forma a se ter alta produtividade no ciclo de cana-planta e pequenos decréscimos nos cortes subsequentes. Dentre estas práticas estão a calagem, a gessagem, a adubação verde e orgânica, o fornecimento adequado de nutrientes, e o uso de variedade de cana-de-açúcar de maior potencial produtivo (NÚSSIO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2019).

Nos estudos de avaliação do potencial produtivo das variedades de cana-de-açúcar, tem sido realizadas amostragens dos acúmulos de matéria seca ao longo do ciclo da cultura, visando conhecer mais detalhadamente os períodos de maior acúmulo de matéria seca, bem como a fase a partir da qual não há mais aumento na biomassa aérea da cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2021a). Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar, na cana-de-açúcar de ano e meio, a ciclagem de nutrientes pela crotalaria juncea que antecedeu ao plantio da cana-de-açúcar, o estado nutricional, as taxas de acúmulo de matéria seca e a produção de forragem pela variedade RB867515, em sistema intensivo de produção.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

A pecuária leiteira é uma atividade socioeconômica de grande importância para o Brasil, pois emprega grande número de pessoas de diferentes classes sociais, em diversas regiões do país (SILVA et al., 2007; VALADARES FILHO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2019). Na zona da Mata Mineira, a pecuária leiteira é uma atividade presente na maioria das propriedades de agricultura familiar, gerando emprego para a mão-de-obra doméstica, e receita mensal com a venda do leite e derivados. Para que a atividade leiteira nestas propriedades seja economicamente viável, os pequenos produtores têm adotado técnicas para aumentar a produtividade da terra, da mão-de-obra, do capital investido, das vacas leiteiras, sendo também implementadas ações que contribuem para a sustentabilidade do sistema e do meio ambiente, incluindo a utilização dos dejetos bovinos e outras formas de adubação orgânica (OLIVEIRA et al., 2007; NÚSSIO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2021b)

Nas pequenas propriedades rurais dedicadas à produção leiteira, com média a alta produtividade animal, a silagem de milho e de sorgo tem sido os volumosos mais utilizados para a alimentação animal, devido, dentre outras características, a disponibilidade de sementes, facilidade de cultivo, alta produção de matéria seca, alto percentual de grãos na massa a ser ensilada, e ao elevado consumo voluntário da silagem, pelos animais. Entretanto, para novilhas e para vacas de final de lactação, a cana-de-açúcar têm sido uma planta forrageira bastante utilizada, principalmente nos anos em que a estiagem reduz a produtividade e a qualidade do milho ou do sorgo, destinados à ensilagem (SILVA et al., 2008; VALADARES FILHO et al., 2008; BORGES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021a).

A cana-de-açúcar, por produzir grande quantidade de massa, extrai e acumula, consequentemente, na biomassa aérea, grande quantidade de nutrientes do solo. Para uma produção de 150 toneladas de forragem por hectare, cerca de 45 t de matéria seca, o acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta é da ordem de 188, 50, 225, 90, 50 e 40 kg de N, P, K, Ca, Mg e enxofre, respectivamente. No caso dos micronutrientes, ferro, manganês, zinco, cobre e boro, os acúmulos na biomassa da parte aérea, também para uma produção de 150 t de forragem, são por volta de 10,0; 3,8; 0,75; 0,5; e 0,4 kg, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011). Por isto deve-se estar atento à disponibilidade dos nutrientes no solo, adotando-se práticas agrícolas que mantenham ou elevem a fertilidade, visam alta produtividade no ciclo de cana-planta e pequenos decréscimos nas rebrotas (MALAVOLTA et al., 1997; MELHO et al., 2006; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2018a).

Dentre as tecnologias empregadas na pecuária leiteira, nas pequenas propriedades com visão empresarial, pode-se citar a geoestatística aplicada à amostragem de solos, as plantas e a produtividade da lavoura, o uso de corretivos de acidez de solo e de gesso para a aumentar a disponibilidade de cálcio e magnésio no solo e neutralizar o alumínio tóxico da subsuperfície, resultando em maior aprofundamento do sistema radicular das plantas e consequentemente elevando a eficiência do uso da água da chuva e dos fertilizantes. A cama de vacas leiteiras e a cama de aviário, assim como outros resíduos agroindustriais, também têm sido bastante utilizados (REDIN et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2018b). A disponibilidade dos elementos no solo, e a consequentemente nutrição mineral da planta, influenciam no metabolismo da cana-de-açúcar, refletindo na produtividade da lavoura (MASCARENHAS et al., 1994; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2021b).

2.1 Avaliação da fertilidade do solo e disponibilidade de nutrientes

Na cultura da cana-de-açúcar destinada a alimentação de bovinos a extração e remoção de nutrientes é elevada, conforme citado anteriormente. Deve-se conhecer, portanto, 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., 2007). 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. 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 adubação e a calagem, e os da camada de 20 a 40 cm, para os cálculos da necessidade de gessagem (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2008).

A determinação dos teores foliares dos nutrientes, na fase de crescimento máximo da cana-de-açúcar, também é empregada como método auxiliar de avaliação da disponibilidade de nutrientes, especialmente os micronutrientes (MALAVOLTA et al., 1997; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2019).

Em relação à adubação, 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 estabilidade da lavoura, ou em menores decréscimos de produtividades nas rebrotas do canavial

(RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2019). 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, conforme citado anteriormente para a cama de vacas leiteiras e a cama de aviário (OLIVEIRA et al., 2021b; OLIVEIRA et al., 2022).

2.2 Época de plantio de cana-de-açúcar, calagem, gessagem e adubação verde

Na região centro-sul do Brasil, os plantios de cana-de-açúcar, sem irrigação, são realizados basicamente em duas épocas: início do período chuvoso (setembro e outubro) e final do período chuvoso: fevereiro e março. O canavial implantado no início do período chuvoso poderá ser colhido a partir de abril-maio do ano seguinte e, por isto, é designado de “cana de ano”, entretanto, para o plantio de fevereiro a março a colheita ocorrerá cerca de 15 a 18 meses após, sendo conhecida como “cana de ano e meio”. Uma vantagem do plantio da “cana de ano e meio” é a possibilidade do cultivo de adubação verde antecedendo ao plantio da cana, destacando-se a crotalária juncea como um dos adubos verdes mais usados (MASCARENHAS et al., 1994; OLIVEIRA et al., 2007; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2021b).

A crotalária juncea, devido a sua alta produção de matéria seca em curto período, tem sido a espécie mais recomendada por vários autores como adubo verde em áreas de reforma do canavial ou de plantio da cana de ano e meio. Ademais, suas sementes são de fácil obtenção, não apresentam dormência; tem crescimento rápido, o que lhe confere competitividade com as plantas daninhas; possui sistema radicular profundo e vigoroso, capaz de reciclar nutrientes; é resistente às pragas e pouco atacada por doenças e, também fixa o nitrogênio do ar atmosférico em grande quantidade (MASCARENHAS et al., 1994; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2018a; WUTKE et al. 2023)

De modo geral os solos do Brasil, e os da zona da Mata Mineira, são em sua grande maioria, naturalmente ácidos, apresentando baixa saturação por cátions básicos, como cálcio, magnésio e potássio. 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 das lavouras de cana-de-açúcar destinadas a alimentação de bovinos (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2021b).

Para a implantação da lavoura de cana-de-açúcar, a recomendação é elevar a saturação por bases no solo (V) a 60% (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011). A crotalária juncea, que poderá anteceder ao plantio da cana-de-açúcar de ano e meio, também é uma planta que responde muito bem à melhoria da fertilidade do solo, assim, todas as ações implementadas para melhorar a nutrição da cana-de-açúcar irão influenciar positivamente no crescimento, acúmulo de matéria seca e nutrientes pela crotalária, refletindo em maior produtividade da cana-de-açúcar, especialmente no primeiro e segundo cortes (ERNANI et al., 2001; MEDA, 2003; OLIVEIRA et al., 2007).

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 $0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo. Contudo, se o teor de magnésio na camada de 0 a 20 cm for maior que $0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ 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., 2007; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018a).

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 $0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo ou a saturação por alumínio (m%) for maior que 20% (OLIVEIRA et al., 2007, RAIJ, 2008). 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 (RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2021b).

2.3 Uso da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos

Nas pequenas propriedades rurais do centro-sul do Brasil, a cana-de-açúcar tem sido usada na alimentação de bovinos, principalmente durante os meses mais secos do ano. A forma mais comum de utilizar a cana-de-açúcar na alimentação dos bovinos nestas pequenas propriedades rurais é o corte diário, com posterior picagem e fornecimento aos animais. O deslocamento até ao canavial, o corte diário e o transporte da cana-de-açúcar até ao local de picagem, geralmente é feito com carroça à tração animal ou cangalhas, bem como a distribuição nos cochos de alimentação dos animais demandam grande quantidade de horas de recursos humanos e estes constituem isoladamente o item de maior percentual de custo e de desgaste

físico dos agricultores que usam a cana como forrageira (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; BORGES et al., 2016).

Assim, é necessário um bom planejamento na instalação do canavial de forma a se ter alta produtividade no ciclo de cana-planta e pequenos decréscimos nos cortes subsequentes. Outro item de grande importância para aumentar o rendimento do trabalhador no corte, e evitar picadas de animais peçonhentos é manter a cultura da cana-de-açúcar livre de plantas daninhas. Quando a cultura é mantida livre de plantas daninhas até aos 40 dias após início da rebrota, o próprio sombreamento da cana-de-açúcar controla a emergência e o desenvolvimento de plantas invasoras (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2019).

A cana-de-açúcar é constituída basicamente de carboidratos estruturais: celulose, hemicelulose, pectina e lignina (que compõem a parede celular) e o conteúdo celular (principalmente os açúcares e, em menor quantidade, minerais e proteínas). A cana-de-açúcar quando colhida madura tem altos teores de açúcares e moderado teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), constituída pela celulose, hemicelulose e lignina (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; VALADARES FILHO et al., 2008).

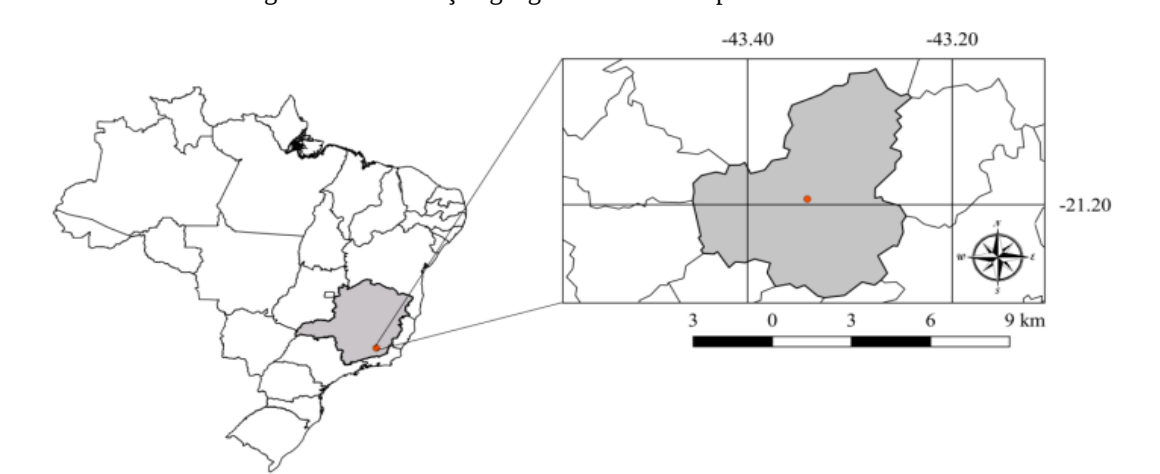
A utilização dos constituintes da cana-de-açúcar pelos bovinos é contrastante, uma vez que os açúcares são rapidamente fermentados no rúmen e, conseqüentemente, de fácil aproveitamento pelo animal. A pectina mesmo sendo um componente estrutural da parede celular também é de digestão rápida. Por outro lado, a celulose, a hemicelulose e a lignina têm digestão mais lenta e dependem totalmente da atividade enzimática dos microrganismos do trato gastrointestinal dos ruminantes (BORGES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021b, SILVA, 2023)

Quando a cana-de-açúcar está madura os colmos representam, em média, de 83 a 87% da matéria natural, assim, em uma tonelada de forragem tem-se de 830 a 870 kg de colmos industrializáveis e, de 130 a 170 kg de folhas verdes + folhas secas + ponteiros. Geralmente a cana-de-açúcar é cortada nos meses mais secos do ano e tem 28 a 33% de matéria seca, sendo que os carboidratos solúveis, incluindo os açúcares, constituem 40 a 43% desta matéria seca. Por exemplo, considerando uma cana-de-açúcar com 30% de matéria seca: em 100 kg de cana-de-açúcar, têm-se 30 kg de matéria seca, e 12,0 a 12,9 kg de carboidratos solúveis (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; VALADARES FILHO et al., 2008; BORGES et al., 2016).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma propriedade de agricultura familiar 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 (OLIVEIRA et al., 2022). O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura média.

Figura 1 - Localização geográfica do município de Mercês - MG.



Fonte: Autor, 2023.

A cana-de-açúcar é uma forrageira de alto potencial produtivo, muito responsiva a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo (OLIVEIRA et al., 2007; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; BORGES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021b). Por este motivo, em agosto foram analisados solos das áreas de cultivos na próxima primavera, escolhendo-se uma área de maior fertilidade e sem alumínio trocável na camada de 0 a 20 cm. Os resultados da análise química da área escolhida estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Análise química do solo nas camadas de 0 a 20, e de 20 a 40 cm, da área escolhida para o estudo com a cana-de-açúcar.

Camada	pH em	P	K	Ca	Mg	Al ³⁺	H + Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
	H ₂ O	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%	%
0 a 20 cm	5,8	12	65	3,21	1,45	0,00	2,78	4,83	4,83	7,61	63,46	0,00
20 a 40 cm	5,3	7	27	1,94	0,68	0,10	2,86	2,69	2,79	5,55	48,46	3,59

pH em água: relação 1:2,5. Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extrator KCl 1 mol L⁻¹. P e K: extrator Mehlich 1.

H⁺ + Al³⁺: Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, a pH 7,0. Fonte: Autor, 2023.

O canavial foi implantado em fevereiro, próximo ao final do período chuvoso (“cana de ano e meio”). A cultura que antecedeu ao plantio da cana de ano e meio foi a crotalária juncea, com o objetivo de aumentar o teor de matéria orgânica do solo e melhorar as propriedades físico-químicas e biológicas do solo. A crotalária juncea é uma planta de alto potencial produtivo, mas exigente em fertilidade do solo e muito sensível a toxidez do alumínio (ERNANI et al., 2001; MEDA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2021c). Desta forma, a escolha de um solo mais fértil, sem alumínio trocável na camada de 0 a 20 cm, e com baixa saturação por alumínio na camada de 20 a 40 cm, beneficia tanto a crotalária juncea, quanto a cana-de-açúcar.

Logo após as primeiras chuvas da primavera, o solo foi arado, gradeado e subsolado, semeando-se a seguir a crotalária juncea, com espaçamento entre sulcos de 0,5 m. A densidade de semeadura será de 25 kg de sementes por hectare, o que resultou em densidade populacional de cerca de 500 mil plantas por hectare. As sementes não foram inoculadas com rizóbium, uma vez que em estudos anteriores (CHADA & DE-POLLI, 1988; RIBEIRO JÚNIOR et al, 2006; OLIVEIRA et al., 2011b) constataram-se ausência de efeito de inoculação sobre o acúmulo de matéria seca e nutrientes. Durante o crescimento da crotalária juncea foi realizado apenas o controle químico de formigas cortadeiras.

No início de fevereiro do ano subsequente a semeadura a crotalária, quando as plantas estavam no estágio de grãos farináceos, foi avaliado o acúmulo de matéria seca na parte aérea deste adubo verde. Foram realizadas oito amostragens sistemática, a partir de uma referência, sendo a área de cada amostragem de 1,0 m² (2 m de comprimento por 0,5 m de espaçamento). A crotalária juncea foi cortada rente ao solo e pesada. Subamostras das plantas foram passadas em picadeira de forrageira e secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até massa constante e novamente pesadas. Subsubamostras do material vegetal seco foram moídas e submetidas às digestões sulfúricas e nitroperclóricas, seguindo método descrito por Malavolta et al. (1997) e Silva e Queiroz (2006). A partir dos valores de concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, e do acúmulo de matéria seca, calcularam-se os acúmulos de nutrientes na matéria seca da parte aérea da crotalária juncea.

Após as amostragens, a crotalária juncea foi incorporada ao solo, sulcando-se posteriormente o terreno para o plantio da cana-de-açúcar, no espaçamento de 1,4 metros. No fundo do sulco de plantio foi aplicado apenas adubo fosfatado em dose equivalente a 100 kg de P por hectare (229 kg de equivalente a P₂O₅), usando o superfosfato triplo com fonte de P, conforme recomendação de Oliveira et al. (2018a). Na sequência foram distribuídas as mudas

da RB867515, de cinco meses de idade. Os colmos (mudas) foram picados dentro do sulco de plantio em tamanho de duas a três gemas, e sobre eles aplicou-se o inseticida Fipronil. O controle de plantas daninhas foi com o herbicida Tebutiron (OLIVEIRA et al., 2019). Em outubro, quando novamente iniciou o período chuvoso, foi aplicado na entrelinha da cana-de-açúcar o adubo potássico, na dose de 200 kg de K por hectare, usando o cloreto de potássio.

As taxas de acúmulo de matéria na parte aérea da RB867515 foram realizadas em cinco épocas: outubro e dezembro do ano do plantio, e fevereiro, abril e julho do ano subsequente. Em cada época foram realizadas cinco amostragens sistemáticas, a partir de uma referência, e a área de cada amostragem foi de 2,8 m² (2 m de comprimento por 1,4 m de espaçamento). A RB867515 foi cortada rente ao solo e pesada. Subamostras das plantas foram passadas em picadeira de forrageira e secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até massa constante e novamente pesadas.

Em dezembro, com a cana-de-açúcar na fase de crescimento máximo, foi avaliado o estado nutricional da RB867515, seguindo-se procedimentos descritos por Oliveira et al. (2007), Raij (2011) e Oliveira et al. (2018a). Foram realizadas cinco amostragens sistemáticas das folhas, para as análises químicas. Em julho, cerca de um ano e meio após o plantio, quando a cana-de-açúcar estava madura, foi avaliada a produção de forragem, a composição química e bromatológica da forragem, a produção de colmos industrializáveis, seguindo método citado por Oliveira et al. (2019). Novamente foram realizadas cinco amostragens de 2,8 m² cada.

As análises químicas foram realizadas seguindo-se os métodos descritos por Malavolta et al. (1997); Silva & Queiroz (2006). Para a ciclagem de nutrientes pela crotalaria juncea foi utilizada a estatística descritiva (média, mínimo e máximo), enquanto para o acúmulo de matéria seca foi obtida equação relacionando a idade da planta com o acúmulo de matéria seca (FERREIRA, 2011).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados os resultados referentes ao acúmulo de matéria seca e nutrientes na crotalária juncea, posteriormente os resultados referentes ao estado nutricional da cana-de-açúcar, seguidos das taxas de acúmulo de matéria seca, e produção de forragem pela RB867515.

4.1 – Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea da crotalária juncea

A crotalária juncea teve alto acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas, com valores médios, mínimos e máximos, respectivamente de 18,55; 17,10 e 19,70 t por hectare. Nas condições edáficas e climáticas desse sistema de produção a crotalária juncea teve crescimento muito uniforme, o que resultou em pequeno coeficiente de variação para o acúmulo de matéria seca: apenas 6,20%, evidenciando pequena variabilidade na área do estudo.

Em condições de bom suprimento de água e nutrientes no solo, e na ausência de impedimentos físicos (camada adensada ou compactada) ou químicos (alto teores de alumínio trocável ou baixos de cálcio e de magnésio) e quando semeada no início da primavera, portanto, sob noites longas decrescente, a crotalária juncea é uma planta que se destaca entre as leguminosas utilizadas para a adubação verde. Em estudo também conduzido em Mercês -MG, Oliveira et al. (2022) avaliaram o acúmulo de matéria seca e de nutrientes por cinco plantas de cobertura de solo: braquiária brizantha, braquiária ruziziensis, crotalária juncea, feijão de porco e mucuna-preta. O solo da área do estudo tinha fertilidade média na camada de 0 a 20 cm, sem alumínio trocável. Na camada de 20 a 40 cm, a saturação por bases era de 47% e a saturação por alumínio (m%) de 6,01. Oliveira et al. (2022) relatam que a crotalária juncea foi superada apenas pela braquiária brizantha. Em média, o acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas foi de 19,98 e 18,06 t por hectare, respectivamente para a braquiária brizantha e a crotalária juncea.

No presente estudo, o acúmulo de matéria seca pela crotalária juncea foi grande, mas há relatos na literatura de produtividades ainda maiores. Em pesquisa conduzida por Pereira et al. (2017), em Salto do Jacuí - RS, num solo de textura média e com boa fertilidade, foram observados acúmulos médios de matéria seca na parte aérea da crotalária juncea, de 22,71 t por hectare. Em avaliações realizadas na região nordeste de Minas Gerais – Sul da Bahia, em ano com volume de chuva próximo a 1.200 mm, e com boa distribuição na primavera-verão, também foram relatados altos acúmulos de matéria seca pela crotalária juncea, semeada no

início da primavera. A média de sete talhões, sendo cada talhão de aproximadamente três hectares, foi de 17,80 t de matéria seca por hectare, entretanto em dois talhões o acúmulo de matéria seca ultrapassou 20,0 t por hectare (OLIVEIRA 2021a).

As altas produções de biomassa pela crotalaria juncea são dependentes de vários fatores, havendo grande interação entre eles, mas, de modo geral, os que mais influenciam são: condições climáticas como nictoperíodo (comprimento da noite), disponibilidade hídrica, radiação solar, temperaturas diurnas e noturnas; época de semeadura (primavera ou verão), práticas culturais e fertilidade do solo (AMABILE et al., 2000; LEAL, 2006; LIMA et al., 2010; PADOVAN et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2021a).

A deficiência de fósforo e de cátions básicos, associada aos altos teores de alumínio, têm sido prejudiciais ao crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, de toda a planta (ERNANI et al., 2001; MEDA, 2003; OLIVEIRA et al., 2007).

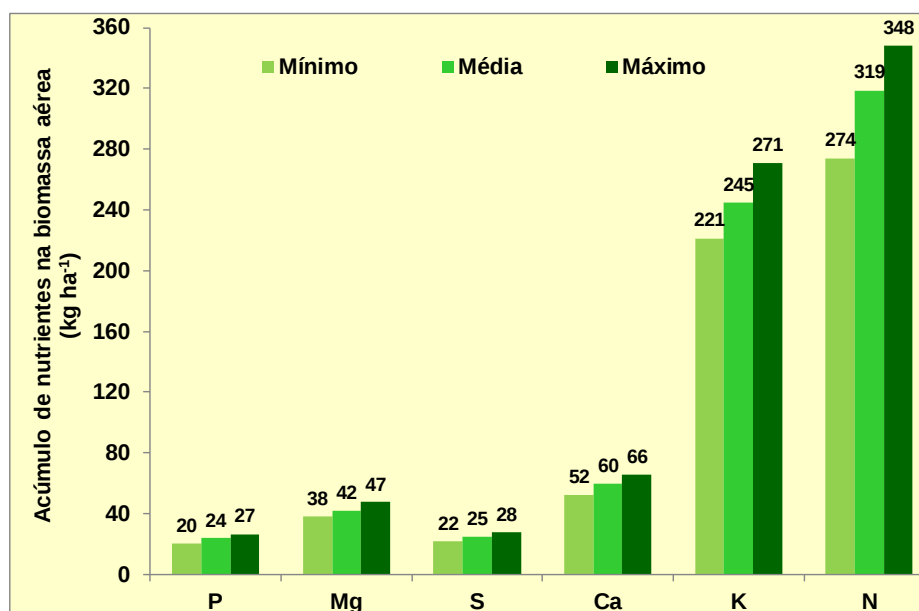
Em concentrações micromolares, monômeros e complexos do alumínio presentes na solução do solo (Al^{+3} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ e $\text{Al}(\text{OH})_2^{+}$) podem causar distúrbios na fisiologia das plantas (OLIVEIRA et al., 2021c). Vários estudos têm mostrado os efeitos maléficos do alumínio na disponibilidade de nutrientes no solo, na expansão celular (raiz e parte aérea), na cinética de absorção de nutrientes, na peroxidação dos lipídeos da membrana plasmática e das endomembranas, na translocação de nutrientes, na respiração e na fotossíntese (ERNANI et al., 2001; MEDA, 2003; OLIVEIRA et al., 2021a).

O alumínio se liga forte e rapidamente aos sítios negativos da parede celular, interferindo na capacidade de troca iônica da parede. A exposição ao íon induz a formação de calose, interfere na deposição de polissacarídeos na parede celular e aumenta sua rigidez por interação com pectinas. O Al^{3+} também interage fortemente com a membrana plasmática, alterando funções relacionadas a ela e aos potenciais elétricos. Há interferência do Al^{3+} na absorção de água e elementos essenciais à célula, como nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre. Analisando estudos de vários pesquisadores, Oliveira et al. (2021c) afirmam que a crotalaria juncea é uma planta de alto potencial produtivo, mas muito sensível ao alumínio e aos baixos teores de fósforo e de cátions básicos na solução, devendo-se corrigir a acidez do solo antes do seu cultivo, e quando possível, cultivá-la em solo de maior disponibilidade de nutrientes.

Na figura 3 estão apresentados os acúmulos de nutrientes na biomassa da parte aérea da crotalaria juncea. As maiores ciclagens de nutrientes foram de nitrogênio e de potássio, os elementos absorvidos em maiores quantidades pela cana-de-açúcar (MELO et al., 2006;

OLIVEIRA et al., 2007; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; VALADARES FILHO et al., 2008). Em média, os acúmulos de N e K foram de 319 e 245 kg por hectare, respectivamente. A amplitude de variação foi de 274 a 348 kg ha⁻¹ para o N, enquanto para o potássio o mínimo e o máximo foram de 221 a 271 kg por hectare. Para o potássio deve-se considerar que há apenas uma ciclagem no sistema solo-planta, mas como a liberação de potássio dos adubos verdes e de outros restos culturais é muito rápida (MALAVOLTA et al, 1997; PITTELKOW et al.,2012; OLIVEIRA et al., 2018a), o cultivo da crotalária juncea aumenta a disponibilidade deste nutriente nas camadas mais superficiais do solo. Quanto maior a produção de matéria seca pela crotalária juncea, maior será a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, incluindo a capacidade de retenção de água e disponibilidade de nutrientes, o que resultará em maior produtividade da cana-planta, comparativamente, por exemplo a uma área de pousio (MASCARENHAS et al., 1994; OLIVEIRA et al., 2007; REDIN et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021b).

Figura 2 – Acúmulo de nutrientes na biomassa aérea da crotalária juncea.



Fonte: Autor,2023.

Por outro lado, para o nitrogênio, a fixação biológica do N₂ do ar atmosférico é responsável por grande parte do acúmulo deste nutriente na crotalária. Oliveira et al. (2021a) citam que para as semeaduras realizadas de início de outubro a início de novembro, os acúmulos de nitrogênio na biomassa da parte aérea da crotalária juncea oscilaram em torno de 300 kg por hectare, confirmando as observações de Perin et al. (2004) e Duarte Júnior e Coelho (2008). Do total do nitrogênio acumulado na biomassa da parte aérea da crotalária, cerca de 60% a 70%

originaram-se das associações simbióticas das raízes da leguminosa com as bactérias fixadoras de N_2 do ar atmosférico, resultando em aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo- planta (AMABILE et al., 2000; PERIN et al., 2004; RIBEIRO JÚNIOR & RAMOS, 2006), dessa forma, contribuindo para maior sustentabilidade da cultura subsequente (MASCARENHAS et al, 1994; LIMA et al., 2010; BARBOSA et al., 2020). Para efeito comparativo, cita-se o sulfato de amônio, um dos fertilizantes nitrogenados mais utilizados: em 100 kg desse fertilizante tem-se 20 kg de N, assim, para se obter 220 kg de N (considerando 70% originário do N_2) haveria necessidade de utilizar-se 1.100 kg de sulfato de amônio, ou 490 kg de ureia.

O acúmulo médio de fósforo na biomassa aérea da crotalária juncea, variou de 20 a 27,0 kg ha⁻¹, com valor médio de 24 kg por hectare. Oliveira et al. (2021a) cita estudos nos quais constaram-se que o uso de leguminosas como adubos verdes e plantas de cobertura de solo, resultou em uso mais eficiente dos adubos fosfatados e do fósforo nativo do solo, devido a exsudação de compostos orgânicos, principalmente os ânions orgânicos citrato, malato, succinato e fumarato, que podem ligar-se ao alumínio, liberando o fósforo, ou diminuírem a ligação do ânion fosfato com o alumínio do solo. A ciclagem do cálcio, magnésio e enxofre, também foram altas, com valores de 52; 38 e 22 kg por hectare, próximos aos obtidos por Duarte Júnior e Coelho (2008); Oliveira et al. (2011a); Lima et al. (2012) e Barbosa et al. (2020).

4.2 – Estado nutricional da cana-de-açúcar

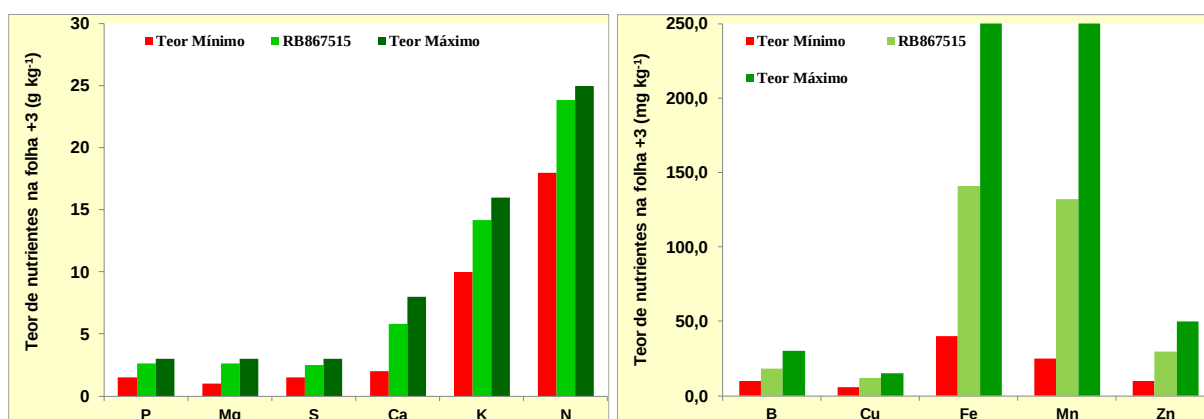
Na figura 3 estão apresentados os valores médios de concentração de macro e micronutrientes na folha +3 da cana-de-açúcar, comparativamente os utilizados como referência na avaliação do estado nutricional (MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018a). Para todos os nutrientes analisados as concentrações foliares estão dentro da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1997), Oliveira et al. (2007) e Raij (2011). Tanto para os macronutrientes quanto para os micros, os coeficientes de variação situaram-se abaixo de 10%, denotando mais uma vez pequena variabilidade na área em que foi conduzido o estudo.

A escolha de uma área de melhor fertilidade do solo, sem alumínio trocável na camada de 0 a 20 cm, e com bons teores de cátions básicos, associados alta ciclagem de nutrientes pela crotalária juncea, e posteriormente à adubação fosfatada e potássica, podem ter contribuído para esse resultado. Assim, pode-se inferir que houve bom fornecimento de elementos minerais

para a cana-de-açúcar. O desenvolvimento do sistema radicular e a absorção dos nutrientes são influenciadas por muitos fatores, mas a disponibilidade endógena de fósforo altera significativamente a cinética de absorção (RUFTY et al., 1990; OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2018a).

Na ausência de alumínio trocável e com suprimento adequado de P ocorre aumento na absorção dos nutrientes da solução do solo; há maior translocação de nutrientes das raízes para a parte aérea, aumentando a síntese de aminoácidos, proteínas e enzimas das folhas da cana-de-açúcar (RUFTY et al., 1990; OLIVEIRA et al., 2007). Oliveira et al. (2021b) citam pesquisas conduzidas no estado de Minas Gerais, nas quais verificaram-se que o aumento da dose de adubação fosfatada, aplicada no sulco de plantio, repercutiu em maiores acúmulos de N na biomassa da parte aérea da cana-planta, tendo-se observado que, para cada quilograma de P aplicado, houve aumento de cerca de um quilograma de N nessa biomassa. Esses resultados são decorrentes dos efeitos das alterações causadas no crescimento do sistema radicular, na absorção e no metabolismo do N, conforme citado por Rufty et al. (1990), Malavolta et al. (1997) e Oliveira et al. (2018a).

Figura 3 – Concentração nutrientes no terço médio da folha +3, da variedade de cana-de-açúcar RB867515, na área anteriormente cultivada com crotalária juncea, comparativamente aos valores citados na literatura nacional como mínimo e máximo.



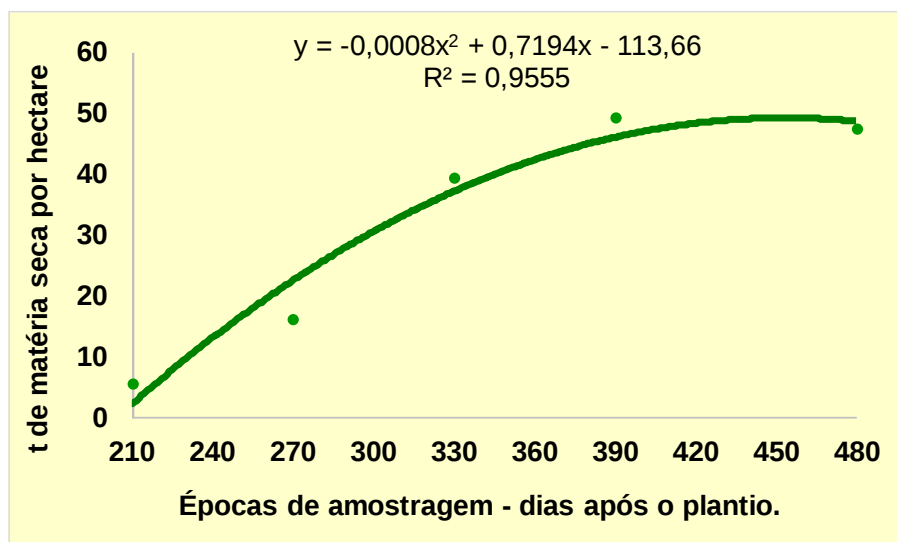
Fonte: Autor, 2023.

4.3 – Acúmulo de matéria seca, taxa de crescimento da cultura e produção de forragem pela RB867515

Na figura 4 estão apresentados os valores do acúmulo de forragem, com base na matéria seca, no período compreendido entre as amostragens. O maior valor médio de acúmulo de matéria seca pela RB867515, foi observado na amostragem realizada no final de abril do ano subsequente ao plantio: 49,19 t por hectare.

Na amostragem realizada no final de julho houve pequeno decréscimo no acúmulo de matéria seca, cerca de 2,0 t a menos que a verificada em abril.

Figura 4 – Acúmulo de forragem, com base na matéria seca, e as taxas de acúmulo forragem no período de 210 a 480 dias após o plantio da RB867515.



Fonte: Autor, 2023.

Este pequeno decréscimo no acúmulo de matéria seca foi causado principalmente por desprendimento de folhas secas do colmo da RB867515. Em abril, o período chuvoso está terminando, e há redução da radiação solar, da temperatura e do comprimento do dia. Essa redução hídrica, térmica e luminosa resulta em baixas taxas fotossintéticas, as vezes insuficiente para manter o metabolismo basal da cana-de-açúcar, havendo consumo de carboidratos solúveis, estocados nas fases anteriores de desenvolvimento. Por outro lado, essa redução hídrica, térmica e luminosa eleva a concentração de sacarose no colmo da cana-de-açúcar, mas diferentemente do que é afirmado por alguns autores, há redução da massa total de açúcares da cana-de-açúcar. Para a indústria sucroalcooleira, industrializar uma cana-de-açúcar com maior teor de sacarose é muito vantajoso, mas para a alimentação de bovinos, a maturação da cana-de-açúcar a partir de maio, quando não há mais acréscimo mensurável de matéria seca na biomassa aérea, não resulta em ganhos de qualidade bromatológica, porque para os ruminantes, não há influência de redução nos teores de glicose e frutose (açúcares redutores) e elevação na concentração de sacarose. Além disso, a grande quantidade de invertase microbiana no rúmen, degrada rapidamente a sacarose a glicose e frutose (Oliveira et al., 2021b).

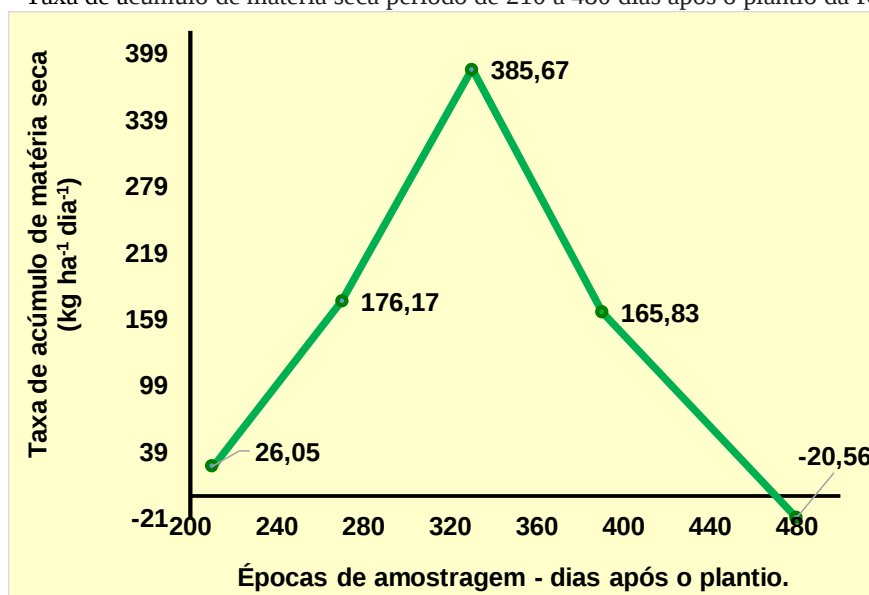
Na colheita realizada em julho do ano subsequente ao plantio, cerca de 85% da biomassa da parte aérea da RB867515 foi constituída de colmos industrializáveis, assim, produção média

de colmos industrializáveis de 134 t por hectare. A adubação verde com crotalária juncea e a adubação química fosfatada e potássica, que supriram adequadamente a cultura, conforme mostrado na avaliação do estado nutricional das plantas, associadas ao alto potencial produtivo da RB867515, resultou nesta alta produtividade de forragem, cerca de 160 t de matéria natural por hectare. Altas produtividade de forragem pela cana-de-açúcar, plantada em áreas anteriormente cultivadas com a crotalária juncea, são relatadas por Mascarenhas et al. (1994), Duarte Júnior e Coelho (2008), Oliveira et al. (2019), e Oliveira et al. (2021a), todas com produtividade de forragem acima de 150 t por hectare.

No presente estudo a equação relacionando a épocas de amostragem, em dias após o plantio, com o acúmulo de matéria seca foi: $y = -0,0008x^2 + 0,7194x - 113,66$, com R^2 de 0,9555. Santana et al. (2023) em pesquisa realizada em Vicentina, Mato Grosso do Sul, também observaram alta produtividade da variedade de cana-de-açúcar SP832847, com acúmulo médio próximo a 50 t de matéria seca por hectare. Nas avaliações do acúmulo de matéria seca, em função da época de amostragem, Santana et al. (2023) também relatam que crescimento e acúmulo de matéria seca pela SP832847, pode ser bem descrito por uma equação quadrática, à semelhança do presente estudo.

Na figura 5 estão apresentados os valores da taxa de acúmulo de forragem, com base na matéria seca, no período compreendido entre 210 e 480 dias após o plantio da RB867515. No período anterior a 210 dias, a taxa de acúmulo foi pequena porque a cana-de-açúcar ainda estava em fase de germinação, enraizamento e formação das primeiras folhas.

Figura 5 – Taxa de acúmulo de matéria seca período de 210 a 480 dias após o plantio da RB867515.



Fonte: Autor, 2023.

Associado a esses fatores, a partir de abril, houve redução hídrica, térmica e luminosa resulta em baixas taxas fotossintéticas, as vezes insuficiente para manter o metabolismo basal da cana-de-açúcar, conforme citado anteriormente. No começo da primavera, logo após as primeiras chuvas, iniciou-se o desenvolvimento da cana-de-açúcar, tendo-se obtido no período de outubro a dezembro, taxa média de 176,17 kg de matéria seca por hectare.

O maior valor médio de taxa de acúmulo de matéria seca pela RB867515, foi observado no período de dezembro a fevereiro: 385,67 kg por hectare. Neste estágio fenológico a cana-de-açúcar tinha área foliar máxima e não havia restrição térmica, hídrica ou luminosa ao desenvolvimento das plantas. Nas amostragens a seguir, houve decréscimo na taxa de acúmulo de matéria seca pela RB867515, influenciada principalmente pela restrição térmica, hídrica e luminosa. Oliveira et al. (2021b), em pesquisa com três variedades de cana-de-açúcar, também observaram redução das taxas de crescimento da cultura a partir de maio, atribuindo esse decréscimo, às restrições térmica, hídrica ou luminosa que ocorrerem na região, a partir do outono.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação verde com crotalária juncea nas áreas de implantação da RB867515 resultou em melhorias das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Os elementos mais reciclados pela crotalária juncea foram o nitrogênio e o potássio, com valores médios de 319 e 245 kg por hectare.

A RB867515 estava com teores de nutrientes na folha +3 considerados adequados. A adubação verde, e a adubação fosfatada e potássica, associadas à ausência de alumínio trocável e boa disponibilidade de cátions básicos do solo, devem ter sido as principais causas para a nutrição adequada da cana-de-açúcar.

A produtividade da RB867515 no sistema de produção adotado foi alta, com acúmulo de forragem ultrapassando 160 t de matéria natural por hectare, cerca de 50 t de matéria seca por hectare. A implementação do sistema de produção adotado no presente estudo resultará em uso mais eficiente da terra, do capital e do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p. 47-54, 2000.
- BARBOSA et al. Dry matter production and nitrogen, phosphorus and potassium uptake in *Crotalaria juncea* and *Crotalaria spectabilis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.50, e61011, 2020
- BORGES, et al. O uso da cana-de-açúcar com ureia na alimentação de bovinos. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**. v.80., p.39-54. 2016.
- CHADA S.S, DE-POLLI, H. Nodulação de leguminosas tropicais promissoras para a adubação verde em solo deficiente em fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, p.1197-1202. 1988.
- DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.67, p. 723-732, 2008.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, m casa de vegetação. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p.897-904, 2001.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.
- LEAL, M. A. A. **Produção eficiência agrônômica de compostos obtidos com a palhada de gramíneas e leguminosas para o cultivo de hortaliças orgânicas**. Tese – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2006. 113 p.
- LIMA, J. D. et al. Arranjo espacial, densidade e época de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n. 4, p. 531-540. 2010.
- LIMA, J. D. et al. Produção de biomassa e composição química de adubos verdes cultivados no vale do Ribeira. **Bioscience Journal**, v.28, n. 5, p. 709-717, 2012.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 211p.
- MASCARENHAS, H. A. A. et al. Efeito residual de leguminosa sobre rendimento físico e econômico da cana-planta, **Instituto Agrônomo de Campinas**. Boletim Técnico n.32. Campinas, 1994. 15 p.
- MEDA, A. R. **Tolerância à toxidez do alumínio por leguminosas tropicais utilizadas em adubação verde**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2003. 109 p.
- MELLO, S. Q. S. et al. Parâmetros do valor nutritivo de nove variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.7, n.4, p.373-380, 2006.
- NUSSIO, L.G. et al. Cana-de-açúcar para a produção intensiva de leite a pasto. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**. v.57., p. 40-66. 2008.

OLIVEIRA, M. W.; FREIRE, F. M.; MACÊDO, G. A. R.; FERREIRA, J. J. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 30-43, 2007.

OLIVEIRA, M.W. et al. Taxa de crescimento, acúmulo de nutrientes e atividade alelopática da crotalaria juncea. In: **III Simpósio Brasileiro de Agricultura Sustentável. 2011**. Viçosa. Anais do... III Simpósio Brasileiro de Agricultura Sustentável. 2011a. CD ROM.

OLIVEIRA, M.W. et al. Acúmulo de matéria seca de nitrogênio por crotalaria juncea, crotalaria spectabilis e feijão de porco, inoculados com rhizobium. In: **XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia. 2011**. Maceió. Anais do... XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia. 2011b. CD ROM.

OLIVEIRA M.W. et al. Mineral nutrition and fertilization of sugarcane. In: **Sugarcane – Technology and Research. 1ed.** Londres: INTECH - Open Science, 2018. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/sugarcane-technology-and-research/mineral-nutrition-and-fertilization-of-sugarcane>. 2018a.

OLIVEIRA, M.W. et al. Variabilidade da fertilidade do solo, do estado nutricional da produtividade em canavial manejado homogeneamente e visualmente uniforme. In: **Agronomia: Elo da cadeia produtiva**, v.2. p.293-309. 2018b.

OLIVEIRA, M. W. et al. Sugarcane Production Systems in Small Rural Properties. In: **Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture 1ed.** Londres: INTECH - Open Science, 2019. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/multifunctionality-and-impacts-of-organic-and-conventional-agriculture/sugarcane-production-systems-in-small-rural-properties>

OLIVEIRA M. W. et al. Adubação verde com crotalaria juncea em áreas de implantação ou reforma de canaviais, em pequenas propriedades rurais. In: **Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**. v.2, 2021a. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/201102246.pdf>.

OLIVEIRA, M.W. et al. **Produção de cana-de-açúcar para a alimentação de bovinos. Alimentos e alimentação animal**. Guarujá – SP, Editora Científica Digital, cap.6, p. 82-114, 2021b.

OLIVEIRA, M. W. et al. Fertilidade do solo e acúmulo de nutrientes na crotalaria juncea. **VI Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER**. Recife – PE. Anais do VI Congresso. 2021c.

OLIVEIRA, M. W. et al. Dry matter and nutrient cycling by soil cover plants in an intensive corn silage production system. **Research, Society and Development**, v.11, p. 1-15, 2022.

PADOVAN, M.P. et al. Dinâmica do acúmulo de massa e de nutrientes pela Crotalaria juncea para fins de adubação verde e o estágio adequado para seu manejo. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, n.4. p. 1-12., 2014.

PEREIRA, A. J. Caracterização agrônômica de espécies de Crotalaria L. em diferentes condições climáticas e contribuição da adubação verde com C. juncea no cultivo orgânico de brássicas em sistema de plantio direto. Tese. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007. 72 p.

PEREIRA, A. P. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p.799 - 807, 2017.

- PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.39, p. 35-40, 2004.
- PITTELKOW, F. K. et al. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Agrarian**, v.5, n.17, p.212 -222, 2012.
- 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.
- REDIN, M. et al. Plantas de cobertura de solo e a agricultura sustentável: espécies, matéria orgânica e ciclagem de carbono e nitrogênio. p 7-22. In TIECHER, T. et al. Org. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. 2016.
- RIBEIRO JÚNIOR, W. Q, RAMOS M.L.G. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. IN: **Cerrado: Adubação verde**. CARVALHO, A. M; AMABILE, R., EMBRAPA Cerrados, p. 171-209, 2006.
- RUFTY, T. W. et al. Phosphorus Stress Effects on Assimilation of Nitrate. **Plant Physiol.**, 1990, 94: 328-333. SANTANA, R.S. et al. Dry matter accumulation and micronutrient uptake in sugarcane varieties. **Journal of Plant Nutrition**. doi.org/10.1080/01904167.2023.2205519. 2023.
- SANTOS, V. S.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Influência dos elementos meteorológicos na produção de adubos verdes, em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p. 91-98. 2003.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV. 2006. p.235.
- SILVA, E.A. et al. Utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, v.28, n.239, p.101-119, 2007.
- SILVA, G. J. B. **Estado nutricional, produção de forragem e de colmos industrializáveis pela RB867515 em área de adubação verde ou pousio**. Trabalho de Conclusão de Curso. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Universidade Federal de Alagoas. 2023. 24p.
- TEODORO, R. B. et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do Alto do Vale do Jequitinhonha. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p.635-643, 2011.
- VALADARES FILHO, S. C. et al. **Otimização de dietas à base de cana-de-açúcar**. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, 6. Anais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p.121-182.
- WUTKE, E. B. et al. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura, e recomendação para uso. In: **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil. Fundamentos e prática**. v.1, 2 edição, p. 59-200, 2023.