

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE ZOOTECNIA

ERYKA DA CONCEIÇÃO DE OLIVEIRA

**EFEITO DO SILÍCIO SOBRE A DEGRADABILIDADE DA
MATÉRIA SECA E DA FRAÇÃO NÃO DEGRADADA DA FIBRA NOS
COMPONENTES DE DUAS VARIEDADES DA CANA-DE-AÇÚCAR**

CHAPADINHA, MA

2023

ERYKA DA CONCEIÇÃO DE OLIVEIRA

**EFEITO DO SILÍCIO SOBRE A DEGRADABILIDADE DA
MATÉRIA SECA E DA FRAÇÃO NÃO DEGRADADA DA FIBRA NOS
COMPONENTES DE DUAS VARIEDADES DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho apresentado ao Curso de
Zootecnia da Universidade
Federal do Maranhão como
requisito para obtenção do título
de zootecnista.

Orientador: Prof. Dr. Zinaldo Firmino da Silva

Coorientador: MSc. Paulo Junio Silva Damasceno

CHAPADINHA-MA

2023

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

DA CONCEIÇÃO DE OLVEIRA, ERYKA.

EFEITO DO SILÍCIO SOBRE A DEGRADABILIDADE DA MATÉRIA SECA E DA FRAÇÃO NÃO DEGRADADA DA FIBRA NOS COMPONENTES DE DUAS VARIEDADES DA CANA-DE-AÇÚCAR / ERYKA DA CONCEIÇÃO DE OLVEIRA. - 2023.

39 p.

Coorientador(a): PAULO JUNIOR SILVA DAMASCENO.

Orientador(a): ZINALDO FIRMINO DA SILVA.

Monografia (Graduação) - Curso de Zootecnia,
Universidade Federal do Maranhão, UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, 2023.

1. ADUBAÇÃO. 2. FORRAGEM. 3. SÍLICA. 4. VALOR NUTRITIVO. I. FIRMINO DA SILVA, ZINALDO. II. SILVA DAMASCENO, PAULO JUNIOR. III. Título.

ERYKA DA CONCEIÇÃO DE OLIVEIRA

**EFEITO DO SILÍCIO SOBRE A DEGRADABILIDADE DA
MATÉRIA SECA E DA FRAÇÃO NÃO DEGRADADA DA FIBRA NOS
COMPONENTES DE DUAS VARIEDADES DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho apresentado ao Curso de
Zootecnia da Universidade
Federal do Maranhão como
requisito para obtenção do título
de zootecnista.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Zinaldo Firmino da Silva (Orientador)

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

MSc. Paulo Junio Silva Damasceno

(Coorientador)

Prof. Dr. Danillo Marte Pereira

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

MSc. Jéssica Antonia Cardoso Mendes

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

CHAPADINHA-MA

2023

Dedico aos meus pais, Evaldo e Alzenira, e aos meus irmãos Agna e Lucas, pelo apoio, carinho e amor fundamentais na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por todas as bênçãos, conquistas permitidas e vitórias proporcionadas ao longo dessa trajetória.

Aos meus pais Evaldo e Alzenira, por todo apoio e incentivo, no qual me fortaleceram e fizeram com que eu pudesse conquistar muitas metas. A minha família, em especial minha irmã Agna, que sempre depositou confiança e acreditou que tudo seria possível.

Ao professor Dr. Zinaldo Firmino, expresse minha profunda gratidão por toda orientação, apoio e conhecimento repassado ao longo desses anos. Agradeço pela oportunidade de poder trabalhar e contribuir ao Grupo de Pesquisa GADLEITE, no qual foram essenciais para minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

Ao MSc. Paulo Junio por toda ajuda com as análises laboratoriais e também com resultados avaliados neste trabalho, no qual foram essenciais. Ao professor Dr. Marcos Bomfim e ao grupo de pesquisa LANUMA pelo apoio durante a realização das análises no laboratório.

Agradeço a Kelly que esteve sempre presente durante todo esse período de preparação, nas análises e demais trabalhos. Ao meu amigo Ginaldo Junior por todo apoio prestado durante esses anos. Ao grupo e membros do GADLEITE, que contribuíram e me ajudaram de alguma forma, especialmente a Rúbia Ervin, Lis Lanne, Ângela Maria, José Henrique, Thiago Santos e Anailson.

Aos amigos no qual pude ter o privilégio de conhecer nessa trajetória de cinco anos, me apoiando nos momentos difíceis e também nos momentos felizes, em especial as minhas amigas Gabrielle e Vanilsa que estiveram presentes comigo nesses últimos meses compartilhando desde o riso no café da manhã ao choro no final do dia, vocês foram essenciais para que eu não desistisse e pudesse ter mais uma conquista.

A todos que estiveram comigo, muito obrigada!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

RESUMO

Objetivou-se avaliar os teores de matéria seca (MS) e de fibra em detergente neutro (FDN), a DEG *in situ* em 24h da MS e a fibra não degradável (uFDN) em 288h dos componentes de duas variedades de cana-de-açúcar, cultivadas com e sem adubação foliar de silício. Foram utilizadas duas variedades de cana-de-açúcar (RB962962 e RB867515), multiplicadas utilizando o sistema de Mudas Pré-Brotadas. Para a adubação foliar com silício (AFSi), a fonte de Si utilizada foi uma solução de aminoácidos e silicato de sódio (Na_2SiO_3). A colheita da planta ocorreu aos 16 meses e seus componentes separados em colmo integral (CI), colmo descascado (CD) e casca (CS). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2x3, sendo duas variedades de cana-de-açúcar (RB962962 e RB867515) e três componentes da planta (CI, CD e CS). Na variável FDN_{mo} ao analisar os componentes da RB867515, a CS apresentou um teor médio de 55% maior (27 p.p) em comparação com o componente CI. O componente CI obteve valor maior que CD com teor de 35% (12 p.p). A adubação foliar com silício não afetou a DEG MS 24h dos componentes da RB867515. A DEG MS 24h do CD (76%) foi maior que a do CI, que por sua vez teve valor maior que a CS com 56%. Houve efeito de componente com relação a FDN_{mo} na variedade RB962962. O componente CS apresenta maior valor para FDN_{mo} e uma redução da DEG MS 24h de incubação ruminal, em ambas as variedades onde sua remoção aumenta o valor nutritivo das variedades.

Palavras-chaves: adubação, forragem, sílica, valor nutritivo.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) contents, the in situ DEG in 24h of DM and the non-degradable fiber (uFDN) in 288h of the components of two varieties of sugarcane, grown with and without foliar silicon fertilization. Two varieties of sugar cane were used (RB962962 and RB867515), multiplied using the Pre-Broken Seedling system. For foliar fertilization with silicon (AFSi), the source of Si used was a solution of amino acids and sodium silicate (Na₂SiO₃). The plant was harvested at 16 months and its components separated into whole stalk (IC), husked stalk (CD) and husk (CS). The design used was randomized blocks in a 2x3 factorial scheme, with two sugarcane varieties (RB962962 and RB867515) and three plant components (IC, CD and CS). When analyzing the RB867515 components, the CS component had an average content 55% higher (27 p.p) than the CI component. The CI component had a higher value than CD with a content of 35% (12 p.p). Foliar fertilization with silicon did not affect the 24h DEG MS of the RB867515 components. The 24h DM DEG of CD (76%) was higher than that of CI, which in turn had a higher value than CS with 56%. There was a component effect in relation to MDF in the RB962962 variety. The CS component showed a higher value for DMfD and a reduction in the 24h DM DEG of rumen incubation in both varieties, where its removal increased the nutritional value of the varieties.

Keywords: fertilization, forage, Silica, nutritional value

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Correlação entre DEG MS, DEG FDN (%MS) em 24 horas e em uFDN em 288 horas de incubação ruminal <i>in situ</i>.	22
---	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análise química do solo da área experimental	24
---	-----------

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Degradabilidade da matéria seca (DEG MS, % da MS) e da fibra em detergente neutro (DEG FDN, % da FDN) dos componentes da planta de sete variedades de cana-de-açúcar de primeiro ciclo cultivadas em regime de irrigação 19**
- Tabela 2: Composição bromatológica entre variedade e adubação dentro dos componentes da cana-de-açúcar de primeiro ciclo, com e sem adubação foliar de Si e colhida com 16 meses..... 28**
- Tabela 3. Composição bromatológica e valor nutritivo de componentes da planta da variedade RB867515 de primeiro ciclo, com e sem adubação foliar de Si e colhida com 16 meses. 29**
- Tabela 4. Composição bromatológica e valor nutritivo de componentes da planta da variedade RB962962 de primeiro ciclo, com e sem adubação foliar de Si e colhida com 16 meses. 31**

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CD - Colmo descascado

CI - Colmo inteiro

CMS - Consumo de matéria seca

CNF - Carboidratos não-fibrosos

CS - Casca

DEG FDN - Degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro

DEG FDN_{mo} - Degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro na matéria orgânica

DEG MS - Degradabilidade ruminal da matéria seca

EPM - Erro padrão da média

FDA - fibra em detergente ácido

FDN - fibra em detergente neutro

MO - Matéria orgânica

MS - Matéria seca

RES MS - Resíduo da matéria seca

Si - Sílicio

uFDN_{mo} - Fibra em detergente neutro na matéria orgânica não degradada em 288 h no rúmen

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVO	17
	2.1 Objetivo geral:.....	17
	2.2 Objetivo específico:.....	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
	3.1 Valor nutritivo da cana-de-açúcar	18
	3.2 Qualidade da fibra da cana-de-açúcar para ruminantes.....	20
	3.3 Sílica e a digestibilidade de forragens	22
4	METODOLOGIA	24
	4.1 Preparo da área experimental	24
	4.2 Implementação do canavial e tratos culturais.....	24
	4.3 Adubação foliar com silício	25
	4.4 Procedimentos bromatológicos	25
	4.5 Degradabilidade ruminal <i>in situ</i> e fibra não degradada no rúmen (uFDN)	26
	4.6 Procedimentos estatísticos.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6	CONCLUSÃO	33
7	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A utilização da cana-de-açúcar se deve ao fácil cultivo e a grande produção de massa verde, onde, seu alto rendimento e valor nutritivo adequado na maturidade, podem ser utilizados para o sistema de produção de animais ruminantes (BERNARDES et al, 2018).

A cana-de-açúcar apresenta em sua maior parte a sacarose, tendo uma alta digestibilidade de MO (material orgânico), diluindo o efeito negativo da digestibilidade de sua fração fibrosa. A fibra da cana-de-açúcar tem um efeito importante sobre o consumo de matéria seca (CMS), onde quanto menor a digestibilidade da fibra da forragem, maior será a retenção no rúmen, diminuindo a taxa de consumo e assim afetando o desempenho do animal (OLIVEIRA et al., 2011). Nesse contexto, existe um limite de fibra em detergente neutro (FDN), uma capacidade de enchimento, onde o aumento do CMS depende da digestibilidade da fibra da forragem (ALHADAS, 2018).

Trabalhos recentes (DAMASCENO et al, 2018) buscaram avaliar diferentes componentes da cana, no qual os resultados sugeriram variabilidade na degradabilidade ruminal da matéria seca (DEG MS) e da FDN, entre variedades de cana entre os componentes da planta. Damasceno (2019) evidenciou que os componentes da cana-de-açúcar apresentam variações quanto ao teor de FDN e que a composição fibrosa destes componentes é importante.

A fração indigestível pode ser estimada pela determinação do resíduo da fibra após incubação *in situ* por um período de 288 horas no rúmen, conhecida por uFDN (“u” do inglês “undegraded”, não degradável) (HUHTANEN et al., 2006), no qual afeta a ingestão, a digestibilidade, a passagem e a função ruminal (MERTENS, 2015). A DEG FDN e a uFDN constituem parâmetros que orientam a escolha de forragens utilizadas na formulação de dietas, que visam causar menor limitação à ingestão de alimentos e ao desempenho animal.

Uma das características bromatológicas da cana-de-açúcar que limita negativamente sua ingestão, são constituintes da fibra como a lignina e a sílica. Contudo, ao se tratar da DEG FDN, a sílica pode representar maior limitação para a FDN de rápida degradação quando comparado com a lignina (DAMASCENO, 2019).

Apesar dos efeitos negativos de determinados componentes presente na cana-de-açúcar como o silício, que causa uma redução na degradação da fração fibrosa, o mesmo pode

ser um fator atenuante de alterações fisiológicas causado pelo estresse hídrico fazendo com que ocorra um crescimento da planta (MATIOLI, 2022; OLIVEIRA FILHO, 2021).

Com isso, avaliar a degradabilidade da MS e da FDN da cana-de-açúcar em seus componentes, com e sem a utilização da adubação Si, pode ajudar no desenvolvimento de estratégias para a alimentação de animais ruminantes com vista ao melhor desempenho.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral:

Avaliar o valor da fibra não degradável (uFDN) dos componentes da planta de duas variedades de cana-de-açúcar cultivadas com e sem adubação foliar de silício:

2.2 Objetivo específico:

A partir de duas variedades de cana (RB962962 e RB867515) e de três componentes colmo inteiro (CI), colmo descascado (CD) e casca (CS), avaliar:

- Os teores de MS e FDN_{mo};
- A DEG *in situ* em 24h da MS e a uFDN_{mo} 288h;
- Relação da sílica com as DEG MS e da FDN.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Valor nutritivo da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar apresenta dois componentes em maior proporção, sendo os açúcares (sacarose e a FDN). Freus e Da Silva (2022) evidenciam que, nutricionalmente, a cana pode ser caracterizada como uma forrageira rica em energia, na forma de sacarose, mas que acaba sendo pobre em outros compostos, como os nitrogenados, minerais e extrato etéreo.

Cerca de 90% de MS da cana-de-açúcar é composta por carboidratos, no qual a relação entre carboidratos fibrosos e não-fibrosos, determina a qualidade nutritiva da mesma. Teixeira et al. (2014) mostraram que a cana-de-açúcar com alta digestibilidade apresenta colmos mais curtos. Ao mesmo tempo que busca por ganhos em digestibilidade sobre o comprimento dos colmos pode induzir em uma perda de produtividade, o que seria ineficaz para o potencial da cana-de-açúcar

O valor nutritivo da cana está diretamente relacionado com o teor de açúcar, sendo 40% a 50% de açúcares na MS. Devido aos altos valores encontrados de carboidratos solúveis, a cana acaba sendo classificada como um volumoso de média qualidade (MIRANDA et al., 2015) (valor médio de 58,9% de nutrientes digestíveis totais – NDT), mas com baixos teores de proteína bruta (PB) (valor médio de 3,8%) e fósforo (valor médio de 0,06%) (CERQUEIRA, 2015).

Dentro de vários contextos, a cana-de-açúcar é uma gramínea que em comparação a outras forrageiras, tem melhor desempenho com o avanço de maturidade, isso devido à um aumento significativo no seu conteúdo celular e teor de sacarose, que reduz a fração de parede celular e aumenta sua digestibilidade, desde que colhida e manejada de maneira correta (CARVALHO et al, 2010).

Trabalhos realizados em Chapadinha-MA, evidenciam tais características, sendo que, para cultivo em sequeiro, com cana colhida aos 17 meses foi possível obter média de DEG de MS (% MS) entre os genótipos avaliados de 61,6 pontos percentuais, enquanto para cana-de-açúcar cultivada com irrigação colhida aos 12 meses a média de DEG de MS (% MS) foi de 46,12 pontos percentuais (LIMA, 2020; LEITE, 2018).

Existem componentes na cana-de-açúcar que estão associados à resistência da planta, como a de sustentação. Nesse sentido, trabalhos como o de Damasceno et al.

(2018) buscaram avaliar esses diferentes componentes, no qual os resultados sugeriram variabilidade na DEG MS e da FDN (Quadro 1), entre variedades de cana e também dos componentes avaliados.

Tabela 1: Degradabilidade da matéria seca (DEG MS, % da MS) e da fibra em detergente neutro (DEG FDN, % da FDN) dos componentes da planta de sete variedades de cana-de-açúcar de primeiro ciclo cultivadas em regime de irrigação

Variável	Componentes	Média
DEG MS	Colmo descascado	69,9 a
	Colmo integral	54,5 b
	Ponteira	33,3 c
	Casca	29,7 d
DEG FDN	Colmo descascado	16,6 a
	Colmo integral	6,5 c
	Ponteira	13,2 b
	Casca	3,1 d

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey 5% ($P < 0,05$)

É possível observar na tabela que existe uma variação quanto a estrutura dos componentes avaliados, tanto para a DEG MS quanto para DEG FDN, onde componente casca (CS) se destaca por apresentar a menor degradabilidade entre os demais. Esse comportamento poderia estar associado a uma maior presença de lignina, sendo que a remoção do mesmo resulta em um aumento no valor nutritivo e consequentemente no desempenho do animal.

3.2 Qualidade da fibra da cana-de-açúcar para ruminantes

O melhoramento genético da cana-de-açúcar está mais direcionado para o mercado industrial, onde seu valor nutricional para alimentação de ruminantes vem sendo pouco explorado. Na cana-de-açúcar, a utilização dos açúcares e da fibra pelos ruminantes, se dá através da rápida fermentação dos açúcares no rúmen e seu aproveitamento, mas que a FDN em sua composição é lentamente degradado e se acumula no rúmen, de forma a reduzir o consumo pelo animal (SANTOS *et al.*, 2017).

A inclusão da cana na dieta de animais ruminantes é viabilizada devido à alta digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos (CNF) sendo superior a 90%, quando comparado a baixa digestibilidade de FDN (CARVALHO, 2014). Além desse fator, Ibanez *et al.* (2010) concluíram em seu trabalho que o crescimento microbiano a partir da cana-de-açúcar é limitado pelas frações fibrosas (somente bactérias aderentes à fibra são capazes de degradar a celulose) possivelmente pelo grau de lignificação das paredes celulares, e que essa relação está associada à presença de açúcares solúveis. Oliveira *et al.* (2011), concluíram que a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho animal vai depender da fonte utilizada na alimentação, no qual, refletem as diferenças químicas e físicas entre os componentes.

A escolha da variedade utilizada influencia diretamente no valor nutritivo e na produtividade da mesma, podendo ocorrer oscilações quanto à digestibilidade da fibra e na qualidade. A variedade RB867515 é a variedade mais plantada no Brasil. A mesma é resultado de um policruzamento, tendo como progenitora a RB722454. Apresenta como característica morfológica hábito de crescimento ereto e despalha fácil, sendo que o perfilhamento é médio, assim como diâmetro do colmo (DAROS *et al.*, 2015).

Ao se tratar da variedade RB962962, a mesma apresenta como característica, o hábito de crescimento ereto, desenvolvimento rápido e bom fechamento de entrelinhas, com perfilhamento médio. Apresenta alto teor de sacarose e alta produtividade agrícola, sendo tolerante ao estresse hídrico.

Lima (2020) ao avaliar a DEG MS em 24 horas no rúmen da planta inteira de sete variedades de cana-de-açúcar, encontrou diferença entre as variedades avaliadas, sendo que a RB92579 obteve resultado superior (65%). No mesmo trabalho, considerando o resíduo da matéria seca não degradado após 72 hora de incubação (RES

MS 72h), o componente colmo integral (CI) obteve maior aproveitamento quando comparado à planta inteira. Tal fato pode ser justificado devido aos menores teores de lignina e fibra em detergente ácido (FDA) no colmo, que estão ligados à baixa degradação. A mesma variedade em relação ao RES MS 72 horas em outro trabalho apresentou menores valores quando avaliada a outras variedades, implicando em resultados satisfatórios (LEITE, 2018).

Ao se tratar de escolha de variedade para alimentação de bovinos, a RB867515, vem se destacando e sendo recomendada para inclusão na dieta dos animais. De acordo com Oliveira et al. (2020), a RB867515 ao ser avaliada com mais duas variedades, apresentou menor teor de FDN e FDA. Além de atingir um alto potencial produtivo, a cultivar também se destaca por ter um teor de fibra na forragem menor.

3.3 Sílica e a digestibilidade de forragens

Nos vegetais o silício (Si) atua como um elemento químico que desencadeia para algumas plantas proteção contra-ataques de pragas, doenças, déficit hídrico, além de outras condições como um aumento na produção, sendo mais evidente em plantas monocotiledôneas a exemplo da cana-de-açúcar. O Si acumula-se nos tecidos de todas as plantas, representando entre 0,1% e 10% da MS (CARVALHO, 2014).

A estratégia de fornecimento do Si na cana-de-açúcar pode ampliar seu resultado, isso devido o mecanismo de absorção que pode trazer alterações que interferem nas respostas fisiológicas da planta. Trabalhos recentes sobre a aplicação do Si, seja via fertirrigação, radicular e ou foliar em Mudas Pré-Brotadas (MPB) de cana-de-açúcar, obtiveram resultados satisfatórios em atenuar estresse hídrico e de potencializar os benefícios do Si após transplântio (SILVA et al., 2023; TEIXEIRA et al., 2022).

Teixeira et al. (2020), em trabalho sobre a produção de MPB pulverizadas via foliar revelaram que o fornecimento do Si diminuiu as concentrações de C. Também evidenciaram que as concentrações de N e P foram modificadas de acordo com a forma de fornecimento e o nível de déficit hídrico, fazendo com que ocorresse um aumento na eficiência no uso de N e P, no qual esse desempenho nutricional ajudou em parâmetros fisiológicos e aumentou na produção de MS.

Camargo e Keeping (2021) ressaltaram em seu trabalho que ao invés das demais espécies vegetais, a cana-de-açúcar é uma planta acumuladora de Si e que apesar de poucas informações acerca do tema, a relação de absorção e quantidade de Si, varia em função de fatores como a textura do solo, taxa de Si aplicadas e idade da planta.

Damasceno (2019) evidencia que a DEG FDN é mais afetada por sílica que a lignina, mostrando que em componentes, o colmo da cana-de-açúcar apresenta maior resistência à degradação ruminal e que o indicado para melhor resultado dessa fração é o descascamento. Nesse contexto, Damasceno et al. (2019) obtiveram resultados que evidenciam que a sílica e lignina são fatores responsáveis por elevar a uFDN (Quadro 2).

Quadro 1. Correlação entre DEG MS, DEG FDN (%MS) em 24 horas e em uFDN em 288 horas de incubação ruminal *in situ*.

Variáveis independentes %	Variáveis dependentes %		
	DEG MS	DEG FDN	FDNu
Lignina	-0,92***	-0,24	0,36*

Cinzas Insolúveis	-0,76***	-0,39*	0,39*
CV (%)	11,0	36,0	12,0

*P<0,05; ***P<0,001.

Em um trabalho de dissertação de mestrado (DAMASCENO, 2023) realizado em Chapadinha sobre as características agronômicas e valor nutritivo de duas variedades de cana-de-açúcar adubadas com Si, foi possível obter resultados através da adubação foliar com Si (AFSi). Houve efeito positivo na variável comprimento da planta e do colmo para a variedade RB962962, caracterizando assim um aumento no número de entrenós da planta, o que não foi observado na variedade RB867515. Todavia, a variedade RB867515 obteve colmos mais pesados. Nas plantas, a AFSi aumentou em 22% o teor de Si, obtendo mudanças estruturais na variedade RB962962 sendo mais responsiva, onde o mecanismo fisiológico foi possível mesmo sem a ocorrência de estresse hídrico.

O número de trabalhos realizados e que apresentam alguma interação química entre o Si e seus constituintes são restritos ao se tratar da digestão da parede celular. Dessa forma, avaliar o efeito do Si sobre a uFDN em variedades da cana-de-açúcar adubadas com silício pode direcionar estratégias que melhorem o aproveitamento e desempenho de ruminantes, em especial na alimentação de vacas leiteiras.

4 METODOLOGIA

4.1 Preparo da área experimental

O estudo foi desenvolvido na Unidade de Pesquisa em Nutrição de Gado de Leite - UPNGL, pertencente ao Centro de Ciências de Chapadinha na Universidade Federal do Maranhão, localizado no município de Chapadinha, mesorregião Leste do estado. As chuvas se concentram nos meses de dezembro a junho. A precipitação pluviométrica média dos últimos três anos foi de 1.947 mm e a temperatura média anual é de 28,7° C, com máxima de 37° C e mínima de 23° C (INMET, 2022).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo

Prof.	pH	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC
cm			cmol _c .dm ⁻³					
0-20	4,1	0,1	0,4	0,3	0,4	3	0,8	4
20-40	3,9	0,04	0,3	0,2	0,6	3	0,5	3

Prof.	V	m	Ca	Mg	K	M.O	P
cm			%			g.kg ⁻¹	mgdm ⁻³
0-20	20	35	11	7	2	15	3
20-40	14	57	7	5	1	11	2

distrófico (SANTOS et al., 2018). A correção do solo da área experimental foi realizada seguindo a seguinte análise química do solo (Figura 1)

Figura 1. Análise química do solo da área experimental

Com base na análise química do solo, foi realizado a gradagem que ocorreu em julho de 2019, seguida de arado de disco e grade niveladora para incorporar o calcário. Foram aplicadas 2.000 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT 90, cuja necessidade foi determinada pelo método da elevação da saturação de bases (RIBEIRO et al., 1999).

4.2 Implementação do canavial e tratos culturais

Foram utilizadas duas variedades de cana-de-açúcar neste experimento: RB962962 e RB867515. Foi utilizado o sistema de Mudas Pré-Brotadas (MPB) para a implementação do canavial.

No processo de multiplicação da cana-de-açúcar por MPB, foram removidos pedaços de colmos maduros (rebolos) contendo gemas vivas e não danificadas, com cerca de 3 cm. Cada rebolo foi inserido a 3,5 cm de profundidade em uma mistura homogênea de 50% de solo (Latosolo Amarelo distrófico – Lad, retirado da profundidade de 0-20 cm) e 50% de esterco bovino curtido, contido em sacos de polietileno com dimensões de 12 x 20 cm e submetidos a regas diárias. Após o plantio, as mudas tiveram suas folhas podadas aos 30 dias após o plantio (DAP) com o intuito de ocorrer um maior desenvolvimento do sistema radicular.

Na adubação de transplântio foram utilizados 366 kg.ha⁻¹ de superfosfato triplo (150 kg.ha⁻¹ de P205). Trinta dias após o transplântio (DAT), foi realizada a adubação de cobertura com 276 kg. ha⁻¹ de cloreto de potássio (160 kg de K₂O) e 91 kg.ha⁻¹ de ureia (40 kg.ha⁻¹ de N) a fim de atender os requerimentos nutricionais para uma produtividade superior a 120 t.ha⁻¹ (RIBEIRO et al., 1999).

4.3 Adubação foliar com silício

A adubação foliar com silício (AFSi), foi realizada com auxílio de um pulverizador costal em uma das duas parcelas de cada variedade em cada bloco quando as plantas estavam com 60 dias de transplantadas. A fonte de Si utilizada foi uma solução de aminoácidos e silicato de sódio (Na₂SiO₃), com 4,6% de silício total e 3,7% de silício solúvel em água. A diluição final em água destilada para 170 L.ha⁻¹ continha 29,41 mL.L⁻¹ da solução com silicato de sódio. A aplicação foi realizada entre as 06:30 e 08:00 da manhã.

4.4 Procedimentos bromatológicos

Foram coletadas amostras da planta inteira da cana, com 16 meses e seus componentes separados em colmo integral, colmo descascado e casca. O conjunto de um mesmo componente das variedades de cana foram triturados e misturados individualmente em picadora de forragem estacionária para gerar uma amostra composta.

As amostras posteriormente foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada de ar, a 55°C por 72 horas e processadas em moinho tipo Willey, com peneira com crivo de 1,0 mm para determinação da composição bromatológica, e em 5,0 mm para ensaio de degradabilidade *in situ*. Em cada um dos tratamentos foi determinada a MS (método INCT-CA G-003/1) e a FDN (método INCT-CA F-002/1), em conformidade aos

métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA; DETMANN et al., 2012). A FDN das amostras *in natura* e do resíduo da incubação foi corrigida para a MO, obtendo assim a FDN na matéria orgânica (FDN_{mo}).

4.5 Degradabilidade ruminal *in situ* e fibra não degradada no rúmen (uFDN)

Foram utilizadas três vacas da raça Girolando canuladas no rúmen, variando de 7/8 e 15/16 de proporção holandês com e peso vivo de 550 a 600 kg. A utilização dos animais para o trabalho foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), com número do processo 23115.006557;2021-86 (Anexo 1).

Antes do período experimental, os animais passaram por um período de adaptação de 15 dias antes das incubações no rúmen. Quando foram alimentados *ad libitum* com cana *in natura* e silagem de cana para as incubações de amostras do ensaio de armazenamento em montes e da silagem, respectivamente. A alimentação foi fornecida duas vezes por dia, sendo às 7:00h e às 16:00h, com dieta completa contendo colmo integral de cana-de-açúcar (60 %), milho moído (20 %) e farelo de soja (15 %) e minerais (5 %), por quinze dias antes do ensaio, para adaptação da microbiota ruminal a cana-de-açúcar.

As amostras de matéria pré-seca dos componentes destinadas a incubação foram inseridas em sacos de tecido não tecido (TNT) de gramatura 100 (100 g/m²), com dimensões de 17 x 9 cm, contendo cerca de 5 g/saco, de modo a manter a relação próxima a 20 mg de MS/cm² (NOCEK, 1998). Os sacos foram incubados no ambiente ruminal dentro de uma sacola de 100% poliéster, acompanhados de pesos de chumbo (totalizando 300 g). Os materiais permaneceram conectados à cânula por meio de um cordão de náilon com cerca de 20 cm.

Foi utilizado o tempo de 24 h no rúmen para avaliar a degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e da FDN (DEG da MS), e de 288 h no rúmen para a FDN na matéria orgânica não degradada (uFDN_{mo}). Imediatamente após sua retirada, os sacos foram completamente inseridos em água com gelo, durante 30 minutos, para em seguida serem lavados manualmente em água, até o efluente permanecer translúcido (após 10 rodadas com renovação de água) depois da lavagem os saquinhos serem secos em estufa de circulação forçada de ar, a 55°C por 72h. O cálculo da DEG da MS e da FDN_{mo}

consiste na proporção de MS e de FDNmo desaparecida após 24 h no rúmen em relação à MS e a FDNmo anteriores à incubação, respectivamente. O cálculo da uFDNmo consiste na proporção da FDNmo não degradada após 288 h no rúmen em relação à FDNmo anterior à incubação.

4.6 Procedimentos estatísticos

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2x3, sendo duas variedades de cana-de-açúcar (RB-962962 e RB-867515) e três componentes da planta colmo integral (CI), colmo descascado (CD) e casca (CS).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade por meio do software estatístico Infostat.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados com a composição bromatológica entre as variedades estudadas (RB867515 e RB962962) e a adubação com Si dentro de cada componente obteve-se os dados presentes na tabela 2. Quando analisado o teor de MS, MO e FDNmo para o componente CD, não foi possível identificar valores significativos entre os fatores variedade e adubação.

Tabela 2: Composição bromatológica entre variedade e adubação dentro dos componentes da cana-de-açúcar de primeiro ciclo, com e sem adubação foliar de Si e colhida com 16 meses.

Composição bromatológica entre variedade e adubação dentro do componente colmo descascado							
Variáveis	SSi		CSi		Valor de P		
	RB867515	RB962962	RB867515	RB962962	Variedade	Adub	V x A
MS %	18,36	18,98	20,93	18,68	0,474	0,324	0,220
MO	99,01	99,03	99,23	98,97	0,428	0,596	0,432
FDNmo	23,14	28,33	22,36	28,49	0,056	0,908	0,859
Composição bromatológica entre variedade e adubação dentro do componente colmo integral							
Variáveis	SSi		CSi		Valor de P		
	RB867515	RB962962	RB867515	RB962962	Variedade	Adub	V x A
MS %	26,48	24,17	23,48	24,86	0,601	0,213	0,062
MO	99,14	99,02	98,73	94,07	0,363	0,310	0,388
FDNmo	32,56 bA	43,07 aA	36,37 aA	39,65 aA	0,001	0,896	0,038
Composição bromatológica entre variedade e adubação dentro do componente casca							
Variáveis	SSi		CSi		Valor de P		
	RB867515	RB962962	RB867515	RB962962	Variedade	Adub	V x A
MS %	38,05 b	41,17 a	35,09 b	41,37 a	0,014	0,397	0,334
MO	99,00	99,10	99,15	99,28	0,324	0,181	0,895
FDNmo	61,51 b	69,52 a	61,17 b	70,24 a	0,018	0,950	0,862

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas (variedade) e maiúsculas (adubação) diferem entre si ($P < 0,05$).

Ao avaliar o componente colmo integral, não foi possível identificar significância nas variáveis MS (%) e MO. Houve interação entre as variedades avaliadas e a adubação no teor de FDNmo, sendo que, as duas variedades (RB867515 e RB962962) quando receberam adubação com silício não diferiram, por outro lado, as mesmas variedades quando não receberam a adubação tiveram diferença estatísticas, com um valor 11 p.p maior para a variedade RB962962.

A RB962962 apresentou maior teor de MS na CS independente da adubação foliar com silício. Não foi possível observar diferença nos demais fatores. Quando analisado o resultado dos teores de FDNmo para esse componente é possível observar que a variedade RB962962 teve maior valor com 8 p.p que a RB867515. Não foram observados efeitos significativos para a MO deste mesmo componente para variedade ou adubação, seguindo uma média em torno de 99%.

A proporção de FDNmo nos colmos da variedade RB867515 foi menor quando comparada com a RB962962 em todos os componentes analisados, com e sem a utilização da adubação com silício.

A adubação não afetou os teores de MS, MO e FDNmo da variedade RB867515. Todavia, o teor de MS foi diferente entre os componentes, sendo que o componente CS obteve maior valor quando comparado com os demais. Não foram observados efeitos significativos para a MO da RB867515, mantendo médias em torno de 99,0% (tabela 3).

Tabela 3. Composição bromatológica e valor nutritivo de componentes da planta da variedade RB867515 de primeiro ciclo, com e sem adubação foliar de Si e colhida com 16 meses.

Variáveis	SSi			CSi			Valor de P		
	CS	CI	CD	CS	CI	CD	Adub	Componentes	A x C
MS %	38,1 a	26,5 b	18,4 c	35,1 a	23,5 b	20,9 c	0,369	<0,001	0,134
MO	99,0	99,1	99,0	99,1	98,7	99,2	0,900	0,500	0,123
FDNmo	61,5 a	32,6 b	23,1 c	61,2 a	36,4 b	22,4 c	0,628	<0,001	0,538
DEGMS24h	39,4 c	49,1 b	64,2 a	33,5 c	49,8 b	63,9 a	0,416	<0,001	0,433
uFDNmo 288h	59,7 Ab	73,4 Aa	41,7 Ac	57,2 Bb	60,5 Ba	40,5 Bc	0,015	<0,001	0,056

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas (componentes) e maiúsculas (adubação) diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). CS: Casca; CD: Colmo descascado; CI: Colmo integral.

Quando analisado o teor de MS nos componentes da variedade RB867515, o componente CD obteve menor valor com 17 pontos percentuais (p.p) ao componente CS. Por sua vez obteve a maior média com 36%, onde, os valores obtidos já eram esperados devido os componentes solúveis presentes.

Na variável FDN_{mo} ao analisar os componentes da RB867515, a CS apresentou um teor médio de 55% maior (27 p.p) em comparação com o componente CI. O componente CI obteve valor maior que CD com teor de 35% (12 p.p). Essa diminuição nos teores de FDN_{mo} pode estar relacionada ao processo de maturação e o aumento na produtividade de sacarose (DAMASCENO, 2023). Não foi observado efeito da adubação com silício na variedade RB867515 sobre a variável teor de FDN_{mo}.

A adubação foliar com silício não afetou a DEG MS 24h dos componentes da RB867515. A DEG MS 24h do CD (76%) foi maior que a do CI, que por sua vez teve valor maior que o componente CS com 56%, permanecendo assim a diferença estatística entre os três componentes. Esse aumento na média do componente CD independente da adubação utilizada, se deve aos maiores teores de carboidratos solúveis presente, divergindo com os teores de lignificação da parede celular presente no componente CS (LIMA, 2020).

Quanto a uFDN_{mo} 288h, foi detectada uma tendência de interação entre adubação e componentes ($P < 0,10$). É interessante observar que apesar da tendência de interação na uFDN_{mo} 288h da variedade RB867515, houve efeito para o fator adubação e componentes, onde no fator adubação, o tratamento sem a adubação com Si obteve valores maiores de 5,52 p.p em comparação com as plantas que receberam adubação. Já entre os componentes o CI obteve valor maior que o componente CS e CD, sendo 8,55 e 17,34 p.p respectivamente.

O componente com menor teor de FDN_{mo}, também apresentou um menor teor de uFDN_{mo} 288h, sendo ele o CD. É interessante notar que uFDN_{mo} 288h está colocado em porcentagem de fibra não degradada com porcentagem de FDN, onde cerca de 58% da FDN_{mo} dos colmos não foi degradada após 12 dias de incubação no rúmen, sendo que essa porcentagem de alimento fibroso não foi incapaz de gerar substratos para os microrganismos presentes naquele ambiente. Valor menor de FDN_{mo} foi encontrado para o componente colmo descascado com cerca de 40%.

Como resultado da variedade RB962962, não houve efeito significativo para adubação entre as variáveis analisadas (tabela 5). Não foram observados efeitos significativos para a MO da RB962962 para componentes ou adubação, seguindo uma média em torno de 98%, valor menor quando comparado com a mesma variável na variedade RB867515 (tabela 4).

Tabela 4. Composição bromatológica e valor nutritivo de componentes da planta da variedade RB962962 de primeiro ciclo, com e sem adubação foliar de Si e colhida com 16 meses.

Variáveis	SSi			CSi			Valor de P		
	CS	CI	CD	CS	CI	CD	Adub	Comp	A x C
MS %	41,2 a	24,2 b	19,0 c	41,4 a	24,9 b	18,7 c	0,813	<0,001	0,888
MO	99,1	99,0	99,0	99,3	94,1	99,0	0,341	0,365	0,380
FDNmo	69,5 a	43,1 b	28,3 c	70,2 a	39,7 b	28,5 c	0,736	<0,001	0,760
DEG MS 24h	21,3 Bc	44,3 Ab	60,6 Aa	26,5 Ac	40,2 Bb	62,0 Aa	0,203	<0,001	<0,001
uFDNmo 288h	64,0 Ba	67,3 Ba	43,3 Ab	64,3 Ab	75,5 Aa	37,6 Bc	0,518	<0,001	0,007

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas (componentes) e maiúsculas (adubação) diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). CS: Casca; CD: Colmo descascado; CI: Colmo integral.

Não houve efeito da adubação com silício na variedade RB962962 sobre a variável teor de MS, onde, em nenhum dos três componentes avaliados CS, CD e CI houve efeito da adubação sobre o teor de MS. Por outro lado, com relação ao segundo fator (componente) houve diferença, sendo que o componente CS teve o teor de MS maior que CI em 50%, enquanto o CI foi maior que colmo descascado com 38%.

A variedade RB962962 apresentou na variável FDNmo diferença entre os três componentes analisados, sendo que o componente CS apresentou maior valor que CI com 59%, e o componente CD apresentou o menor valor com média de 28%, uma diferença de 41 p.p para o componente CS. Não foi observado efeito da adubação com silício na variedade RB962962 sobre o teor de FDNmo.

Ao avaliar a variável DEGMS 24h o fator adubação não foi afetado pela aplicação do Si entre os componentes. Por outro lado, no segundo fator (componentes) houve significância. Observando a interação ocorrida entre adubação e componente, não houve diferença entre o componente CD com ou sem adubação, já o CI quando adubado com Si obteve menor valor de degradabilidade, com uma diferença de 4 p.p para o mesmo componente quando não recebeu adubação.

Adicionalmente, o CI foi o componente com maior uFDNmo 288h. Quando analisando a interação que ocorreu entre adubação e componentes, é possível observar diferença entre adubação para o componente CD e CI com e sem adubação em ambos, não havendo diferença estatística para o componente CS quando ocorreu ou não a adubação com Si.

É importante destacar que o componente com menor teor de FDNmo, também apresentou um menor teor de uFDNmo 288h, sendo ele o CD. Cerca de 60% da FDNmo dos

colmos não foi degradada após 12 dias de incubação no rúmen, sendo que essa porcentagem de fração fibrosa não foi incapaz de gerar substratos para os microrganismos presentes naquele ambiente.

6 CONCLUSÃO

Os teores de MS, FDN e DEG MS em 24h da variedade RB867515 e RB962962 não são afetados pela adubação foliar com silício. A casca do colmo apresenta maior teor em FDN e menor DEG MS 24h de incubação ruminal, tanto para a variedade RB867515 quanto para a RB962962, onde sua remoção pode significar o valor nutritivo das variedades.

O colmo integral obteve maior valor para o teor de uFDN_{mo} 288h para as variedades estudadas, onde os efeitos da adubação com silício são coerentes para o incremento metabólico da planta e não apenas na formação de barreira física.

7 REFERÊNCIAS

ALHADAS, H. M. **Efeito dos níveis de inclusão de fibra fisicamente efetiva proveniente de cana-de-açúcar em dietas de grão inteiro sobre os parâmetros ingestivos, digestivos e ruminais**. 2018. 55 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.

BERNARDES, T. F. *et al.* **Revisão de silagem**: Desafios únicos de silagens feitas em regiões quentes e frias. *Revista de ciência láctea*, v. 101, n. 5, pág. 4001-4019, 2018.

CAMARGO, M.S.; KEEPING, M.G. Silicon in sugarcane: availability in soil, fertilization, and uptake. *Silicon* 13, 3691–3701 p. 1-11. (2021). <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00935-y>

CARVALHO, K.F. **Sílica na digestibilidade da cana-de-açúcar**. 2014. Faculdade de zootecnia, Universidade de Goiás, Regional de Jataí.

CARVALHO, M. V. de; RODRIGUES, P. H. M.; LIMA, M. L. P.; ANJOS, I. A; LANDELL, M. G. de A.; SANTOS, M. V. dos; PRADA E SILVA, L. F. Chemical composition and digestibility of sugarcane harvested at two periods of the year. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, [S. l.], v. 47, n. 4, p. 298-306, 2010. DOI: 10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2010.26829.

CERQUEIRA, D. A. S. *et al.* **Produção e qualidade da forragem de três variedades de cana-de-açúcar no agreste alagoano**. 2015.

DAMASCENO, P. J. S. Características produtivas e valor nutritivo de duas variedades de cana-de-açúcar com e sem adubação foliar de silício. 2023. 79 f. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal /CCAA). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha. 2023.

DAMASCENO, P. J. S. Efeito da lignina e da sílica na degradabilidade da MS e da FDN dos componentes da planta da cana-de-açúcar de primeiro ciclo cultivada sob irrigação. 2019. Faculdade de zootecnia, Universidade Federal do Maranhão.

DAMASCENO, P. J. S; LEITE, M. L; COSTA, P. M. et al. Degradabilidade da MS e da FDN dos componentes da planta da cana-de-açúcar de primeiro ciclo cultivada em sequeiro. **In:**

Congresso Nordestino de Produção Animal, 7., 2018, João Pessoa. Anais do Congresso Nordestino de Produção Animal. Areia: SNPA, 2018. P.535.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A.; BARBOSA, G. V. S. (Org.). 45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar: 25 anos de Ridesa. 1. ed. **Curitiba: Graciosa, 2015. 156 p.** ISBN: 978-85-66456-08-0.

DETMANN, E. et al. Métodos para análise de alimentos: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. 2012. Suprema. **Visconde do Rio Branco, MG, Brazil.**

FILGUEIRAS, O. 2007. **Silício na agricultura**. Edição 140. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/silicio-na-agricultura/>>.

FREUS, M.; DA SILVA, M. D. USO DA CANA DE AÇÚCAR ASSOCIADA À UREIA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS. **Revista Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v. 1, n. 2, p. 39-44, 2022.

HOUVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fibre digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.10, p.2755-2766,1986.

HUHTANEN, P.; NOUSIAINEN, J.; RINNE, M. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. **Agricultura Food Science**, V. 15, p. 293-323, 2006.

IBANEZ, E. M. A.; MARTINEZ, G. D. M.; JUAREZ, J. A. R.; BUENO, I. C. S.; VITTI, A. C. Efeito de enzimas fibrolíticas sobre a degradação microbiana ruminal da fibra de cana-de-açúcar. **Ciência Animal Brasileira**., Goiânia, v. 11, n. 3, p. 488-495, jul./set. 2010

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2020. Banco de dados meteorológicos para educação e pesquisa: Estação de tempo de Chapadinha. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#> .

LEITE, M. R. L. **Desempenho agronômico e digestibilidade ruminal de genótipos de cana-de-açúcar cultivados em regime de sequeiro**. 2018. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais/CCAA) - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha.

LIMA, A. T. M. **Desempenho agronômico e digestibilidade ruminal de variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação suplementar**. 2020. 52 f. Dissertação (Programa de Pós-

Graduação em Ciência Animal (25.06)/CCAA) - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2020.

MATIOLI, V. P. Aplicação de silício em cana-de-açúcar sob déficit hídrico. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/237236>>.

MERTENS, DR Conceitos e definições subjacentes às fibras. 2015.

MIRANDA, Pedro Alexandre Barbosa Pereira et al. Características forrageiras de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) desenvolvidas no Estado de Alagoas. 2015.

OLIVEIRA FILHO, A. S. B. Silício mitiga danos do déficit hídrico em soqueira de cana-de-açúcar e cana-energia. 2021. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Jaboticabal. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/204192>>.

OLIVEIRA, A. S., DETMANN, E., CAMPOS, J. M. S., PINA, D. S., SOUZA, S. M., COSTA, M. G. Meta-análise do impacto da fibra em detergente neutro sobre o consumo, a digestibilidade e o desempenho de vacas leiteiras em lactação. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.40, n.7, p.1587-1595, 2011

OLIVEIRA, M. W. de .; SANTOS , G. C. S. .; OLIVEIRA, T. B. A. .; SANTOS, D. F.; SOARES, E. da C. .; TENÓRIO, T. M. . Produção e composição química da forragem de três variedades de cana-de-açúcar. **Conjecturas**, [S. l.], v. 22, n. 8, p. 431–448, 2022. Disponível em: <http://www.conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/1230>. Acesso em: 13 abr. 2023.

OLIVEIRA, André Soares de et al. Meta-análise do impacto da fibra em detergente neutro sobre o consumo, a digestibilidade e o desempenho de vacas leiteiras em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1587-1595, 2011.

PINTO, M. C. et al. Avaliação dos parâmetros genéticos da cana-de-açúcar submetida à adubação com silício e ao estresse hídrico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98919-98928, 2020.

PRESTON, T.R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. **Tropical Animal Production**, Edinburgh, v.2, n.2, p.125-142, 1977

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 322p.

RODRIGUES, A.A.; PRIMAVES, O.; ESTEVES, S.N. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p.1333-1338, dez., 1997.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Revisada e ampliada Brasília, DF: Embrapa, 2018. 355p.

SANTOS, WP et al. Efeito da inoculação da silagem de cana-de-açúcar com *Lactobacillus hilgardii* e *Lactobacillus buchneri* no comportamento alimentar e na produção de leite de vacas leiteiras. **Revista de ciência animal**, v. 10, pág. 4613-4622, 2017.

SILVA, J. L. F. D., PRADO, R. M., ALVES, T. L., LATA-TENESACA, L. F., & SOARES, M. B. (2023). New strategy for silicon supply through fertigation in sugarcane integrating the pre-sprouted seedling phase and field cultivation. **Scientific Reports**, 13(1), 1230. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-27323-3>

SIQUEIRA, G. R., ROTH, M. D. T. P., MORETTI, M. H., BENATTI, J. M. B., & RESENDE, F. D. D. (2012). Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 13, 991-1008.

TEIXEIRA, C. B. et al. Variáveis agronômicas e químicas e degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 870-878, 2014.

TEIXEIRA, G. C. M., DE PRADO, R. M., ROCHA, A. M. S., DE OLIVEIRA FILHO, A. S. B., DA SOUSA JUNIOR, G. S., & GRATÃO, P. L. (2022). Action of silicon on the activity of antioxidant enzymes and on physiological mechanisms mitigates water deficit in sugarcane and energy cane plants. **Scientific Reports**, 12(1), 17487. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21680-9>

TEIXEIRA, G. C. M., PRADO, R. M., ROCHA, A. M. S., & PICCOLO, M. C. (2020). Root- and foliar-applied silicon modifies C: N: P ratio and increases the nutritional efficiency of pre-

sprouted sugarcane seedlings under water deficit. **Plos One**, 15(10), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240847>

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, p. 476, 1994.

Anexo 1. Certificado de aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) para o uso de animais nesta pesquisa.



COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CIAEP: 02.0341.2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO



CERTIFICADO

(26/2022)

Certificamos que a proposta intitulada: "Efeito do silício e do sistema de cultivo na produção da cana-de-açúcar e no valor nutritivo da forragem sob diferentes formas de processamento" Processo n. 23115.006557/2021-86, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Zinaldo Firmino da Silva que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi considerado **APROVADO** pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - UFMA) da Universidade Federal do Maranhão, na reunião realizada em 11 de maio de 2022.

We certify that the proposal: "Silicon and cropping system effects on sugarcane production and forage nutritional value under different processing methods", Process n. 23115.006557/2021-86, under the responsibility of Prof. Dr. Zinaldo Firmino da Silva, which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, sub phylum Vertebrata (except humans beings) for scientific research purposes (or teaching) - is in accordance with Law No. 11,794, of October 8, 2008, Decree No. 6.899, of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethics Committee on Animals Use of the Federal University of Maranhão (CEUA - UFMA), in meeting of May 11, 2022.

PROPOSTA

Finalidade: Pesquisa Área: Zootecnia

Vigência: 20/09/2022 a 31/07/2023

ANIMAIS

Origem: Biotério de criação da UFMA - Chapadinha

Espécie: *Bos taurus* – Sexo: Fêmeas Idade: 7 anos
mestiças de Peso: 550-600Kg
Holandês-Gir,

AMOSTRA

3

Local do experimento: Unidade de Pesquisa em Nutrição de Gado de Leite - Chapadinha

São Luís, 19 de setembro de 2022

Bruno Araújo Serra Pinto

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UFMA



Documento assinado digitalmente

BRUNO ARAUJO SERRA PINTO

Data: 19/09/2022 14:24:27 -0300

Verifique em <https://verificador.jb.br>