



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CAMILA ALVES RODRIGUES

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FORRAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR RB92579
EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA APLICADA NA QUARTA REBROTA**

Rio Largo – AL
2019

CAMILA ALVES RODRIGUES

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FORRAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR RB92579
EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA APLICADA NA QUARTA REBROTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Wagner Oliveira

Rio Largo – AL
2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Bibliotecário: Erisson Rodrigues de Santana

R696p Rodrigues, Camila Alves

Produção e qualidade da forragem da cana-de-açúcar RB92579 em função da adubação fosfatada aplicada na quarta rebrota./ Camila Alves Rodrigues. Rio Largo - AL – 2019.

47 f.; il; 33 cm.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia.) - Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Wagner Oliveira.

1. Pecuária. 2. Alimentação de ruminantes. 3. Nutrição fosfatada. 4. sistema de produção. I. Título.

CDU: 636.2

TERMO DE APROVAÇÃO

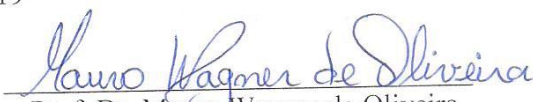
CAMILA ALVES RODRIGUES

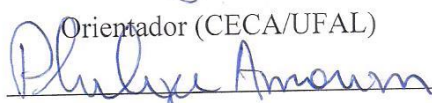
PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FORRAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR RB92579 EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NA QUARTA REBROTA.

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Zootecnia, outorgado pela Universidade Federal de Alagoas.

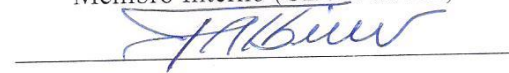
A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Aprovado em 19/08/2019


Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Orientador (CECA/UFAL)

Prof. Dr. Philipe Lima de Amorim

Membro Interno (CECA/UFAL)


Profª. Drª. Terezinha Bezerra Albino Oliveira
Membro Externo (CECA/UFAL)

Rio Largo – AL

2019.2

“Não acho que tenhamos outra alternativa senão permanecer otimistas. O otimismo é uma necessidade absoluta.”

Angela Davis

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Reinaldo e Maria Cicera, pelo esforço e investimento, que sempre me apoiaram e mesmo sem entender o que é o Mestrado, me incentivaram a seguir, pelo carinho, pelo amor e apoio de sempre. Sem vocês, eu não chegaria até aqui. Muito obrigada!

À minha família, pelo apoio e motivação, mesmo com algumas divergências. É importante saber que posso contar com vocês em todos os momentos.

À professora Dr^a Terezinha Albino, por toda ajuda desde a graduação até esse momento, por ter dado a oportunidade da iniciação científica, ainda na graduação, e, por todas às suas contribuições, que foram essenciais para o meu crescimento profissional e pessoal. Muito obrigada!

Ao meu orientador, Mauro Wagner, inicialmente pela oportunidade de realizar esse trabalho. Obrigada pela confiança, pelo tempo dedicado, troca de conhecimentos e paciência, apesar dos pouco anos de convívio. Pelos vários “causos” compartilhados e por me guiar durante a pós-graduação. Muito obrigado por tudo!

Ao professor Philipe Amorim, pela disponibilidade em aceitar ser membro da banca da defesa e pelas contribuições para o desenvolvimento do trabalho.

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, que contribuíram de forma direta e indiretamente na condução do experimento.

Aos amigos de mestrado, Daniela Mendonça, Paula Cibelly e Arthur dos Anjos, que vivenciaram momentos de estudos, apresentações de seminários e provas no decorrer dessa jornada, com vários momentos bons e alguns nem tanto. Também pelo apoio, as dúvidas sanadas, os conselhos. Muito obrigada!

Aos amigos de vida, Ana Cecília, Linda, Dorgival Neto e Moacyr, por toda a amizade e apoio, por serem muito mais que amigos, pelo carinho, as palavras de ajuda que sempre me motivaram. Também por estarem ao meu lado em mais uma etapa, pelos momentos de descontração e leveza. Meu muito obrigada!

À Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelo corpo docente, administração sempre dispostos ajudar em todos os momentos.

À FAPEAL e CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

A cana-de-açúcar é uma forrageira muito usada para a alimentação de ruminantes tanto em pequenas quanto em médias e grandes propriedades rurais. O presente estudo teve por objetivo avaliar o estado nutricional, a produção e qualidade da forragem da variedade de cana-de-açúcar RB92579, em função da adubação fosfatada aplicada na quarta rebrota da cana, em um solo de textura arenosa. A pesquisa foi conduzida em lavoura comercial de produtor associado a Cooperativa Pindorama, localizada no município de Coruripe – Alagoas. Antecedendo a implantação, foram realizadas avaliações e amostragens prévias para a escolha de talhões de cana, tendo-se escolhido um talhão com solo sem alumínio trocável na camada de 0 a 20 cm e, com poucas falhas na rebrota. O estudo foi constituído de cinco doses de fósforo (P): zero (testemunha), 30; 45; 60 e 90 kg de P por hectare, aplicados no fundo dos sulcos abertos na entrelinha da cana. Na fase de crescimento máximo da cana de quarta rebrota, foram coletadas folhas + 3 para avaliação do estado nutricional das plantas. O limbo foliar foi analisado quanto aos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Foram analisadas a produtividade da forragem, dos colmos industrializáveis e dos açúcares, o percentual de colmos industrializáveis na biomassa da parte aérea da planta e a qualidade do caldo. O caldo obtido foi analisado quanto aos teores de sólidos solúveis (Brix), sacarose aparente (POL) e pureza do caldo. Outra subamostra incluindo colmos industrializáveis, ponteiros e folhas secas e folhas verdes foi coletada para determinação da matéria seca da biomassa da parte aérea da cana-de-açúcar e análises bromatológicas. Os valores médios dos teores de nutrientes na folha +3, do acúmulo de biomassa na parte aérea, produção de colmos industrializáveis, dos teores de sólidos solúveis e de sacarose aparente no caldo, da pureza do caldo, da produção de açúcares recuperáveis, bem como dos teores de proteína bruta, fósforo, enxofre, celulose, hemicelulose e lignina na biomassa área da RB92579, foram submetidos à análise de variância. Em relação ao estado nutricional, as plantas apresentaram teores foliares adequados, excetuando-se os elementos boro, cobre e manganês. Para a qualidade do caldo, foram obtidos valores médios de 19,85% para sólidos solúveis; 14,04% para sacarose aparente nos colmos; 88,43% para pureza do caldo; 13,70% para fibra dos colmos e, 140,9 kg de açúcares recuperáveis por tonelada de colmos industrializáveis. A produtividade média de colmos industrializáveis e do total de açúcares recuperáveis foi, respectivamente, de 71,2 t por hectare e 10,1 t por hectare. Os valores médios de acúmulo de matéria seca na biomassa aérea da cana-de-açúcar foram respectivamente de 95,63 t por hectare e, 30,35 t por hectare. Para as variáveis relacionadas à qualidade bromatológica da forragem obtiveram-se teores médios, em g por kg, 16,81 para proteína bruta; 0,70 para fósforo; 229,5 para celulose; 226,4 para hemicelulose e 37,4 para lignina. Assim, conclui-se que nenhuma das variáveis analisadas foi influenciada pela adubação fosfatada aplicada em sulco aberto na entrelinha da quarta rebrota.

Palavras-chave: Pecuária, alimentação de ruminantes, nutrição fosfatada, sistema de produção.

ABSTRACT

Sugar cane is a fodder widely used to feed ruminants on small, medium and large farms. The objective of the present study was to evaluate the nutritional status, yield and forage quality of sugarcane variety RB92579, as a function of phosphate fertilization applied in the fourth regrowth of sugarcane in a sandy soil. The research was conducted in a commercial field of a producer associated with Cooperativa Pindorama, located in Coruripe - Alagoas. Prior to the implantation, previous evaluations and samples were carried out for the choice of sugarcane plots, having chosen a field with soil without aluminum exchangeable in the 0 to 20 cm layer and with few failures in regrowth. The study consisted of five phosphorus doses (P): zero (control), 30; 45; 60 and 90 kg P per hectare, applied at the bottom of the open furrows between the rows of sugarcane. In the maximum growth phase of the fourth regrowth sugarcane, + 3 leaves were collected to evaluate the nutritional status of the plants. Leaf limb was analyzed for nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), boron (B), copper (Cu), iron contents. (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn). Forage yield, industrialized stalks and sugars, the percentage of industrializable stalks in the aerial part biomass and the quality of the juice were analyzed. The obtained broth was analyzed for soluble solids (Brix), apparent sucrose (POL) and broth purity. Another subsample including industrializable stalks, pointers and dry leaves and green leaves was collected for determination of dry matter biomass of sugarcane and bromatological analysis. The average values of +3 leaf nutrient content, shoot biomass accumulation, industrializable stem production, soluble solids content and apparent sucrose content in the juice, juice purity, and recoverable sugars production, as well as the crude protein, phosphorus, sulfur, cellulose, hemicellulose and lignin contents in the RB92579 area biomass were submitted to analysis of variance. Regarding the nutritional status, the plants presented adequate leaf contents, except for the elements boron, copper and manganese. For broth quality, average values of 19.85% were obtained for soluble solids; 14.04% for apparent sucrose in the stems; 88.43% for broth purity; 13.70% for stalk fiber and 140.9 kg of recoverable sugars per ton of industrializable stalks. The average yield of industrializable stalks and total recoverable sugars was 71.2 t per hectare and 10.1 t per hectare, respectively. The average values of dry matter accumulation in sugarcane aerial biomass were respectively 95.63 t per hectare and 30.35 t per hectare. For the variables related to bromatological quality of forage were obtained mean contents, in g per kg, 16.81 for crude protein; 0.70 for phosphorus; 229.5 for cellulose; 226.4 for hemicellulose and 37.4 for lignin. Thus, it was concluded that none of the analyzed variables was influenced by phosphate fertilization applied in open furrow between the fourth regrowth.

Key words: Livestock, ruminant feeding, phosphate nutrition and production system.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 A cultura da cana-de-açúcar	13
2.2 Panorama atual da cana-de-açúcar	14
2.3 Estado nutricional da cana-de-açúcar	15
2.4 Acúmulo de nutrientes na cana-de-açúcar.....	16
2.5 Condições edafoclimáticas favoráveis ao plantio da cana-de-açúcar.....	17
2.6 Manejo do ambiente de produção e condução do canavial	17
2.6.1 A prática da calagem e gessagem	18
2.6.2 Adubação química e orgânica da cana-de-açúcar.....	19
2.6.3 Adubação fosfatada na cana-de-açúcar	20
2.7 Cana-de-açúcar na alimentação animal	22
2.8 Análise bromatológicas da cana-de-açúcar destinada a alimentação de ruminantes.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas de interesse econômico do Brasil, devido principalmente à facilidade do seu cultivo e a grande produção de forragem com alto teor de sacarose. Dela é possível obter produtos como açúcar, etanol, etanol anidro, etanol hidratado, fabricação de doces, bioenergia, bem como produzir forragem para alimentação animal. É uma cultura de ampla adaptação edafoclimática, com alto potencial produtivo. Considerando os colmos industrializáveis, as folhas e os ponteiros, a produtividade média de forragem tem oscilado em torno de 100 toneladas de matéria natural por hectare e, esses colmos correspondem a aproximadamente 80% dessa massa.

A área de plantio ocupada pela cana é a terceira maior em território, sendo inferior apenas à soja e ao milho e, no Estado de Alagoas, a cana-de-açúcar consolida-se como a principal cultura do estado. A indústria sucroalcooleira ocupa posição de destaque no agronegócio brasileiro, pois é responsável pela geração de renda, trabalho e expansão do potencial agrícola do país.

A implementação de diversas tecnologias nacionais tem permitido aumentar a eficiência dos insumos, diminuir os custos de produção e elevar a produtividade da terra e dos recursos humanos, com vistas a tornar o sistema produtivo mais lucrativo e sustentável (ALMEIDA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2011b). Dentre as principais tecnologias adotadas, podem-se destacar a análise de solo, calagem e gessagem, adubações verde e orgânica, uso eficiente de fertilizantes químicos, controle de pragas e plantas daninhas, irrigação e escolha correta de variedades de cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA, 2007; SILVA, 2013).

Diversos estudos, pesquisas e avaliações de campo tem mostrado que adotando-se práticas culturais de conservação do solo e da água, rompimento de camadas adensadas do solo, neutralização do alumínio trocável na camada arável e melhoria da subsuperfície, com plantio de variedades produtivas adubadas adequadamente, pode-se alcançar produtividade superior a 150 t de matéria natural por hectare. Sistemas de produção que se utilizam de outras técnicas associadas à estas, como adubação de restituição ou adubação baseada na expectativa de produtividade, fazendo uso de irrigação, em especial àquela que é realizada após o corte da cana-de-açúcar, tornam a produtividade ainda maior nesses sistemas de produção mais tecnificados. Produtividades superiores a 200 t de matéria natural por hectare podem ser alcançados em sistemas de alta tecnologia.

O cultivo comercial da cana-de-açúcar visa obter ganhos significativos de produtividade com baixos decréscimos nos ciclos posteriores e com maior eficiência no uso da terra, do capital e dos recursos humanos disponíveis, fatores de produção que, em especial por parte dos proprietários e administradores do plantio, devem ser sustentáveis do ponto de vista econômico, ambiental e social (ALMEIDA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2011a). Baixos rendimentos podem estar associados, dentre outros fatores, à adubação inadequada em relação às necessidades da cultura (SOUSA JUNIOR et al., 2017).

No entanto, apesar de ter características vantajosas no uso desta cultura para a alimentação animal, há alguns aspectos negativos, especialmente a respeito do baixo teor proteico da planta, associado às outras limitações nutricionais, como alto teor de fibra de difícil degradação ruminal, baixos teores de amido, fósforo e enxofre, resultam em consumo e rendimento limitados, havendo, portanto, necessidade de complementação com proteína, minerais e amido para que a produtividade animal seja satisfatória. Outro entrave à utilização da cana na alimentação de ruminantes é a necessidade de corte diário, uma vez que a fermentação da cana-de-açúcar, que começa imediatamente após a picagem, pode transformar mais da metade dos açúcares em ácidos orgânicos e álcool, reduzindo seu valor nutricional e palatabilidade (OLIVEIRA et al., 2018).

Para atingir maior percentual de açúcares na forragem, é importante adequada adubação da cana-de-açúcar, de forma que permita o aumento do tamanho dos entrenós, com redução percentual dos nós, uma das partes de menor digestibilidade da cana-de-açúcar. Desta forma, plantas bem nutridas têm maior valor bromatológico. Há interação entre nutrientes na absorção e no metabolismo mineral da cana-de-açúcar, sendo uma delas a do fósforo com o nitrogênio. A absorção do nitrato e a posterior síntese de aminoácidos e proteínas é grandemente influenciada pela disponibilidade endógena de fósforo, com reflexos na fixação do CO₂ atmosférico e, conseqüentemente, na produtividade da cultura, visto que a produção de enzimas como a Ribulose-1,5-bisfosfato Carboxilase/Oxigenase (Rubisco) e Fosfoenol Pirivato Carboxilase (PEP-case), que são fundamentais nas reações bioquímicas da fotossíntese de plantas C₄, possuem o Nitrogênio em sua composição, e, para que sua assimilação e metabolismo aconteçam, o uso do ATP é necessário; esta molécula possui fósforo em sua composição.

A adubação fosfatada em cana é, normalmente, aplicada no fundo do sulco de plantio. Contudo, na maioria das vezes, não é suficiente para assegurar o suprimento adequado deste elemento nas rebrotas, mais especificamente a partir do terceiro ou quarto corte da cana. Dessa

forma, pode haver resposta das rebrotas à adubação fosfatada, porém, deve-se estar atento à acidez do solo, especialmente quanto ao alumínio trocável. O alumínio trocável reage com o fósforo e o produto dessa reação, o fosfato de alumínio, é de baixa solubilidade, consequentemente pouco do fósforo aplicado alcançará o sistema radicular da cana e influenciará no metabolismo, crescimento e produtividade da planta. Por esse motivo, em solos com alumínio trocável deve-se primeiramente fazer a correção da acidez para posteriormente aplicar a adubação fosfatada na rebrota (OLIVEIRA et al., 2007).

A RB92579 tem sido plantada nas regiões do litoral, zona da mata e parte do agreste alagoano. Devido a ocorrência das chuvas nesta região ser frequentemente nos períodos de março a agosto, os cultivos em épocas mais secas são dependentes da irrigação (ABREU et al., 2013). Segundo dados da RIDESA (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético), a sua área colhida aumentou 37% entre os anos de 2000 a 2015 para a região Nordeste do Brasil. Ela tem sido bem aceita tanto por produtores fornecedores de cana, quanto em áreas plantadas nas próprias usinas, graças ao seu alto perfilhamento, boa produtividade agrícola, elevado teor de Açúcar Total Recuperável (ATR) e alta recuperação em condições de estresse hídrico (DAROS et. al., 2015). De toda área cultivada com cana no Nordeste, a RB92579 correspondeu a 35,9% na safra 2016/2017 e, em Alagoas, a sua área plantada correspondeu a 34,6% do total de hectares cultivados na safra 2016/2017 (BRAGA et al., 2018).

Ante ao exposto, o objetivo do presente estudo é avaliar a produtividade e qualidade bromatológica da forragem da variedade de cana-de-açúcar RB92579, em função da adubação fosfatada aplicada em sulcos abertos na entrelinha da cana de quarta rebrota, em solo sem alumínio trocável.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pertence à família Poaceae e ao gênero *Saccharum*. É uma planta monocotiledônea, perene e própria de climas tropicais e subtropicais. Seus atuais cultivares são híbridos interespecíficos, sendo que nas constituições genéticas participam principalmente as espécies *S. officinarum* e *S. spontaneum*. O centro de origem dessas espécies tem sido reportado por diversos autores, como sendo as Ilhas do Arquipélago da Polinésia, a Nova Guiné e a Índia, dessa forma acredita-se que a cana de açúcar seja nativa do sudeste da Ásia, embora o exato centro de origem seja incerto (FIGUEIREDO, 2008).

Introduzida no Brasil, pelos portugueses em 1532, a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) sempre teve destaque na economia (FIGUEIREDO, 2008). Os maiores produtores de cana são: Brasil, Índia, Cuba, México, China, Filipinas, Austrália, África do sul, Estados Unidos da América e República Dominicana (ROS, 2004). Sendo hoje, a cana-de-açúcar, destaque industrial na fabricação de açúcar e etanol, bem como o interesse crescente na sua utilização para produção de bioenergia, a cana é uma das mais promissoras culturas, ocupando mundialmente cerca de 27 milhões de hectares (SANTOS et al., 2016).

A planta se reproduz de forma sexuada, porém o seu cultivo comercial é feito através do plantio de pedaços do colmo, por propagação vegetativa. Sua inflorescência é do tipo panícula, com flores hermafroditas, folhas alternadas, opostas, presas aos nós do colmo (SILVA et al., 2010). É uma gramínea semiperene e tem bom desenvolvimento em solos onde há boa aeração, boa drenagem e exige solos com profundidade superior a um metro.

O desenvolvimento da cana se dá em dois ciclos: o primeiro corresponde a fase de cana-planta, quando ainda não foram realizados o primeiro corte, este período pode variar entre 12 a 18 meses (CONAB, 2015). O ciclo seguinte é chamado de rebrota, quando, após o corte, ela retoma o seu crescimento, dando oportunidade de se fazer o segundo, bem como acontece nos ciclos posteriores. Seu metabolismo fotossintético é de uma planta C4, sendo considerada altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química, chegando a acumular o dobro de biomassa que uma planta C3, ao exemplo da soja (BACCHI, 1983; OLIVEIRA et al., 2007, ALMEIDA et al., 2008; FIGUEIREDO, 2008; CONAB, 2015).

2.2 Panorama atual da cana-de-açúcar

A produção brasileira de cana na safra 2017/2018, segundo a Conab (2018), foi de 633,26 milhões de toneladas, com uma área colhida de 8,73 milhões de hectares que, apesar de ser 3,5% menor que a da safra 2016/2017, ainda representa uma das principais culturas colhidas no país.

De modo geral, o Brasil tem duas safras de cana em um ano, para a Região Nordeste, o período vai de setembro a abril, para o restante do país, de maio a novembro. A área de plantio ocupada pela cana é uma das maiores em território: segundo dados do IBGE (2018), para a safra de 2017/2018, correspondeu a 11,026 milhões de hectares, sendo inferior apenas em relação a soja e milho; em Alagoas este valor foi de 28,1 mil hectares (CONAB, 2018), consolidando-se como a principal cultura do estado.

A indústria sucroalcooleira ocupa posição de destaque no agronegócio brasileiro, pois é responsável pela geração de renda, trabalho e expansão do potencial agrícola do país. Tem papel muito importante, uma vez que o etanol tem sido uma das melhores alternativas para redução da emissão de gases causadores do efeito estufa; sua queima como combustível reduz 70% da emissão de CO₂ na atmosfera em relação à gasolina (GOLDEMBERG, 2007).

A cana-de-açúcar tem sido muito utilizada por pequenos e médios produtores rurais para a fabricação de cachaça, rapadura e açúcar-mascavo e, também, para a alimentação de ruminantes e não ruminantes (OLIVEIRA et al., 2007; BORGES et al., 2012; CALHEIROS et al., 2012; BEZERRA, 2014).

A região Sudeste é a principal produtora, na safra 2017/2018, com 417,47 milhões de toneladas processadas, a área colhida correspondeu a 5,5 milhões ha, sendo os estados de São Paulo e Minas Gerais os maiores produtores. A região Centro-oeste obteve produção de 133,66 milhões de toneladas, com destaque para os estados de Goiás e Mato Grosso. A região Nordeste produziu 41,14 milhões de toneladas e, mesmo com uma área menor em relação à safra 2016/2017, conseguiu recuperar a produtividade, em especial as safras dos anos anteriores afetadas pelos déficits hídricos, fator que influencia diretamente na produção (CONAB, 2018).

Alagoas teve uma área colhida como cana de 303,8 milhões de hectares, sendo a maior em relação aos demais estados da região, com produção de 13,6 milhões toneladas no ciclo 2017/2018 e consolidando-se como a principal cultura do estado, sendo superada por São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná e Mato Grosso com produções de 349,2; 70,6; 65; 46,9; 37,4; 16,1 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2018).

A respeito da sua importância econômica, 80% de todo o açúcar produzido, mundialmente, é proveniente da cana-de-açúcar, superando a beterraba e o milho; e o Brasil é um dos maiores exportadores deste alimento. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2019), a previsão é de que o país corresponda a 48% de todo açúcar exportado nos próximos anos. Além do crescente interesse na produção do etanol, que prevê aumento de 40% nos próximos 10 anos. Em Alagoas, é a fonte de geração de emprego em grande parte das cidades do estado, desde os produtores que fornecem cana às usinas, aos que trabalham direta ou indiretamente na produção de açúcar, etanol e energia de biomassa. Dados de 2018 apresentam a cultura como principal atividade em Alagoas, com 16 usinas operando na safra 2017/2018 (SINDAÇÚCAR, 2019) e representando 75% da produção industrial e 15% do PIB do estado. Estima-se que mais de 80% dos empregos gerados estão vinculados à atividade sucroenergética (SIQUEIRA, 2017), de maneira que a cultura da cana também abrange os aspectos sociais, gerando renda e movimentando a economia da região.

2.3 Estado nutricional da cana-de-açúcar

O solo é o principal meio para o crescimento das plantas, uma vez que é dele que elas obtêm os elementos essenciais que necessitam para completar o seu ciclo de vida. Não sendo capaz e suprir as necessidades nutricionais exigidas pela cultura, observa-se que haverá redução no crescimento e na produção das plantas (MALAVOLTA et al., 1997; LOPES e GUILHERME, 2007; RAIJ, 2011).

Os teores nutricionais na folha da cana-de-açúcar influenciam a taxa fotossintética e o metabolismo da sacarose e, conseqüentemente, a produtividade do canavial, a qualidade do caldo, a longevidade e a lucratividade do canavial (MENDES, 2006; OLIVEIRA et al., 2018). O monitoramento do estado nutricional permite saber se uma planta está bem suprida ou se algum nutriente está limitando seu desenvolvimento.

A identificação dos nutrientes que estejam restringindo o crescimento e a produção das culturas é feito a partir da avaliação do estado nutricional. Para esse fim, utiliza-se a técnica de comparação da planta ou de uma população de plantas ou de uma amostra dessa população com as referências citadas em literatura, consideradas como “padrões” para esta comparação. É considerado como “padrão” a planta em seu estado “normal”, sem que haja limitação nutricional e que apresente altas produções (MALAVOLTA et al., 1997; FAQUIN, 2002).

Para a avaliação do estado nutricional, tem-se recomendado a coleta das folhas, visto que apresentam atividades metabólicas elevadas, bem como a sua composição de nutrientes (ORLANDO FILHO, 1983; MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ et al., 2011). Elas representam a parte da planta que melhor reflete a variação no suprimento dos nutrientes, seja pelo que já está presente no solo ou o que a ele é adicionado por adubações. Com base nos valores obtidos pela análise, compara-se os resultados com os citados em literatura, conforme os dados apresentados na Tabela 1. Em cana-de-açúcar, tem sido recomendado coletar as folhas +2 ou +3. A folha +1 é, no sentido descendente do caule, a primeira que apresenta a lígula (região de inserção da bainha foliar no colmo) totalmente visível. Para a análise química utiliza-se o terço mediano da folha +2 ou +3, excluída a nervura central.

A amostragem das folhas é feita na fase de crescimento máximo da cultura. A coleta é feita cortando-se a folha com tesoura de aço inoxidável, pois evita cortes acidentais em quem realiza a coleta, além de aumentar o rendimento do trabalho. A análise é feita utilizando-se apenas o terço médio, excluída a nervura central (MALAVOLTA et al, 1997; RAIJ, 2011).

Tabela 1. Faixas de concentração de nutrientes na folha de cana-de-açúcar.

Autores	----- Nutrientes -----					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
Malavolta et al. (1989) *	19-21	2,0-2,4	11-13	8,0-10	2,0-3,0	2,5-3,0
Malavolta et al. (1989) **	20-22	1,8-2,0	13-15	5,0-7,0	2,0-2,5	2,5-3,0
Raij et al. (2011)	18-25	1,5-3,0	10-16	2,0-8,0	1,0-3,0	1,5-3,0
Orlando Filho (1983)	16 - 26	2,0-3,5	6 -14	4,3-7,6	1,1-3,6	1,3-2,8
Autores	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----					
Malavolta et al. (1989) *	15-50	8-10	200-500	100-250	0,15-0,30	25-50
Malavolta et al. (1989) **	-----	8-10	80-150	50-125	-----	25-30
Raij et al. (2011)	10-30	6-15	40-250	25-250	0,05-0,20	10-50
Orlando Filho (1983)	6-29	9-17	76-392	73-249	-----	----

* e **: Faixas de concentração para a cana-planta e rebrotas, respectivamente.

2.4 Acúmulo de nutrientes na cana-de-açúcar

A cana é uma cultura que possui elevada produção de biomassa, por consequência, retira do solo e aloca na planta grande quantidade de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2018). Ao considerarmos que a extração de nutrientes do solo pela cana é alta, o manejo adequado de fertilizantes é essencial para a colheita atingir altos rendimentos. Visto que o custo com nutrição mineral representa uma parte significativa dos custos de produção, seguir critérios para a recomendação de adubações é fundamental para otimizar o sistema de plantio e obter canaviais

cada vez mais lucrativos (SILVA et al., 2017). Quantificar a exigência de macro e micronutrientes que a planta retira do solo, adubo e do ar, permite determinar a capacidade que o solo tem de fornecer esses nutrientes e, quando necessário, adicionar a quantidade que supra às necessidades, com adubações químicas, orgânicas e resíduos agroindustriais (RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018).

2.5 Condições edafoclimáticas favoráveis ao plantio da cana-de-açúcar

O plantio de cana-de-açúcar é realizado em latitudes que variam de 35° N a 30° S, sob altitudes de até 1.000 m (RODRIGUES, 1995). As condições edafoclimáticas são importantes para o bom desenvolvimento da cultura sob o ponto de vista respiratório, fotossintético e estágios fenológicos. Nesse aspecto, a escolha da cultivar deve ser bem observada, pois a maturação das variedades pode acontecer de forma precoce, média ou tardia, e isto influencia no crescimento do canavial. A temperatura média ideal é aproximadamente 30°C, acima de 38°C pode aumentar a taxa respiratória e diminuir a fotossíntese, contudo, é importante salientar que cada fase da cultura possui uma temperatura ideal específica (DIOLLA e SANTOS, 2010; RODRIGUES, 1995; SANTOS et al., 2009). A respeito do fotoperíodo, é considerado adequado de 10 a 14h, visto que, além da temperatura, altas taxas de luminosidade proporcionam colmos mais grossos e mais longos, com folhas mais longas e mais verdes e perfilhamento mais intenso. Valores de umidade de 80 a 85% permitem alongamento mais rápido durante a fase de crescimento e de 40 a 65%. Após o ciclo de crescimento, a deficiência hídrica associada ou não a diminuição da temperatura favorece o amadurecimento da cana-de-açúcar (SANDRE e FIORELLI, 2009).

2.6 Manejo do ambiente de produção e condução do canavial

O ambiente de produção de cana-de-açúcar é definido como o conjunto de condições físicas, hídricas, morfológicas, químicas e mineralógicas dos solos sob manejo adequado da camada arável. Desta forma o ambiente de produção é influenciado pelas práticas de preparo do solo, calagem, gessagem, adubação química e orgânica, adubação verde, sistema de plantio da cana, controle de ervas daninhas e pragas. Há também influencia das propriedades da subsuperfície dos solos e das variáveis climáticas do local, tais como a precipitação pluvial,

temperatura, radiação solar e evaporação (PRADO, 2005; BRUNINI, 2008; DEMATTÊ e DEMATTÊ, 2009).

2.6.1 A prática da calagem e gessagem

Um dos fatores limitantes para o bom desempenho do canavial é o fato dos solos brasileiros, de modo geral, serem naturalmente ácidos. Esta acidez pode ainda estar associada à presença de elementos considerados tóxicos às plantas, como o Alumínio (Al) e Manganês (Mn) trocáveis no solo, bem como teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em baixas concentrações (SOUSA, 2007; OLIVEIRA et al., 2018). Esse processo de acidificação pode ser intensificado por meio do uso de fertilizantes nitrogenados e cultivos excessivos (RAIJ, 2011).

A calagem é uma prática rotineira na agricultura tecnificada uma vez que proporciona a correção da acidez, neutralização do alumínio tóxico, fornece cálcio e magnésio, eleva a disponibilidade de alguns nutrientes, há melhoria da estrutura dos solos e a atividade microbiana (BRADY, 1989). A capacidade de troca catiônica do solo (CTC) também é influenciada, aumentando a disponibilidade de N e P (PADILHA, 2014). Outro benefício é o efeito significativo que a calagem promove à macroporosidade da camada de 0 a 20 cm, que reflete em maior produção de matéria seca das plantas (CASTRO et al., 2011). Para Alcarde (1992) o sucesso da calagem depende fundamentalmente de três fatores: da dosagem adequada do corretivo, das características desse corretivo utilizado e da sua aplicação correta.

Comumente utilizam-se os calcários calcíticos, magnesianos e dolomíticos e, os silicatos de cálcio e magnésio como corretivos de acidez do solo. Dentre os métodos para a determinação da calagem tem-se: Método da incubação, método do $Al^{3+} + (Ca^{2+} + Mg^{2+})$, Método da Saturação por bases e, o Método SMP (A sigla que identificam o método se referem aos seus criadores: Shoemaker, Mac Lean e Pratt). Recomenda-se, para a cultura da cana-de-açúcar, elevar a saturação por bases para 60% e, conforme Raij (2011) e Oliveira et al. (2018), utiliza-se para o cálculo da dosagem a seguinte expressão:

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

Sendo V = saturação por bases atual do solo; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; e PRNT = poder relativo de neutralização total do corretivo utilizado.

QC = quantidade de calcário

Aliado à calagem, para os sistemas de plantio de cana-de-açúcar tem-se recomendado o uso da gessagem como forma de diminuir a toxicidade do alumínio (Al) presente no solo, arrastando-o para as camadas mais profundas (SOUZA, 2006; OLIVEIRA et al., 2018), visto que este elemento é considerado tóxico às plantas quando encontrado em formas químicas que se ligam ao fósforo disponível no solo. O pH mais baixo, característico de solos ácidos comumente encontrados no Brasil, favorece a presença das formas tóxicas de Al.

No solo, esses compostos se ligam às formas de H_2PO_4^- , de forma que, o P, que é um elemento pouco móvel, torne-se ainda menos disponível para as plantas. Dessa forma, o suprimento com esse elemento pode ser prejudicado. Sendo absorvido pelas raízes das plantas, o alumínio se ligará às estruturas de membrana das células, que são compostas por uma bicamada fosfolipídica, cuja presença do P na sua estrutura, o Al se liga a ele e diminui a fluidez da membrana plasmática, por consequência, a absorção de nutrientes para o interior da célula também diminui (OLIVEIRA et al., 2018). De modo semelhante, o Al se ligará às membranas dos cloroplastos, onde as reações fotoquímicas da fotossíntese ocorrem, isto comprometerá o processo fotossintético e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados pelas plantas é reduzida e, o crescimento e desenvolvimento são prejudicados. De forma geral, os processos fotossintéticos, a respiração celular, passagem de nutrientes e água são afetados pela presença deste elemento, provocando, conseqüentemente, menores rendimentos da cultura da cana (TAIZ e ZEIGER, 2016; OLIVEIRA et al., 2018).

Com a aplicação de gesso, o alumínio presente irá precipitar e isto ocorre devido a possibilidade do SO_4^{2-} , proveniente da solubilização do $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, movimentar-se no perfil do solo e acumular-se nas camadas mais profundas, ligando-se ao Al^{3+} , formando AlSO_4^+ . Quando a camada subsuperficial do solo apresentar teores de Cálcio (Ca) menores que $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e/ou Al^{+3} maior que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e/ou saturação por alumínio maior que 20% deve-se recomendar a aplicação do gesso (RIBEIRO et al., 1999; SOUZA, 2006; OLIVEIRA et al., 2018). Conforme citado por Oliveira et al. (2007), as dosagens de gesso baseiam-se na necessidade de calagem e textura do solo, aplicando-se 1/3 a 1/4 da recomendação da calagem.

2.6.2 Adubação química e orgânica da cana-de-açúcar

A implantação e condução do canavial faz uso de práticas culturais como adubação química e adubação orgânica com vista a estar atento ao fornecimento adequado de nutrientes à cultura, porque a cana-de-açúcar, devido ao elevado potencial produtivo, remove grandes

quantidades de nutrientes do solo (BARBOSA et al, 2002; COLETI et al., 2006; FRANCO et al., 2007). Dessa forma, necessita-se repor os elementos extraídos e utilizados pelas plantas para o seu crescimento e desenvolvimento, garantindo-se, assim, que a produtividade e a longevidade das rebrotas não seja comprometida (DEMATTE, 2005; OLIVEIRA et al., 2011b).

A cana-de-açúcar, por produzir grande quantidade de massa, extrai e acumula, conseqüentemente, grande quantidade de nutrientes do solo. Com base em estudo desenvolvido em várias regiões produtoras de cana-de-açúcar de Alagoas e de Minas Gerais, Oliveira et al. (2018) afirmam que para uma produção de 120 toneladas de matéria natural de forragem por hectare, cerca de 100 t de colmos industrializáveis, o acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta é da ordem de 150, 40, 180, 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 120 t, são por volta de 8,0; 3,0; 0,6; 0,4; e 0,3 kg, respectivamente, valores concordantes com os citados por Orlando Filho (1983), Barbosa et al. (2002) e Mendes (2006).

As adubações químicas usadas na cana-de-açúcar têm sido baseadas em estudos de respostas desta cultura à adubação, em função da fertilidade do solo (MALAVOLTA, 1980; ORLANDO FILHO, 1983) ou, mais atualmente em função da expectativa de produtividade e fertilidade do solo (LOPES & GUILHERME, 2007; RAIJ, 2011). Há também outra possibilidade de adubação, denominada adubação de restituição, que se refere a reposição de nutrientes extraídos pela colheita (OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2018).

Uma prática cultural bastante utilizada na cultura da cana-de-açúcar é a adubação verde nas áreas de reforma ou de implantação do canavial. Adubação verde é o cultivo de plantas com o propósito de incorporá-las ao solo, visando aumentar o teor de matéria orgânica do solo e manter ou, até mesmo, elevar sua fertilidade (MASCARENHAS et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2018). Há diversas formas de se manter ou elevar o teor de matéria orgânica no solo, mas o uso de adubos verdes tem sido uma das mais utilizadas tanto em pequenas, quanto em médias e grandes propriedades (WUTKE e ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2007; DUARTE JÚNIOR e COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2011b).

2.6.3 Adubação fosfatada na cana-de-açúcar

O fósforo é um elemento essencial para o desenvolvimento das plantas, exercendo funções de grande importância no enraizamento da planta, na cinética de absorção e no metabolismo dos nutrientes e do carbono, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, influenciando na qualidade da forragem, no açúcar obtido e na eficiência da

fermentação alcoólica (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011; CALHEIROS et al., 2012). O fósforo originário do adubo é uma molécula de baixa solubilidade, se deslocando pouco no perfil do solo (NOVAIS e SMITH, 1999; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018). Esta baixa solubilidade pode ser mais acentuada na presença de compostos como ferro, alumínio e cálcio, que, na fase sólida do solo, podem reagir com o fósforo. Em solos ácidos, com predomínio de caulinita e óxidos de ferro e alumínio, são mais importantes as combinações de fósforo com o ferro e alumínio, enquanto que em solos neutros ou alcalinos há formação de fosfatos de cálcio, que também é de baixa solubilidade (RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018).

Devido ao pequeno deslocamento do fósforo no perfil do solo, normalmente, se utilizam doses maiores de adubação fosfatada por ocasião do plantio, aplicando o fertilizante no fundo do sulco, com o objetivo de aumentar a eficiência de absorção do nutriente pela cana, nos diversos ciclos (OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2018). Se por um lado a aplicação de fertilizante no fundo do sulco assegura uma localização mais adequada, tanto em relação à menor variação do conteúdo volumétrico de água no solo quanto ao sistema radicular da cana, por outro lado, poderão ocorrer reações de adsorção e de transformação do fósforo que diminuirão a disponibilidade para a cultura, mais notadamente com a acidificação do solo (OLIVEIRA et al., 2007; CALHEIROS et al., 2011). Todavia, a adubação fosfatada realizada por ocasião do plantio na maioria das vezes não é suficiente para assegurar um suprimento adequado desse elemento para as rebrotas, mais especificamente a partir do terceiro ou quarto corte da cana. Porém, pode haver resposta das rebrotas à adubação fosfatada, mas deve-se estar atento à acidez do solo, especialmente quanto ao alumínio trocável (MALAVOLTA et al., 1989; RAIJ, 2011).

O alumínio trocável reage com o fósforo e o produto dessa reação, o fosfato de alumínio, é de baixa solubilidade, conforme citado anteriormente, consequentemente pouco do fósforo aplicado alcançará o sistema radicular da cana e influenciará no metabolismo e crescimento da planta (NOVAIS; SMITH, 1999; OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011). Oliveira et al. (2018) citam estudos e avaliações nos quais foram constatados que em cerca de 95% das amostras analisadas não havia alumínio trocável quando o pH em água (pH H₂O) era próximo ou superior a 5,5 ou, quando a saturação por bases era igual ou maior que 50%. Com base nessas observações, o autor recomenda que em solos com alumínio trocável deve-se primeiramente fazer a correção da acidez para, posteriormente, aplicar a adubação fosfatada na rebrota, caso o terreno tenha alumínio trocável. Quanto ao nível crítico de fósforo no solo de rebrotas de cana-de-açúcar, Oliveira et al. (2018) citam que genericamente pode-se adotar o valor de 10,0 mg de

P por dm³ de solo.

2.7 Cana-de-açúcar na alimentação animal

A cana-de-açúcar tem sido muito utilizada por pequenos, médios e grandes produtores rurais para a alimentação de ruminantes e não ruminantes (OLIVEIRA et al., 2007; BORGES et al., 2012; CALHEIROS et al., 2012; BEZERRA, 2014). Segundo Oliveira et al. (2007), os principais fatores que contribuem para o interesse da cana na alimentação animal são: a) grande produção de forragem por unidade de área e facilidade de cultivo; b) quando madura, mantém seu valor nutritivo como forragem, durante o período da seca, além do baixo custo por unidade de matéria seca (MS) produzida; c) apresenta maior flexibilidade quanto às épocas de plantio e de corte, em comparação com as culturas anuais, o que facilita o gerenciamento da atividade; d) pode ser uma das fontes de energia de menor custo, tanto para rebanhos de pequena, quanto de média e alta produtividades. Essas características também foram observadas por outros pesquisadores, em diversas regiões do Brasil (OLIVEIRA, 1999; NUSSIO et al., 2006; CAIONE et al., 2011; CALHEIROS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014).

As principais características da cana-de-açúcar responsáveis pela alta produtividade de matéria seca (MS) e de sacarose são: sistema radicular fasciculado, profundo e vigoroso, com grande área de absorção de nutrientes e água; eficiente sistema condutor de nutrientes, água e fotoassimilados; alto índice de área foliar, com capacidade adaptativa ao sol e a deficiência hídrica moderada e, eficiente mecanismo de fixação do gás carbônico atmosférico (MALAVOLTA et al., 1997; ALMEIDA et al., 2008; TAIZ e ZEIGER, 2009; OLIVEIRA et al., 2018).

A cana-de-açúcar é uma das poucas forrageiras que mantém ou eleva o seu valor nutricional com o avançar da maturação (OLIVEIRA et al., 2007; BEZERRA, 2014). Enquanto a maioria das forrageiras aumentam principalmente a deposição de lignina e compostos fenólicos e diminuem a proporção de conteúdo celular na medida em que a idade da planta avança, a cana-de-açúcar aumenta a concentração de sacarose nos colmos, influenciando na digestibilidade da matéria seca (VALADARES FILHO et al., 2008; CARVALHO et al., 2010; CRUZ et al., 2010).

A cana, oferecida como alimento volumoso para os animais, apresenta limitações nos teores nutricionais, sendo, determinante na utilização da energia consumida, por essa razão,

visa-se estabelecer formas alternativas para utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal (BOIN e TEDESCHI, 1993).

A necessidade do corte diário da cana *in natura* como forma de uso na alimentação animal, demanda elevado investimento das propriedades, causando uma restrição da logística em fazendas de altas produtividades. A ensilagem da cana-de-açúcar, surge como uma alternativa para a diminuição dos investimentos em cortes diários, horas de recursos humanos diárias para o corte, despalhamento e transporte. Por essa razão, muitos produtores optam por essa prática, como uma forma para contornar as dificuldades operacionais e aumentar a eficiência da cana como forrageira (MATSOUKA; HOFFMANN, 1993; NUSSIO et al., 2003).

Devido a fermentação da cana ocorrer de forma intensa, às leveduras promovem fermentação alcoólica, provocando diminuição nos valores nutritivos, dos carboidratos solúveis e elevando o teor de Fibra em Detergente Neutro (FDN) das silagens. Tentando melhorar a fermentação da cana-de-açúcar foi proposto a adição de produtos químicos à cana, no momento da ensilagem. Uma destas foi a adição de óxido de cal (PAIVA, 1991; BERNARDES et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2007a). A adição do óxido de cálcio a ensilagem da cana-de-açúcar provoca alterações na quebra das estruturas das frações fibrosas, resultando em redução nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e hemicelulose (OLIVEIRA et al., 2008; MOTA et al., 2010). Além disso, Domingues et al. (2011) observaram estabilidade das leveduras, dos valores de pH ruminal e da temperatura do rúmen, indicando a dose de 0,5% de cal virgem para o controle das alterações da atividade aeróbia da forragem.

Em estudo, Resende et al. (2002) analisaram a mistura da cana-de-açúcar mais ureia e sulfato de amônio, como tecnologia simples e de baixo custo, indicando aos produtores que possuem baixa capacidade de investimento. Observaram que, o alimento pode ser oferecido para bovinos de produção, com finalidade para leite ou corte, durante o período seco do ano, sem adição de alimento concentrado.

A principal fonte de energia da cana é a sacarose, que apresenta alta solubilidade e degradação no rúmen. Porém, para o aproveitamento dessa energia, é necessária uma fonte proteica solúvel, que, será utilizada pelos micro-organismos ruminais, formando proteínas microbianas (NUSSIO e SCHMIDT, 2005). O uso da cana mais ureia, é uma alternativa de fácil implantação, capaz de assegurar o fornecimento de uma forragem de bom valor nutritivo, aplicável à maioria das propriedades. A preparação da mistura de cana mais ureia, inicia-se com a pré-mistura de nove partes de ureia para uma de sulfato de amônio. Na primeira semana de adaptação dos animais, será oferecido 0,5% da mistura de ureia mais sulfato de amônio para

100 kg de cana-de-açúcar. E, a partir da segunda semana, utiliza-se 1% da pré-mistura para 100 kg de cana (EMBRAPA, 1997). Considerando o uso da cana-de-açúcar para animais de média e alta produção, deve ser oferecido com atenção, pois, o aumento da oferta da cana na alimentação pode acarretar a diminuição do consumo (COSTA et al., 2005).

A cana-de-açúcar apresenta algumas limitações nutricionais, como a baixa degradabilidade ruminal da fibra, baixos índices de proteína bruta, minerais e extrato etéreo (RODRIGUES et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2007, SIQUEIRA et al., 2012). Os teores de proteína bruta e extrato etéreo podem variar respectivamente entre 1,89-3,34% e 0,61-0,89%. Os teores de minerais variam em função da variedade, podendo apresentar valores entre 0,03% e 3,4%. A deficiência em minerais, tais como P, S, Mg e Co dificulta a digestão de carboidratos e o metabolismo de nitrogênio, diminuindo a digestibilidade de matéria orgânica e a produção de ácidos graxos de cadeia curta (OLIVEIRA, 1999; RABELO et al., 2010; CALHEIROS et al., 2012).

A deficiência em enxofre acarreta em baixa síntese de aminoácidos essenciais (metionina, cisteína e cistina), dificultando a síntese microbiana no rúmen, assim como a deficiência de magnésio, que é essencial na síntese dos ácidos nucleicos. O fósforo contribui na síntese da proteína microbiana e na reciclagem da amônia ruminal e o cobalto é componente estrutural da vitamina B₁₂, que participa do metabolismo do ácido propiônico (VALADARES FILHO et al., 2008; BEZERRA, 2014).

2.8 Análise bromatológicas da cana-de-açúcar destinada a alimentação de ruminantes

As principais análises bromatológicas da cana-de-açúcar, como forragem, incluem os teores de proteína bruta, de fósforo, de enxofre, de açúcares e carboidratos estruturais da forragem (SILVA e QUEIROZ, 2006; BEZERRA, 2014; ALVES et al., 2016; MALAVOLTA et al., 1989; RAIJ et al., 2011; ORLANDO FILHO, 1983; OLIVEIRA et al., 2018). Em relação aos açúcares, as variáveis mais avaliadas são os teores de sólidos solúveis no caldo (“Brix”), teores de sacarose aparente no caldo (“POL”), açúcares redutores no caldo da cana-de-açúcar, fibra dos colmos e total de açúcares recuperáveis, designado ATR (CAIONE et al., 2011; CALHEIROS et al., 2012). A fibra é a matéria insolúvel em água contida nos colmos industrializáveis da cana-de-açúcar. Sua composição é basicamente por celulose, hemicelulose, ligninas, pectinas e pentosanas. Os carboidratos estruturais, também designados de fibra da forragem, são quimicamente constituídos por celulose, hemicelulose e lignina, embora a lignina

seja um composto fenólico e não um carboidrato (ALVES et al, 2016). Na quantificação da celulose, hemicelulose e ligninas, têm-se utilizado detergente neutro, detergente ácido e, ácido sulfúrico. Assim em análises bromatológicas é comum a designação de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA). A FDN é constituída principalmente de hemicelulose, celulose e lignina, eventualmente com algum resíduo de pectina, proteínas e minerais. A FDA é constituída de celulose e lignina, com resíduo de sílica e eventualmente com proteínas (SILVA e QUEIROZ, 2006; ALVES et al., 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi instalado e conduzido em lavoura comercial de produtor associado a Cooperativa Pindorama, localizada no município de Coruripe (10° 9' 41" S e 36° 20' 52" W), sul do Estado de Alagoas, Brasil. Foram realizadas avaliações e amostragens prévias para a escolha do talhão de cana, cultivado com a variedade RB92579, onde seria instalado o futuro estudo. A variedade de cana-de-açúcar RB92579 foi a escolhida por ser atualmente a mais plantada em Alagoas. Coletaram-se amostras de solos nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade em vários talhões, seguindo procedimentos descritos em Oliveira et al. (2007). Após a análise química dos teores de alumínio trocável e de pH do solo (RAIJ et al., 2001), escolheu-se o talhão cujo solo não tinha alumínio trocável na camada de 0 a 20 cm, associado à maior homogeneidade nas rebrotas, com poucas falhas e teor de fósforo no solo, extraído com Mehlich, inferior a 10,0 mg. Nas avaliações e análises químicas do solo foram utilizados os métodos descritos por Oliveira et al. (2007), Donagema et al. (2011) e Raij (2011).

Tabela 2. Resultados da análise do solo das camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 centímetros, referentes ao estudo.

Camada amostrada (cm)	pH H ₂ O	P	K	Na	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
		.----- mg/ dm ³ ----				.-----cmol _c /dm ³ -----						-----(%)----	
0 a 20	6,0	15	34	6	0,00	1,80	1,70	0,50	2,31	2,31	4,11	56	0
20 a 40	5,3	9	21	4	0,10	1,40	1,10	0,30	1,47	1,57	2,87	51	6

Para a condução do estudo, adotou-se o esquema em delineamento experimental em blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições. No final de março de 2017, sulcou-se a entrelinha da cana e implantou-se o estudo. Os tratamentos foram cinco doses de fósforo: zero e sem aplicação (testemunha); 30; 45; 60 e 90 kg de P por hectare (ou 68,7; 103,0; 137,4; 206,1 kg de equivalente a P₂O₅) aplicados no fundo de sulcos, abertos na entrelinha da cana (Figuras 1 A e 1 B). As parcelas foram constituídas de seis sulcos de cinco metros de comprimento, espaçados de 1,00 metro. A fonte de fósforo utilizado foi o superfosfato triplo. Nessa mesma ocasião, todas as parcelas receberam adubação N e K nas doses, respectivamente, de 100 e 125 kg por hectare, sendo utilizados como fonte de adubo, ureia e cloreto de potássio. Após a aplicação manual do fertilizante, o sulco foi coberto com terra e realizou-se a aplicação de herbicida. As avaliações nutricionais ocorreram em janeiro de 2017 e a colheita da cana-de-açúcar aconteceu em novembro de 2017.



Figura 1 A e 1 B. Aplicação do adubo fosfatado no fundo so sulco aberto na estrelinha da cana de quarta rebrota, variedade RB 92579, cultivada em área de associado da Cooperativa Pindorama.

Os valores de precipitação pluvial foram obtidos na Secretaria Municipal de Agricultura do município de Coruripe e estão apresentados na Figura 2.

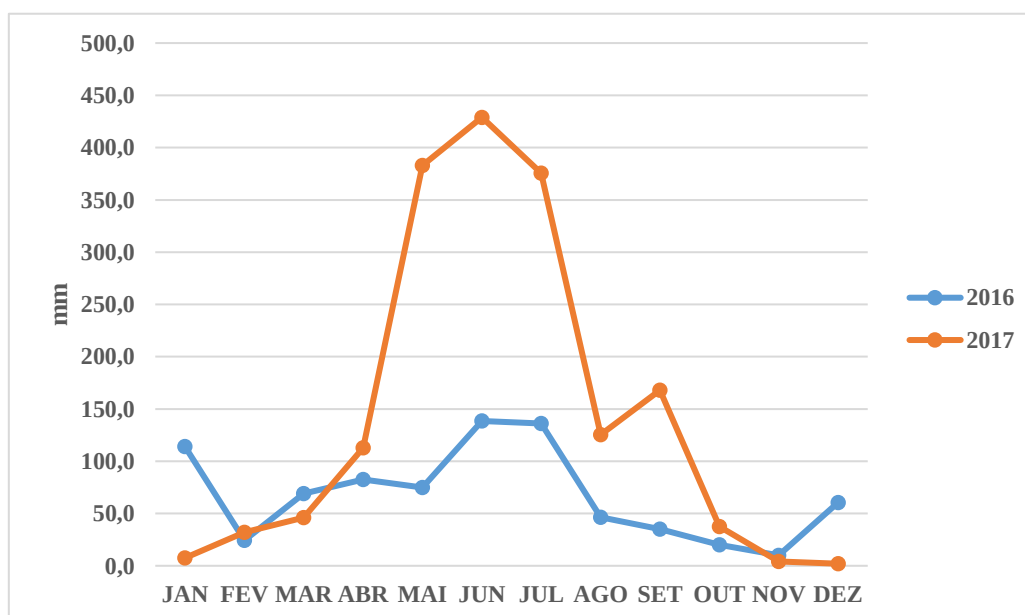


Figura 2. Valores de precipitação pluvial do município de Coruripe, nos anos de 2016 e 2017.

Foram realizadas vistorias semanais para avaliar a necessidade do controle de pragas, especialmente de formigas cortadeiras. Na fase de crescimento máximo da cana de quarta rebrota, julho de 2017, foram coletadas folhas + 3 para avaliação do estado nutricional das plantas, seguindo-se métodos descritos por Malavolta et al. (1997), Oliveira et al. (2007), Raij (2011) e Oliveira et al. (2018). As amostragens foram realizadas nos quatro sulcos centrais da

parcela. O terço médio do limbo foliar foi lavado em água corrente e, posteriormente, com água destilada. A seguir, foi seco a 65°C em estufa de ventilação forçada até obter massa constante. Na sequência, esse material vegetal foi passado em moinho de aço inoxidável, para a quantificação dos teores de macro e micronutrientes, segundo método descrito por Malavolta et al. (1997).

O limbo foliar foi analisado quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os teores de nitrogênio foram determinados pelo método de Kjeldahl; o potássio por fotometria de chama e o fósforo e boro por espectrofotometria. O cálcio, magnésio, cobre, manganês, zinco e ferro foram determinados por meio da espectrofotometria de absorção atômica e o enxofre por turbidimetria (MALAVOLTA et al., 1997; SILVA e QUEIROZ, 2006).

Por ocasião de maturação da cana, dezembro de 2017, foi realizada a colheita e avaliada a produtividade de colmos industrializáveis e de açúcares. À semelhança da coleta da folha +3, as amostragens foram realizadas nos quatro sulcos centrais da parcela. A cana foi cortada rente ao solo e pesada. Uma subamostra foi despalhada e despontada, determinando-se a seguir o percentual de colmos industrializáveis na biomassa da parte aérea. Para avaliar a qualidade do caldo, foram selecionados 10 colmos médios, da amostra de colmos utilizada para avaliar a produtividade de colmos industrializáveis. Essas subamostras foram encaminhadas para o laboratório de análise de caldo da Cooperativa Pindorama. Os colmos foram passados em picadeira de forragem e prensados a 250 kgf cm⁻², por sessenta segundos, conforme procedimento descrito por Fernandes (2000). O caldo obtido foi analisado quanto aos teores de sólidos solúveis (Brix), sacarose aparente (POL) e pureza do caldo, seguindo-se novamente os métodos descritos por Fernandes (2000).

Outra subamostra de 10 plantas, incluindo colmos industrializáveis, ponteiros, folhas secas e folhas verdes foi passada em picadeira de forragem, homogeneizada, tendo-se coletado, posteriormente, subamostras de aproximadamente 2,0 kg para determinação da matéria seca de biomassa da parte aérea da cana-de-açúcar (colmos industrializáveis, ponteiros, folhas secas e folhas verdes) e análises bromatológicas. As subamostras da biomassa da parte aérea da cana-de-açúcar foram secas a 65°C em estufa de ventilação forçada até massa constante. Na sequência, esse material vegetal foi passado em moinho de aço inoxidável, para as análises bromatológicas, realizadas segundo Malavolta et al. (1997), Detmann et al. (2012).

Os valores médios dos teores de nutrientes na folha +3, do acúmulo de biomassa na parte aérea, produção de colmos industrializáveis, dos teores de sólidos solúveis (Brix) e de sacarose aparente no caldo (POL), da pureza do caldo, da produção de açúcares de recuperáveis

(ATR), bem como dos teores de celulose, hemicelulose e lignina na biomassa área da RB92579, foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa computacional Sisvar, seguindo os métodos de Ferreira (2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados e discutidos os resultados relacionados ao estado nutricional da variedade de cana-de-açúcar RB92579, em função da adubação fosfatada aplicada em sulco aberto na entrelinha da quarta rebrota e, posteriormente, os resultados da qualidade dos colmos e do caldo e, a produção de colmos industrializáveis e de açúcares. Na Tabela 3 é apresentado o quadrado médio das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes na folha +3 da RB92579. Pela análise desta tabela, verifica-se que não houve efeito dos tratamentos para nenhum dos elementos analisados. Especificamente para o fósforo, a ausência de resposta não se deveu a variabilidade experimental, uma vez que o coeficiente de variação para esse elemento foi de 11,55%.

Tabela 3. Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes na folha +3 da RB92579, em função da adubação fosfatada aplicada em sulco aberto na entrelinha da quarta rebrota.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
		----- (g/kg) -----					
Adubação fosfatada	4	0,2000 ^{ns}	0,0062 ^{ns}	2,3000 ^{ns}	0,0117 ^{ns}	0,0255 ^{ns}	0,0167 ^{ns}
Bloco	3	3,7833	0,0200	4,9800	0,0193	0,0351	0,0493
Resíduo	12	1,0333	0,0646	1,0667	0,0514	0,0251	0,0147
Média Geral		20,85	2,20	13,95	2,37	1,45	1,88
C.V. (%)		4,88	11,55	7,40	9,57	10,90	6,46
Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	
		----- (mg/kg) -----					
Adubação fosfatada	4	0,0030 ^{ns}	0,1250 ^{ns}	16,37 ^{ns}	0,8000 ^{ns}	1,550 ^{ns}	
Bloco	3	0,5765	0,8500	84,18	13,06	1,783	
Resíduo	12	0,6740	0,2250	18,80	4,733	2,450	
Média Geral		5,64	3,25	48,25	18,20	16,05	
C.V. (%)		14,54	14,60	8,99	11,95	9,75	

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

Comparando os teores foliares de nutrientes encontrados nesse estudo com os citados por Orlando Filho (1983); Malavolta et al. (1997); Oliveira et al. (2007) e Raij (2011), verifica-se que as plantas apresentaram teores insuficientes apenas para os micronutrientes B, Cu e Mn, conforme mostrado nas Figuras 3 e 4.

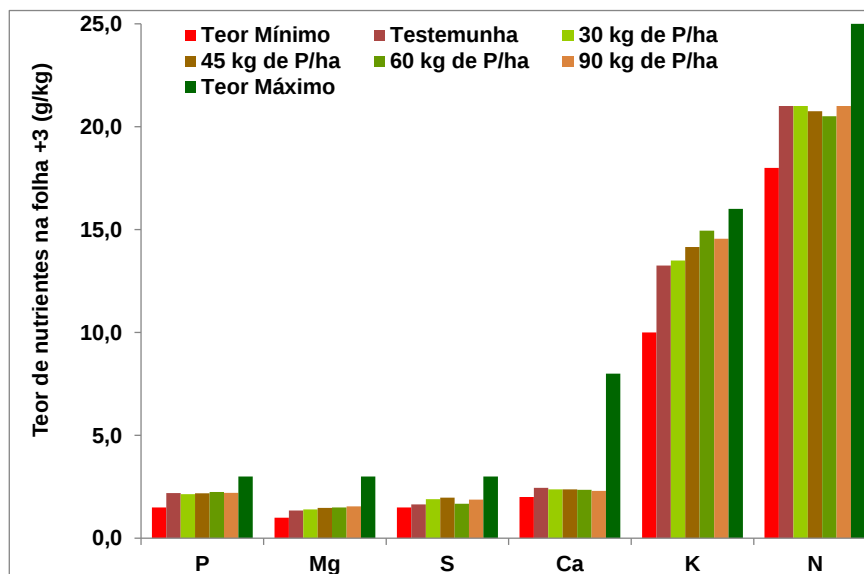


Figura 3. Teores foliares de macronutrientes no limbo foliar do terço médio da folha +3, da variedade RB92579, em função da adubação fosfatada aplicada em sulco aberto na entrelinha da quarta rebrota, comparativamente aos resultados citados na literatura como mínimo e máximo.

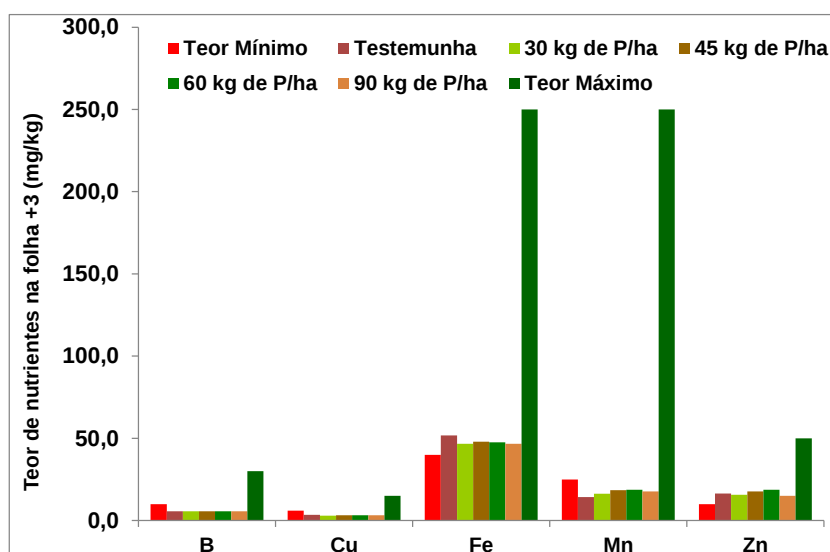


Figura 4. Teores de micronutrientes no limbo foliar do terço médio da folha +3, da variedade RB92579, em função da adubação fosfatada aplicada em sulco aberto na entrelinha da quarta rebrota, comparativamente aos resultados citados na literatura como mínimo e máximo.

A deficiência de cobre e de manganês tem sido frequente nos trabalhos conduzidos por este grupo de pesquisa, em lavouras do nordeste de Minas Gerais – sul da Bahia, até o Rio Grande do Norte (OLIVEIRA et al., 2011a; OLIVEIRA et al., 2014). Os solos dessas regiões têm baixos teores de cobre e de manganês, assim, o suprimento é inadequado e as plantas geralmente estão deficientes nesse microelemento. Conforme citado por Oliveira et al. (2007), a análise foliar e o histórico da variedade são informações que auxiliam nas medidas preventivas

em relação a deficiência de micronutrientes, que, apesar dos solos brasileiros normalmente disponibilizarem concentrações ideais desses elementos, para o cultivo da cana-de-açúcar nesta região, tem sido recorrente a necessidade de adubações químicas para suprir as deficiências desses micronutrientes, especialmente Cu e Mn.

No estudo conduzido por Oliveira et al. (2014) em Serra dos Aimorés, nordeste de Minas Gerais, observou-se efeito varietal para a concentração foliar de Mn tendo a RB92579 apresentado concentração média de 11 mg kg^{-1} , enquanto para a RB867515 e SP791011 esse teor foi de 19 mg kg^{-1} . Assim, nesse ambiente edafoclimático a RB92579 teve cerca de metade da concentração foliar de Mn da RB867515 e SP791011. Contudo, os autores verificaram que o cobre constituiu a maior limitação nutricional, uma vez que o valor médio dos teores foliares desse nutriente, nas três variedades de cana (RB867515, RB92579 e SP791011) foi de apenas $1,50 \text{ mg kg}^{-1}$, quatro vezes menor que o mínimo, conforme citação de Orlando Filho (1983); Malavolta et al. (1997); Oliveira et al. (2007) e Raij (2011).

Em estudos conduzidos no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA- UFAL), por Oliveira et al. (2011a), também foram constatadas grandes deficiências de cobre. Em pesquisas conduzidas por Oliveira et al. (2011a) em diversas lavouras de cana de açúcar do Estado de Alagoas, observou-se que os teores foliares de cobre e manganês estavam em concentração inferior ao valor mínimo citados por Malavolta et al. (1997) e Oliveira et al. (2007).

Não foram encontrados trabalhos de pesquisas relacionando a deficiência de cobre com a qualidade nutricional da cana-de-açúcar para a alimentação animal. Entretanto, para a cana-de-açúcar destinada a produção de açúcar, a deficiência de cobre além de comprometer o potencial produtivo da planta, acarreta alterações metabólicas que comprometem a qualidade do caldo, pois esse nutriente é constituinte das metaloenzimas polifenol oxidase e amilase (ROBSON et al., 1981; MARZIAH e LAM, 1987; MALAVOLTA et al., 1997) e, portanto, sob atuação deficiente destas enzimas há acúmulo de compostos fenólicos e de amido. Os compostos fenólicos, o amido e as clorofilas são substâncias que influenciam negativamente na cor do caldo e, conseqüentemente, na do açúcar, diminuindo a qualidade e a aceitabilidade do produto (OLIVEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014).

Em relação ao nitrogênio, segundo Oliveira et al. (2007), o acúmulo de N pela cultura da cana varia de acordo com a variedade, idade da cultura, disponibilidade dos nutrientes e fatores edafoclimáticos. Trabalhos conduzidos por Oliveira et al. (2002) indicaram que a extração de N em cana-planta oscila em torno de $1,2 \text{ kg t}^{-1}$ de matéria natural da parte aérea e

em sistemas de alta produção, em torno de 120 t ha⁻¹, a quantidade absorvida de N pela planta ultrapassa os 180 kg ha⁻¹. O metabolismo e absorção deste elemento são muito influenciados pela presença de P. Plantas com maior suprimento de fósforo absorvem mais nitrato em comparação com aquelas que não dispõem deste nutriente (MAGALHÃES, 1996).

Em canaviais com bom suprimento de fósforo e de potássio, os teores foliares destes elementos tem oscilado de 2,0 a 3,0 mg de P kg⁻¹ de matéria seca do limbo foliar e, para o potássio, essas concentrações encontram-se entre 13,0 a 16,0 mg de K kg⁻¹ de matéria seca do limbo foliar (OLIVEIRA et al., 2007). Entretanto, canaviais com boa produtividade nas rebrotas têm apresentado teores foliares menores que o mínimo definido por Malavolta et al. (1997), Oliveira et al. (2007) e Raij (2011). Um exemplo é o resultado do estudo conduzido por Mendes (2006). Esse autor avaliou os teores foliares de P e K em oito variedades de cana, todas atualmente muito plantadas, incluindo a RB867515 e, constatou teores foliares de P variando de 1,3 a 1,6 mg kg⁻¹ e, para o potássio os valores estiveram entre 9,2 a 13,1. Contudo, as produções de forragem oscilaram de 83 t ha⁻¹, na variedade RB855536, a 113 t ha⁻¹ na variedade RB867515. Estudo conduzido por Oliveira et al. (2014), verificou-se que o teor de potássio no limbo da RB867515 era de 9,20 g kg⁻¹, portanto insuficientes segundo Malavolta et al. (1997), Oliveira et al. (2007) e Raij (2011), entretanto, a produção de forragem alcançou 155 t de matéria natural por hectare.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados da análise de variância para qualidade do caldo e produção de açúcar pela RB92579. Nenhuma das sete variáveis relacionadas à qualidade dos colmos e do caldo e a produção de açúcar foi influenciada pela adubação fosfatada aplicada no sulco aberto na entrelinha da cana de quarta rebrota.

Tabela 4. Quadrados médios (QM) dos teores de sólidos solúveis no caldo (Brix), dos teores sacarose aparente nos colmos (PCC), da pureza do caldo (Pureza), fibra dos colmos (Fibra), total de açúcares recuperáveis por tonelada de colmos industrializáveis (ATR1), da tonelada de colmos industrializáveis por hectare (TCH) e do total de açúcares recuperáveis por hectare (ATR2), da variedade de cana-de-açúcar RB92579, em função da adubada fosfatada aplicada na quarta rebrota.

Fonte de variação	Brix	PCC	Pureza	Fibra	ATR1	TCH	ATR2
	QM						
Dose de P	0,3709 ^{ns}	0,1482 ^{ns}	1,225 ^{ns}	0,2581 ^{ns}	14,671 ^{ns}	19,706 ^{ns}	0,731 ^{ns}
Bloco	0,0370 ^{ns}	0,1743	1,1348	0,1370	19,656 ^{ns}	37,80	0,8838
Média geral	19,85%	14,04%	88,43%	13,70%	140,9 kg/t	71,2 t/ha	10,1 t/ha
C.V.(%)	2,98	6,28	3,14	3,23	3,96	9,57	9,87

ns; não significativo a 5,0% pelo teste F.

Essa ausência de resposta à adubação fosfatada não se deveu a variabilidade experimental, uma vez que o coeficiente de variação para todas estas variáveis foi inferior a 10%. Provavelmente essa ausência de resposta deveu-se ao teor de fósforo no solo, associado ao volume de chuvas. Estudo clássico conduzido por Ruiz et al. (1988) mostrou que o aumento da disponibilidade de água no solo resultou em maior absorção de fósforo pela soja. Neste trabalho, conduzido com amostras de um latossolo vermelho-amarelo (LVam) álico de textura média e de um latossolo vermelho-amarelo de textura muito argilosa (LVar), cultivados com a soja sob condições de cultivo em casa de vegetação, foram estudados os principais fatores que regulam o transporte do fósforo na solução do solo, determinando-se os níveis críticos, conforme a disponibilidade de água nas amostras dos dois latossolos de texturas diferentes. As variáveis utilizadas para estimar os níveis críticos foram a área foliar e massa seca das raízes desenvolvidas no solo. Verificou-se diminuição generalizada desses parâmetros com o decréscimo do potencial matricial, em paralelo, houve também diminuição dos níveis críticos de P com a diminuição do potencial matricial, atribuída a um efeito conjunto sobre o transporte de nutrientes e sobre o crescimento radicular. O teor de P na parte aérea, calculado para as doses de fósforo correspondente ao nível crítico, aumentou com o incremento de água no solo.

O aumento da disponibilidade hídrica do solo, segundo Ruiz et al. (1988), foi mais efetivo que a adubação no aumento da quantidade de fósforo absorvido pela soja, visto que este nutriente é transportado ao sistema radicular fundamentalmente por difusão, e esta é dependente do conteúdo volumétrico de água no solo. Assim, a aplicação externa de fósforo torna-se pouco eficiente em solos com baixa umidade por não haver quantidade de água suficiente para o transporte do nutriente à superfície radicular. De semelhante modo, o alto volume de chuvas no período em que o presente estudo foi conduzido, possivelmente justifica a ausência de resposta à adubação fosfatada, visto que o maior teor de umidade no solo teria repercutido em maior transporte de P, por difusão, às raízes da cana-de-açúcar.

As concentrações de sólidos solúveis, sacarose aparente no caldo e pureza situaram-se próximas às citadas por Fernandes (2000); Oliveira et al. (2011a), Oliveira et al. (2011b) e Oliveira et al. (2017). Nos estudos conduzidos por Oliveira et al. (2011a) em Boca da Mata, a fibra dos colmos da RB867515 foi em média de 12,2% e, com teores de sólidos solúveis, sacarose aparente no caldo e pureza, respectivamente de 20,2; 16,5 e 82,5%. Em pesquisa também conduzida em Boca da Mata, Oliveira et al. (2017) constataram que a quantidade de açúcares recuperáveis pela RB92579, no ciclo de cana-planta e de primeira rebrota foi respectivamente de 141 e 148 kg por tonelada de colmos industrializáveis, valores próximos

aos observados no presente estudo. Com base nas citações anteriores pode-se inferir que a RB92579 estava madura e o caldo tinha bons teores de açúcares.

A produção média de colmos industrializáveis da RB92579 foi de 71,2 t ha⁻¹. Silva (2013), em pesquisa conduzida em Anadia – AL, com as variedades RB867515, RB92579, SP813250 e VAT90212 nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas, observou que as variedades não diferiram entre si quanto à produtividade de colmos industrializáveis e de açúcares, apresentando 126, 102 e 86 t ha⁻¹ de produtividade de colmos nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas, respectivamente. A produção de açúcar da RB92579 foi da ordem de 12,0 t de açúcar por hectare. Nos estudos conduzidos por Oliveira et al. (2014), na região de Serra dos Aimorés, nordeste de Minas Gerais, verificou-se que a produção de açúcar da RB867515 e da RB92579 foi estatisticamente igual, com valores médios, respectivamente, de 17,51 e 19,00 t por hectare.

Conforme citado anteriormente, especula-se que as condições edafoclimáticas (solo arenoso e, distribuição e volume de chuvas) têm influenciado nos resultados obtidos, entretanto em estudo conduzido por Zambrosi (2011) em Penápolis, SP, com a variedade SP81-3250, cultivada em latossolo vermelho amarelo, com teor de fósforo de 5,0 mg dm⁻³ (extraído com resina), sem alumínio trocável, constatou-se que tanto o estado nutricional da cana quanto a produtividade foram influenciadas positivamente pela adubação da rebrota. Nesse estudo, houve aumento de produtividade de colmos de cerca de 20 toneladas por hectare quando se adubou a rebrota com 90 kg de P₂O₅ por hectare. Weber et al. (2001), em estudos conduzidos com a variedade RB72454, em Cambará, no Paraná, em solo com teor de P de 4,0 mg dm⁻³ (extraído com Melhich), sem alumínio trocável, observaram aumento de produtividade da quarta rebrota de aproximadamente 10 t de colmos industrializáveis por hectare, quando essa rebrota foi adubada com 100 kg de P₂O₅ por hectare, associados à adubação N e K tradicionalmente utilizada pela usina de cana-de-açúcar.

A análise de variância para a produção de forragem, com base na matéria natural (Prod. MN) e na matéria seca (Prod. MS) e, dos teores de proteína bruta (PB), fósforo (P), enxofre (S), celulose (Cel.), hemicelulose (Hem.), lignina (Lig.), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e índice de toneladas de açúcares por tonelada de matéria seca (t ATR/ t de MS), da variedade de cana-de-açúcar RB92579, em função da adubada fosfatada aplicada em sulco aberto na entrelinha da quarta rebrota estão apresentados na tabela 5.

Novamente constatou-se que nenhuma dessas nove variáveis relacionadas à produção e qualidade da forragem da RB92579 foi influenciada pela adubação fosfatada aplicada em sulco aberto na entrelinha da quarta rebrota. Provavelmente essa ausência de resposta deveu-se ao teor de fósforo no solo, associado ao volume de chuvas, conforme discutido anteriormente, o que estaria de acordo com as informações citadas por Ruiz et al. (1988). Para a produção de forragem obtiveram-se valores médios de 95,6 t/ha de matéria natural; 30,35 t de matéria seca por hectare. Considerando que a cana era de quarta-rebrota, essa produção de forragem pode ser considerada de média a alta, uma vez que em Alagoas a fase de máxima disponibilidade hídrica não coincide com a fase de máxima disponibilidade luminosa, assim, comparativamente ao centro-sul do Brasil, a produtividade dos canaviais não irrigados no nordeste do Brasil é menor.

Tabela 5. Quadrados médios (QM) para a produção de forragem, com base na matéria natural (Prod. MN) e na matéria seca (Prod. MS), e dos teores de proteína bruta (PB), fósforo (P), enxofre (S), celulose (Cel.), hemicelulose (Hem.), lignina (Lig.), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e índice de toneladas de açúcares por tonelada de matéria seca (t ATR/ t de MS), da variedade de cana-de-açúcar RB92579, em função da adubada fosfatada aplicada na quarta rebrota.

Fonte de variação	Prod. MN	Prod. MS	PB	P	S	Cel.
	----- QM -----					
Dose de P	35,484 ^{ns}	1,662 ^{ns}	0,2057 ^{ns}	0,0076 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	123,17 ^{ns}
Bloco	68,033 ^{ns}	8,491 ^{ns}	0,4099 ^{ns}	0,0251 ^{ns}	0,0053 ^{ns}	673,65 ^{ns}
Média	95,63 t/ha	30,35 t/ha	16,81g/kg	0,70 g/kg	0,61 g/kg	229,95 g/kg
C.V. (%)	9,57	10,59	8,21	13,59	14,10	5,98
Fonte de variação	Hem.	Lig.	FDN	FDA	t ATR/ t de MS	
	----- QM -----					
Dose de P	278,30 ^{ns}	1,100 ^{ns}	759,01 ^{ns}	129,72 ^{ns}	0,0044 ^{ns}	
Bloco	569,18 ^{ns}	7,232 ^{ns}	2.6424 ^{ns}	781,21 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	
Média	226,37 g/kg	37,36 g/kg	493,68 g/kg	267,31 g/kg	0,3312	
C.V. (%)	9,17	7,68	6,42	5,25	5,13	

ns; não significativo a 5,0% pelo teste F.

Os valores médios dos teores de proteína bruta, fósforo e enxofre na forragem, obtidos no presente estudo foram respectivamente de 16,81; 0,70 e 0,61 g/kg (Tabela 5). Calheiros et

al. (2011) em estudos conduzidos no Centro de Ciências da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL) relatam valores médios de proteína bruta e de fósforo na matéria seca da parte aérea das variedades RB867515 e RB92579, no ciclo de primeira rebrota, respectivamente de 25,3 e 0,26 g/kg. Possivelmente os maiores valores relatados por Calheiros et al. (2011), comparativamente ao presente estudo, refletem em parte a maior fertilidade do solo do CECA/UFAL. Entretanto, Oliveira et al. (2018) citando vários estudos conduzidos no centro-sul do Brasil, comentam que disponibilidade de nitrogênio no solo ou de doses de adubação nitrogenada nas rebrotas tem efeito muito pronunciado no aumento da produtividade da cana-de-açúcar, mas o efeito sobre o teor de proteína bruta na forragem é mais discreto. Em um desses estudos, com a variedade RB867515, o teor de proteína bruta elevou de 21,83 g/kg na testemunha para 30,50 g/kg no tratamento que recebeu 300 kg de N por hectare. Salas et al. (1992) em estudo de adubação com doses de zero, 80, 150 e 300 kg de N por hectare por ano, também verificaram que a fertilização provocou alterações muito pequenas no valor nutricional, havendo por outro lado grande influência da idade da cana sobre o teor proteico. O teor máximo de proteína; 33,7 g/kg foi observado aos seis meses de idade da cana.

Os valores médios de proteína bruta obtidos no presente estudo são insuficientes para assegurar bom funcionamento do rúmen. Conforme citado anteriormente uma das limitações nutricionais da cana-de-açúcar são os baixos teores proteico, de fósforo e de enxofre, insuficientes para atender ao requerimento nutricional de ruminantes adultos. Oliveira et al. (2007) citam que o requerimento nutricional de animais de corte, de menor demanda que vacas leiteiras, é de forragem com 70 a 110 g de proteína bruta por kg de matéria seca. Silva et al. (2007) apresentam resultados de avaliações bromatológicas realizadas por 20 autores, em quatorze variedades de cana atualmente cultivadas e, citam que os teores máximos de proteína foram de 33,7 g/kg.

Além da cana-de-açúcar ter baixos teores de proteína bruta, boa parte desses compostos nitrogenados encontraram-se ligados à parede celular, na forma de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e de nitrogênio insolúvel em detergente ácido. O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), é de lenta degradação no rúmen, enquanto o insolúvel em detergente ácido é praticamente indigestível, estando associado a lignina e a outros compostos de difícil degradação (CARDOSO et al., 2004; SILVA et al., 2007).

Em dietas à base de cana-de-açúcar sem suplementação com fontes de nitrogênio não proteico (ureia + sulfato de amônio) ou proteína degradável no rúmen, os níveis de nitrogênio amoniacal no rúmen, encontravam-se na faixa de 100 a 400 mg/L, abaixo do valor mínimo que

é de 500 mg/L para a obtenção do máximo crescimento microbiano e muito inferiores ao valor de 2.300 mg/L para taxas máximas de fermentação ruminal (LIMA & MATOS, 1993). Uma alternativa adotada na alimentação dos ruminantes é a mistura de ureia e sulfato de amônio à cana-de-açúcar picada, contudo a parede celular da cana-de-açúcar tem digestão lenta e grande tempo de retenção no rúmen, resultando em limitação no consumo de matéria seca pelo animal devido ao enchimento do rúmen (LIMA & MATOS, 1993; OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007).

Os valores médios de celulose, hemicelulose e lignina obtidos no presente estudo foram respectivamente de 229; 226 e 37 g/ kg. Valores semelhantes foram observados por Bezerra et al. (2017) em estudo conduzido com a RB92579 no semiárido de Pernambuco. A hemicelulose e a celulose são fermentadas pelos micro-organismos do rúmen com relativa facilidade, entretanto, a média que aumenta o teor de lignina, esta forma complexo com a hemicelulose e a celulose e o grau de fermentação diminui, podendo chegar a zero, segundo Pinto et al. (2003). Para a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e para a fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram observados valores médios de 493 e 267 g/kg. Na pesquisa conduzida por Bezerra et al. (2014), a RB92579 teve valores médios de FDN e FDA respectivamente de 477 e 261, muito próximos aos observados no presente estudo.

Em estudo conduzido por Pinto et al. (2003) observou-se que os valores médios de FDN e FDA para quinze variedades de cana-de-açúcar foram respectivamente de 498 e 312 g/kg. Mertens (2001) verificou que para vacas em lactação e produção de 25 a 30 de litros de leite, consumindo uma dieta com 35% de FDN, obtiveram resultados favoráveis ao estímulo do consumo de matéria seca e fibra. Para o NRC (2001), observando a proporção de FDN da forragem, esse valor, deve constar entre 25 e 33%. O valor médio do índice toneladas de açúcares recuperáveis (t de ATR) por tonelada de matéria seca (t de MS) obtido no presente estudo foi de 0,3312; significando que 33,12% da matéria seca da parte aérea da cana-de-açúcar é constituído por açúcares. Esse valor é igual ao sugerido por Rodrigues et al. (2002) e Silva et al. (2007) como referência para avaliação de variedades de cana-de-açúcar recomendadas para a alimentação de ruminantes.

5 CONCLUSÕES

No ano de condução do estudo houve boa precipitação pluvial na fase de crescimento máximo da cana-de-açúcar e, essa disponibilidade hídrica possivelmente influenciou na ausência de resposta à adubação fosfatada sobre todas as variáveis estudadas.

As plantas apresentaram teores insuficientes apenas para os micronutrientes boro (B), cobre (Cu) e manganês (Mn), sendo explicado pelos baixos teores dos nutrientes no solo do local do estudo.

A produção média dos colmos industrializáveis da RB 92579 foi de 71, 2 t ha⁻¹ e a produção de açúcares foi de 12 t ha⁻¹. Para a produção de forragem obteve-se valores médios de 95,6 t ha⁻¹ de matéria natural, sendo, a produção da matéria seca de 30,35 t por hectare.

Os valores de proteína bruta e fósforo foram muito baixos, caracterizando a cana-de-açúcar como um alimento de baixa qualidade nutricional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L.; SILVA, M.A.; TENORIO, I.; HOLANDA, L.A.; SAMPAIO, G.D. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p.262-270, 2013.

ALCARDE, J.C. Corretivo de acidez dos solos: características e interpretações técnicas. **São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas**, 1992, p. 26. (Boletim Técnico, 6).

ALMEIDA, A. C. S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p 1441-1448, 2008.

ALVES, A. R.; PASCOAL, L. A. F.; CAMBUÍ, G. B.; TRAJANO, J. S.; SILVA, C. M.; GOIS, G. C. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **PUBVET – Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 10, n. 7, p. 568 – 579, 2016.

BACCHI, O.O.S. Botânica da cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord). Nutrição e adubação de cana-de-açúcar no Brasil. **Piracicaba: IAA/Planalsucar**, v. 2, p. 25 – 37, 1983.

BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, M. W.; SILVEIRA, L. C. I.; DAMASCENO, C. M.; MENDES, L. C. Acúmulo e alocação de nutrientes pela RB72454 no ciclo de cana-planta. In: 8º CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 2002, Pernambuco. Anais do 8º CONGRESSO NACIONAL DA STAB. Recife: STAB, 2002. v. 1. p. 264-267.

BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R.; BERCHIELLI, T. T.; COAN, R. M. Avaliação de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 269-275, 2007.

BEZERRA, J. D. C. **Competição de variedades de cana-de-açúcar para forragem no agreste de Pernambuco**. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2014.

BEZERRA, J. D. C.; FERREIRA, G. D. G.; CAMPOS, J. M. S.; OLIVEIRA, M. W.; ANDRADE, A. P.; Nascimento Júnior J.R.S. Biometric and chemical characteristics of sugarcane varieties for use as forage in limiting soil water conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia** n. 46, p. 384-392, 2017.

BOIN, C.; TEDESCHI, L. O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. In PEIXOTO, A. M. et al. (ed.) SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., Piracicaba, 1993. Cana-de-açúcar e seus substratos para bovinos. **Anais...** Piracicaba: Fealq, p. 107-126, 1993.

BORGES, A. L. C. C.; SILVA, R. R.; LAGE, H. F.; BORLINI, D. C.; CAMPOS, M. M. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. **Revista Veterinária & Zootecnia**, v 1, n 114, p. 36, 05 set. 2012.

BRADY. N.C. **Natureza e Propriedade dos solos**. 7ed. New York: John Willey, 1989. 898p.

BRAGA, R. L. C.; LANDELL, M. G. A.; SILVA, D. N.; BIDOIA, M. A. P.; SILVA, T. N.; TOMAZINHO, G. R.; SILVA V. H. P. Censo Varietal Iac No Brasil - Safra 2016/17 e na Região Centro-Sul – Safra 2017/18. **A/C Revista Canavieiros**. Sertãozinho – SP, n. 140, p. 120, Fev. 2018.

BRUNINI, O. Ambiente climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2008. p. 205- 218.

CAIONE, G.; LANGE, A.; BENETT, C. G. S.; FERNANDES, F. M. Fontes de fósforo para adubação de cana-de-açúcar forrageira no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Online), v. 41, p. 66-73, 2011.

CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M. W. de.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. V. de S.; COSTA, J. P. V. da.; LIMA, G. S. de A.; ARISTIDES, E. V. dos S. Acúmulo de nutrientes e produção de sacarose de duas variedades de cana-de-açúcar na primeira rebrota, em função de doses de fósforo. **STAB**, Piracicaba, v. 29, n. 3, p. 34 – 37, jan. / fev. 2011.

CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M. W.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. V. S.; SANTIAGO, A. D.; ARISTIDES, E. V. S. Produção de biomassa, de açúcar e de proteína em função de variedades de cana e de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 809-818, abr. 2012.

CARDOSO, G.C.; GARCIA, R.; SOUZA, A.L. de; PEREIRA, O.G.; ANDRADE, C.M.S. de; PIRES, A.J.V.; BERNARDINO, F.S. Desempenho de novilhos Simental alimentados com silagem de sorgo, cana-de-açúcar e palhada de arroz tratada ou não com amônia anidra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.6, p.2132-2139, nov./dez. 2004. Suplemento 2.

CARVALHO, M. V.; RODRIGUES, P. H. M.; LIMA, M. L. P. Composição bromatológica e digestibilidade de cana de açúcar colhida em duas épocas do ano. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.47, n.4, p.298-306, 2010.

CASTRO, G.S.A.; CALONEGO, J.C. CRUSCIOL, C.A.C. Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1690–1698, 2011.

COLETI, J. T.; CASAGRANDE, J. C.; STUPIELLO, J. J.; RIBEIRO, L. D.; OLIVEIRA, G. R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em Argissolos, variedades RB83486 e SP81-3250. **STAB – Açúcar, Alcool e Subprodutos**, 24:32-36, 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Quarto Levantamento, p. 77, 2018.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Primeiro Levantamento, p. 4, 2015.

COSTA, M.G.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MENDONÇA, S.S.; SOUZA, D.P.; TEIXEIRA, M.P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2437-2445, 2005.

CRUZ, P. G.; FIGUEIREDO, M. P.; PEREIRA, L. G. R.; BERGAMASCHI, K. B.; RODRIGUES, C. S.; RECH, C. L. S. Fracionamento e cinética da fermentação ruminal *in vitro* dos carboidratos de cinco variedades de cana-de-açúcar. **Ciência Animal Brasileira** (Online), v. 11, p. 784-793, 2010.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R.A.; BARBOSA, G.V.S. **45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar**: 25 anos de Ridesa. Curitiba: Graciosa, p. 156, 2015.

DEMATTE, J. L. I. Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. **Informações Agronômicas**, n 111, set., 2005

DEMATTE, J. L. L.; DEMATTE, J. A. M. Ambientes de produção como estratégia de manejo na cultura da cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, v. 127, 2009.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZAVEDO, J.A.G. Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal Suprema. Visconde do Rio Branco, 2012.

DIOLLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.). Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool – tecnologia e perspectivas. **Viçosa**: Suprema, p. 25 – 49, 2010.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P.T.P.; SANTOS, J. MOTA, D.A. Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.715-719, 2011.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, DVB de; CALDERANO, SB TEIXEIRA. WG; VIANA, JHM (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**, v. 2, 2011.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. Adubos Verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistemas de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p.723-732. 2008.

EMBRAPA G. L. **Manual Técnico Trabalhador na Bovicocultura de Leite**. Belo Horizonte: SENAR – AR/ MG e EMBRAPA, p. 271, 1997.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO. Disponível em: < <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/992186/>> Acesso em 23 jul. 2019.

FAQUIN, V. Diagnose do Estado Nutricional das Plantas. **Lavras**: UFLA/FAEPE, p.77, 2002.

FERNANDES, A. C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. **STAB - Sociedade dos Técnicos Açucareiro e Alcooleiros do Brasil**. 2000. 193p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e o papel do Instituto Agrônômico no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A.. (Org.). Cana-de-Açúcar. 1 ed. **Campinas**: Instituto Agrônômico de Campinas v. 1. p.31-44. 2008.

FRANCO, H. C. J.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. **Bragantia**. São Paulo, v. 66, p. 669-674, 2007.

GOLDEMBERG, J. Ethanol for a sustainable energy future. **Science**, v. 315, n. 5813, p. 808-810, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA– IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201105_4.shtm> Acesso em 23 jul. 2019.

LIMA, M. L. M.; MATTOS, W. R. S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 77-105

LOPES, A. S.; GUILHERME L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, F.R. et al. Fertilidade do solo. **Viçosa**, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1 – 64, 2007.

MAGALHÃES, J.V. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantios de milho (*Zea mays* L.) submetidos a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva**. 1996, 76p. Dissertação de mestrado (Mestrado em solos e nutrição mineral de plantas) – Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e Aplicações (2ª Edição). **Piracicaba**: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, p. 319, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 201p.

MARZIAH, M.; LAM, C. H. Polyphenol oxidase from soybeans (*Glycine Max* v. Palmetto) and its response to copper and other micronutrients. **Journal of Pant Nutrition**, v.10, p. 2089-2094, 1987.

MASCARENHAS, H. A. A.; WUTKE, E. B.; TANAKA, R. T. Leguminosas adubos verdes em áreas de renovação de canavial no Estado de São Paulo. **Informações Agronômicas**, n. 124, dezembro. 2008.

MENDES, L. C. **Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006, 46p. Dissertação (Mestrado.) – UFV/Viçosa, 2006.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, DPS, p. 399, 1999.

MERTENS, D. R. Physical effective NDF and its use in formulating dairy rations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE, 2, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA-FAEPE, p. 25 – 36, 2001.

MOTA, D.A.; OLIVEIRA, M.D.S.; DOMINGUES, F.N.; MANZI, G.M.; FERREIRA, D.S.; SANTOS, J. Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou cal hidratada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1186-1190, 2010.

NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th ver. Edn. Natl. Acad. Press, Washington, DC. 2001.

NUSSIO, L. G.; ROMANELLI, T. L.; ZOPOLLATTO, M. Tomada de decisão na escolha de volumosos suplementares para bovinos de corte em confinamento. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 5, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, p. 1-14, 2003.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agrônômicos e nutricionais. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA: VISÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO LEITEIRA. 5., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p.193-218.

NUSSIO, L. G.; SCHOGOR, A. L. B.; SCHMIDT, P.; MARI, L. J. Cana-de-açúcar como alimento para bovinos. **In:** III Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 2006, Viçosa, MG. Anais do III Simpósio Sobre Manejo da Pastagem. Viçosa. MG: FUNERB, 2006. v. 1. P.277-328.

OLIVEIRA, M. D. S. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. Funep: Jaboticabal, Brasil. 128 p. 1999.

OLIVEIRA, M.D.S.; BARBOSA, J.C.; MOTA, D.A.; ANDRADE, A.T. Efeito da hidrólise com cal virgen sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, v.14, n.1, p.19-27, 2008.

OLIVEIRA, M.W.; BARBOSA, M.H.P.; MENDES, L.C.; DAMASCENO, C.M. Nutrientes na palhada de dez cultivares de cana-de-açúcar. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.21, n.3 p.6-7, 2002.

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.; SILVA, V. S. G.; CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, T. B. A.; NOGUEIRA, C. H. C.; PAULA, A. C. B.; OLIVEIRA, Y. M. Growth and nutrient

accumulation of crotalaria juncea sown in october or november. **ASIAN ACADEMIC RESEARCH JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY**, v. 4, p. 57-67, 2017.

OLIVEIRA, M. W.; SILVA, V. S. G.; OLIVEIRA, T. B. A.; NASCIF, C.; RODRIGUES, T. C.; GAMA, K. F. V. Biomass yield, nutritional status and industrial quality of sugarcane as a function of nitrogen and potassium fertilization. **AUSTRALIAN JOURNAL OF CROP SCIENCE (ONLINE)**, v. 12, p. 834-840, 2018.

OLIVEIRA, M. W.; MACÊDO, G. A. R.; MARTINS, J. A.; SILVA, V. S. G.; OLIVEIRA, A. B. **Mineral Nutrition and Fertilization of Sugarcane**. In: Alexandre Bosco de Oliveira. (Org.). Sugarcane - Technology and Research. 1ed. Londres: INTECH - Open Science, v. 1, p. 169-191, 2018.

OLIVEIRA, M. W.; MAGRINI, J. L.; LYRA, F.E.V.; VALDUGA, G. R., PEREIRA, M.G.; TENÓRIO, C. J. M.; ARISTIDES, E.V.S. Produção da RB867515 influenciada pela aplicação de substâncias húmicas, aminoácidos e extrato de algas marinhas. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.30, n.22, p.30-33, 2011a.

OLIVEIRA, M. W.; SILVA, V. S. G.; REIS, L. S.; OLIVEIRA, D. C.; SILVA, J. C. T. Produção e qualidade de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas no nordeste de Minas Gerais. **Ciência Agrícola**, v.12, n.1, p.9-16, 2014.

OLIVEIRA, T.B.A; SELIG P. M.; BARBOSA, V. M.; CAMPOS, L.M.S.; OLIVEIRA, M. W. Sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar: um estudo de caso em uma propriedade agrícola. **XII Congresso Internacional de Custos**. Punta del Este. Uruguay. 2011b. CD Room.

ORLANDO FILHO, J. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Instituto do Açúcar e do Álcool. Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar. **Planalsucar**. P. 368, 1983.

PADILHA, F. A. **Desempenho de híbridos de milho em dois níveis de investimento tecnológico na região de Sete Lagoas – MG**. 2014. 72 f. Dissertação (Mestrado em 2014) Universidade Federal de São João del Rey. São João del Rey. 2014.

PAIVA, J. A.; MOREIRA, H. A.; CRUZ, G. M. Cana-de-açúcar associada à uréia/sulfato de amônia como volumoso exclusivo para vacas em lactação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n.4, p. 763-777, Jul/Ago. 1991.

PINTO, A. P.; PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 73 – 84, jan/jun. 2003.

PRADO, H. Ambientes de produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. **Informações agronômicas**, v: 110, p.12-17, 2005.

RABELO, C. H. S.; REZENDE, A.V.; NOGUEIRA, D. A.; RABELO, F. H. S.; ELIAS, R. F.; FARIA JÚNIOR, D. C. N. A. Composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, p. 1137-1149, 2010.

RAIJ, **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. IAC, 2001.

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

RESENDE, H; DA COSTA, J. J.; ALMEIDA, R. et al. Cana e uréia: mistura melhora desempenho na seca. **Revista Alimentação Animal**, Pinheiros, n. 25, p. 19-21, Jan/Mar. 2002.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V., V.H. (Ed.). **Recomendação 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. 359p.

ROBSON, A.D.; HARTLEY, R.D.; JARVIS, S.C. Effect of copper deficiency on phenolic and other constituents of wheat cell walls. **New Phytol.** v.89, p.361-371, 1981.

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M; BATISTA, L.A.R.; LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; HOFFMANN, H.P. Efeito da qualidade de quatro variedades de cana-de-açúcar no ganho de peso de novilhas canchim. **In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 39., 2002, Recife. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM

RODRIGUES, A. A.; PRIMAVESI, 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, 1997.

RODRIGUES, J.D. Fisiologia da Cana-de-açúcar. [1995]. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/6301126/Cana-de-açúcardeacucar-Ecofisiologia>> Acesso em: 23 jul. 2019.

ROS, P.B. 2004. **Avaliação da resistência de variedades de cana-de-açúcar ao raquitismo da soqueira com base na taxa de colonização dos colmos por *Leifsonia xyli* subsp. *xyli***. 2004. 58f. Dissertação (mestrado), Piracicaba/SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2004.

RUIZ, H.A.; FERNANDES, B.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & FERREIRA, P.A. Efeito do conteúdo de água sobre os níveis críticos de fósforo em dois Latossolos. **R. Bras. Ci. Solo**, 12:43-48, 1988.

SALAS, M.; AUMONT, G.; BIESSY, G.; MAGNIE, E. Effect of variety, stage of maturity and nitrate fertilization on nutritive value of sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 3, p. 265-277, 1992.

SANDRE, L. C. G.; FIORELLI, J. Elaboração de calendário agrícola para a região oeste do Estado de São Paulo. **Revista Ciência em Extensão**, São Paulo, v.5, n.2, p.15-29, 2009.

SANTOS, L. A.; SOUZA, J. E. A.; BARBOZA, A. S. R.; SILVA, V. S. G.; CLEMENTE, P. R. A. Potencial energético da biomassa de cana-de-açúcar em uma usina sucroenergética. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**. p. 1101-1108, 2016.

SANTOS, V. R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G.; SANTOS, A. C. I. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes

fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.4, p.389–396, 2009.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ª ed. Viçosa: UFV. 2006. p.235.

SILVA, E. A.; FERREIRA, J. J.; RUAS, J. R. M.; PAES, J. M. V.; MACEDO, G. A. R. Utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 102-119, 2007.

SILVA, E. T. **Análise de crescimento e produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar (*saccharum spp*) influenciadas por doses de fósforo**. Rio Largo –AL, 2007, 56p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, M.A.; SANTOS, C.M.; ARANTES, M.T.; PINCELLI, R.P. Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M.A.; ROSSETTO, R.; SORATTO, R.P. (org.). **Fenologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAP – Fundação de Estudos Pesquisas Agrícolas e Florestais, p. 8 – 21, 2010.

SILVA, V. S. G.; OLIVEIRA, M. W.; OLIVEIRA, D. C.; OLIVEIRA, T. B. A.; PEREIRA, M. G.; NOGUEIRA, C. H. C. Nutritional diagnosis of sugarcane varieties in a Yellow Oxisol during three agricultural seasons. **Afr. J. Agric. Res.**, p. 50 – 57, 2017.

SILVA, V. S. G. **Estado nutricional, qualidade industrial e produtividade de variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas**. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2013.

SINDAÇÚCAR - AL. **Dados da Safra de cana 2017/2018**. Disponível em: <<http://www.sindacucar-al.com.br/dados-estatisticos/>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; BERNARDES, T. F.; PIRES, A. J. V.; ROTH, M. T. P.; ROTH, A. P. T. P. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 789-798, 2007a.

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

SIQUEIRA, V. **Crise no setor sucroalcooleiro força mudanças na economia de AL**, 2017. Disponível em: <<http://www.cadaminuto.com.br/noticia/247454/2014/05/18/crise-no-setor-sucroalcooleiro-forcamudancas-na-economia-de-al>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

SOUSA JUNIOR, P. R.; BRUNHARO, C. A.; FURLANI, C. E.; PRADO, R.; JÚNIOR, W. M.; ZERBATO, C. Phosphorus fertilization in sugarcane cultivation under different soil managements. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, p. 665 – 669, 2017.

SOUSA, D.M.G. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, F.R. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 205 – 274, 2007.

SOUZA, J.A. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 27, n. 233 p. 26-40, jul./ago 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Editora Artmed. 2016.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZOTTI, M. L.; BENEDETTI, P. B.; SILVA, L. F. C. 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.

WEBER, H.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; IDO, O. T.; BARELA, J. D. Recuperação da produtividade de soqueiras de cana de açúcar com adubação NPK. **Scientia Agraria**, v. 2, n. 1-2, 2001.

WUTKE, E. B.; ARÉVALO, R. A. Adubação verde com leguminosas no rendimento da cana-de-açúcar e no manejo de plantas infestantes. Campinas: Instituto Agrônômico, 28 p. Série Tecnológica APTA, **Boletim Técnico IAC**, 1. 2006.

ZAMBROSI, F. C. B. Adubação com fósforo em cana-soca e sua interação com magnésio. Bragantina, Campinas, v. 71, n. 3, p. 400 – 405, 2011.