



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



DIEGO ALVES DOS SANTOS CERQUEIRA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FORRAGEM DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-
DE-AÇÚCAR NO AGRESTE ALAGOANO**

Rio Largo - Alagoas - Brasil

2015

DIEGO ALVES DOS SANTOS CERQUEIRA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FORRAGEM DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-
DE-AÇÚCAR NO AGRESTE ALAGOANO**

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 de Oliveira

Rio Largo - Alagoas - Brasil

2015

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

C411p Cerqueira, Diego Alves dos Santos.
Produção e qualidade da forragem de três variedades de cana-de-açúcar no agreste alagoano / Diego Alves dos Santos Cerqueira. – 2015.
74 f. : il., tabs.

Orientador: Mauro Wagner de Oliveira.
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Rio Largo, 2015.

Bibliografia: f. 52-64.
Apêndices: f. 65-74.

1. Açúcar - Produção. 2. Eficiência produtiva. 3. Ruminantes - Alimentação. I. Título.

CDU: 636.2:636.084

TERMO DE APROVAÇÃO

DIEGO ALVES DOS SANTOS CERQUEIRA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FORRAGEM DE TRÊS VARIEDADES DE CANA-
DE-AÇÚCAR NO AGRESTE ALAGOANO**

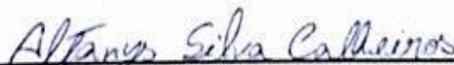
Esta dissertação será submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Zootecnia, outorgado pela Universidade Federal de Alagoas. A citação de qualquer trecho desta dissertação será permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.



Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira
Orientador (CECA/UFAL)



Prof.ª Dr.ª Patricia Mendes Guimarães Beelen
Membro (CECA/UFAL)



Prof. Dr. Altanys Silva Calheiros
Membro (IFAL-Campus Satuba)

Aos meus pais, Antonio e Lúcia, por todo o apoio e sacrifício exercidos para a minha formação acadêmica e moral.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por tudo.

Ao professor Mauro Wagner, que em dois anos de convívio me ensinou a ser um melhor profissional e pela oportunidade de dividir conhecimentos.

À Usina Triunfo, em especial ao senhor Manuel Gomes Pereira, por todo o apoio logístico na condução deste estudo.

Aos professores do Centro de Ciências Agrárias que contribuíram para a minha formação.

À equipe do Laboratório de Química Agrícola, Cléber Tenório, Caroline Francisca, Rayane Reis, Daniele Oliveira, Keite Fernandes. Juntos compartilhamos trabalhos, alegrias e momentos inesquecíveis.

À minha família por todo o apoio e incentivo no decorrer da graduação e mestrado.

Aos amigos do curso de graduação, em especial Camila Moisés, Priscilla Nascimento, Sandra Carla e Jeymme Francis, pelo apoio nessa caminhada.

Aos meus amigos, Jéssika Mendes, Filipe Correia, Elisama de Castro, Flávio André, Thamires Ferreira, Andressa Moura e os demais do programa de pós graduação, pelo convívio, planos, discussões e momentos de distração que guardarei para sempre .

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho, serei sempre grato.

RESUMO

O estudo foi conduzido na Fazenda Jequiá, localizada no município de Anadia – AL, pertencente a Usina Triunfo, no período de agosto de 2011 a janeiro de 2014, compreendendo os ciclos de cana-planta e primeira rebrota. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com cinco repetições. Avaliaram-se o estado nutricional, a produção de forragem, os teores de proteína bruta, fósforo e enxofre na matéria seca e, a qualidade do caldo e a produção de açúcares. No ciclo de cana-planta houve efeito varietal apenas para os teores foliares de S e B. Entretanto, na primeira rebrota constatou-se efeito varietal para N, K, Mg, Fe, Mn e Zn, mas nenhuma variedade se destacou quanto aos teores foliares para todos os elementos. Em relação aos açúcares no caldo e nos colmos industrializáveis, verificou-se que em média a RB92579 e a RB98710 suplantaram a RB961552 em cerca de 10% no ciclo de cana-planta e de 7,0% na primeira rebrota. A quantidade total de açúcares recuperáveis por tonelada de colmos industrializáveis foi maior na RB92579 e RB98710, devido ao teor mais elevado de sacarose aparente no caldo destas variedades. A produção de colmos industrializáveis da RB92579, em toneladas por hectare, superou a da RB961552 e a da RB98710 em 17,50% e 29,5%, respectivamente. A produção de açúcares da RB92579, no ciclo de cana-planta foi aproximadamente 30% que as outras duas variedades. No ciclo de primeira rebrota a produção de colmos e de açúcares pela RB92579 foi semelhante à RB961552, com médias de 81,95 e 80,55 t de colmos industrializáveis por hectare e, 12,94 e 12,06 t de açúcares recuperáveis por hectare, respectivamente. A RB98710, no ciclo de primeira rebrota, produziu em média 68,45 t de colmos industrializáveis por hectare e, 11,04 t de açúcar por hectare. Não houve diferença entre as variedades, em ambos os ciclos, quanto à produção de matéria natural e matéria seca. Nos ciclos de cana-planta e de primeira rebrota, os valores médios de produção de matéria natural e matéria seca foram respectivamente de 156 e 39,t e, 93,6 e 29,9 t ha⁻¹. A porcentagem de açúcar na matéria seca da forragem foi influenciada por ciclo e por variedades. No ciclo de cana-planta 50% da matéria seca da forragem da RB92579 foi constituída por açúcares. Para a RB98710 e RB961552 esses percentuais foram respectivamente de 43 e 38%. No ciclo de primeira rebrota não houve efeito varietal e os percentuais de açúcar na forragem variaram de 36 a 45%. Apenas com base nos estudos conduzidos nos ciclos de cana-planta e de primeira não foi possível definir uma classificação das três variedades para fins forrageiros, porque para algumas variáveis a RB98710 equivaleu-se a RB92579, noutras a RB961552 foi igual a RB92579. Para FDN e FDA não houve diferenças significativas das variedades nos ciclos de produção, exceto para a RB98710.

Palavras chaves: Produção de açúcares. Eficiência produtiva. Alimentação de ruminantes.

ABSTRACT

The study was conducted in Jequiá Farm, located in the municipality of Anadia - AL, owned by Usina de Triomphe, from August 2011 to January 2014, comprising the cane plant cycles and first regrowth. The experimental design was randomized blocks with five replications. They evaluated the nutritional status, fodder production, the levels of crude protein, phosphorus and sulfur in the dry matter and the quality of the stock and the production of sugars. In plant cane cycle varietal was effective for foliar S and B. However, in the first regrowth found out varietal effect for N, K, Mg, Fe, Mn and Zn, but no variety stood out as the levels foliar for all elements. In the case of sugar in the broth and in the industrially stems, it was found that on average RB92579 and RB98710 RB961552 supplanted by about 10% in the sugar cane plant and 7.0% in the first cycle regrowth. The total amount of recoverable sugar per ton of industrialized stalks was higher in RB92579 and RB98710, due to the high content of sucrose apparent in the broth these varieties. The production of industrialized stalks of RB92579 in tonnes per hectare, exceeded the RB961552 and the RB98710 in 17.50% and 29.5%, respectively. The production of RB92579 sugars in plant cane cycle was approximately 30% than the other two varieties. In the first cycle of regrowth production of stems and sugars by RB92579 was similar to RB961552, with averages of 81.95 and 80.55 t of industrially stems per hectare, 12.94 and 12.06 t of recoverable sugar per hectare respectively. The RB98710 in first-cycle regrowth, produced an average 68.45 tonnes of industrially stems per hectare, 11.04 tonnes of sugar per hectare. There were no differences between varieties, in both cycles, for the production of natural and dry matter. In the cane plant cycles and first regrowth, the mean values of natural matter yield and dry matter were respectively 156 and 39, you, 93.6 and 29.9 t ha⁻¹. On the other hand, for the sulfur content in the dry matter was observed in sugarcane variety effect only first regrowth. The percentage of sugar in the dry matter forage was influenced by cycle and varieties. In plant cane cycle, 50% of dry matter forage RB92579 was made up of sugars. For RB98710 RB961552 and these percentages were respectively 43 and 38%. In the first cycle, there was no regrowth variety effect and the percentage of sugar in the fodder ranged from 36 to 45%. Only on the basis of studies conducted in cycles of plant cane and first could not set a classification of three varieties for fodder purposes, because for some variables to RB98710 amounted to RB92579, the other RB961552 was equal to RB92579. For NDF and ADF no significant differences of varieties in production cycles , except for RB98710.

Key words: Production of sugar. Production efficiency. Ruminant feed

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATR	Total de Açúcares Recuperáveis no Caldo
ATRha	Produção Total de Açúcares Recuperáveis por Hectare
BRIX	Sólidos Solúveis
MS	Matéria Seca
PB	Proteína Bruta
CECA	Centro de Ciências Agrárias
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
GL	Grau de Liberdade
POL	Sacarose Aparente no Caldo
RB	República do Brasil
TCH	Tonelada de Colmos por Hectares
UFAL	Universidade Federal de Alagoas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A cana-de-açúcar	12
2.2	Panorama atual da cana-de-açúcar.....	13
2.3	Estado Nutricional	14
2.5	Condições edafoclimáticas	16
2.6	Qualidade do caldo	17
2.7	Caracterização forrageira e fisiológica da cana-de-açúcar.....	18
2.7.1	Maturação da cana-de-açúcar.....	19
2.7.2	Valor nutricional da cana-de-açúcar	21
2.8	Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes	23
2.9	Manejo do ambiente de produção.....	25
2.9.1	Calagem	25
2.9.2	Gessagem.....	26
2.9.3	Adubação	26
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	Caracterização do Local do Estudo	28
3.2	Implantação do Estudo.....	28
3.3	Avaliação do Estado Nutricional e da Área Foliar no Ciclo de cana-planta.....	30
3.4	Produção de Forragem e Qualidade do Caldo no Ciclo de cana-planta.....	30
3.5	Tratos culturais e Avaliações no Ciclo de Primeira Rebrota	31
3.8	Análise Estatística	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1	Estado Nutricional	33
4.2	Qualidade do caldo	36
4.3	Produção de colmo e açúcar.....	39
4.4	Produção de biomassa	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICES.....	55

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem sido uma forragem muito usada para alimentação de bovinos, havendo diversas características da cultura que contribuem para seu interesse no arraçamento desses animais. A cana-de-açúcar produz grande quantidade de forragem por unidade de área e há facilidade de cultivo; quando está madura, mantém sua qualidade como forragem, além disto têm baixo custo por unidade de matéria seca produzida. A cultura também pode ser uma das fontes de energia de menor custo, tanto para rebanhos de pequena quanto de média e alta produtividade tornando essa forrageira um alimento de grande interesse dos produtores (BARBOSA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2007; CALHEIROS et al., 2012).

Apesar das características positivas citadas anteriormente, a cana tem baixo teor protéico associado às outras limitações nutricionais, como alto teor de fibra de difícil degradação ruminal, baixos teores de amido, fósforo e enxofre, que resultam em consumo e rendimento limitados, havendo, portanto, necessidade de complementação com proteína, minerais e amido para que a produtividade animal seja satisfatória (ANDRADE et al. 2004; OLIVEIRA et al., 2007; MURARO et al., 2009).

Nas últimas décadas houve grande avanço no setor sucroalcooleiro do Brasil e, diversas tecnológicas desenvolvidas nas universidades e centros de pesquisas nacionais estão sendo utilizadas para a implantação e condução dos canaviais destinados à produção de cana para a alimentação animal. As principais técnicas agrícolas adotadas por pequenos, médios e grandes produtores rurais são a melhoria das propriedades físico-químicas do solo, pela calagem, gessagem, adubação química, adubação verde e uso de composto orgânico. O manejo do canavial em função da fertilidade do solo e da disponibilidade de água no solo tem sido uma prática agrônômica muito usada pelos produtores rurais. A seleção de variedades de cana-de-açúcar de maior potencial produtivo e melhor adaptadas a determinado ambiente edafoclimático é outra tecnologia a ser adotada pelos produtores.

Ante ao exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar, no ciclo de cana-planta e primeira rebrota o estado nutricional, a produção de açúcares e de forragem de novas variedades de cana, RB961552 e RB98710, comparativamente à RB92579, atualmente a variedade mais cultivada em Alagoas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar foi introduzida no país pelos portugueses em 1532 e sempre teve destaque importante na economia do país (FIGUEIREDO, 2008). O país não é só o maior produtor da cultura, seguido por Índia e China, como também o maior produtor de açúcar e etanol de cana-de-açúcar. Responsável por mais de 50% do açúcar comercializado no mundo, o país deve ter aumento na produção do ano de 2015 em 5,0%. Apesar de pouco mais de 50% da produção estar concentrada em São Paulo, a cultura é cultivada em todas as regiões do país.

De um modo geral, o país tem duas safras de cana em um ano, uma para a Região Nordeste, que vai de setembro a abril e outra para o restante do país, de maio a novembro. A cultura tem um papel ambiental muito importante, uma vez que o etanol, um dos subprodutos da cana-de-açúcar, é uma das melhores alternativas para reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa, haja vista que a sua queima como combustível reduz em 70% a emissão de CO₂ na atmosfera em relação à gasolina (GOLDEMBERG, 2007)

A cana-de-açúcar é uma gramínea semiperene e tem um bom desenvolvimento em solos onde há boa aeração, boa drenagem, o que exige solos com profundidade superior a um metro. O desenvolvimento da cana ocorre em dois ciclos. O primeiro, denominado ,ciclo de cana-planta, quando a cultura ainda não teve o primeiro corte e o ciclo de rebrota. O período da cana-planta pode ser de 12 ou 18 meses, conforme a variedade (CONAB, 2015). É uma cultura caracterizada por possuir metabolismo fotossintético C₄, ou seja, é considerada altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química, com altas taxas fotossintéticas chegando a acumular o dobro de biomassa que uma planta C₃, como a soja (BACHI, 1983; OLIVEIRA et al., 2007; ALMEIDA et al., 2008; FIGUEIREDO, 2008; CONAB, 2015). Além disso, as plantas C₄ possuem um mecanismo que diminui a perda de água em ambientes secos (ALENCAR, 2012). Algumas vantagens da utilização da cana-de-açúcar como forrageira, são: sua alta produção por unidade de área e facilidade de cultivo, mantém seu valor nutritivo durante o

período de seca, apresenta baixo custo por unidade de matéria seca produzida e é uma fonte de energia de baixo custo (OLIVEIRA et al., 2007).

2.2 Panorama atual da cana-de-açúcar

O Brasil, maior produtor mundial de cana-de-açúcar, deverá produzir 654,6 milhões de toneladas de cana-de-açúcar nesta safra de 2015/16. A estimativa é de que a produção do país tenha um incremento de 3,1% em relação à safra passada e só não é maior porque o aumento na área plantada no país é relativamente pequeno (0,7%) e a produtividade nos canaviais de São Paulo, maior estado produtor, se recuperam de um impacto hídrico da safra passada (CONAB, 2015).

A área cultivada com cana-de-açúcar que deverá ser colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2015/16 é de 9.070,4 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores. São Paulo permanece como o maior produtor com 51,7% (4.687,6 mil hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9,8% (891,6 mil hectares), Minas Gerais com 8,9% (808 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,5% (682,3 mil hectares), Paraná com 6,8% (620,1 mil hectares), Alagoas com 4,3% (386 mil hectares) e Pernambuco com 3% (276,3 mil hectares). Estes sete estados são responsáveis por 92,1% da produção nacional.

Os outros dezesseis estados produtores possuem áreas menores, com representações abaixo de 2,5%, totalizando 8% da área total do país. O Brasil deve ter um acréscimo na área de apenas 65,9 mil hectares na temporada 2015/16, equivalendo a 0,7% em relação à safra 2014/15. O acréscimo é reflexo do aumento de 0,5% (38,1 mil hectares) na área da Região Centro-Sul e de 2,7% (27,8 mil hectares) na área da Região Norte/Nordeste. Rio Grande do Norte, Paraíba, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná e Rio Grande do Sul deverão ter decréscimo na área plantada (CONAB, 2015).

A produção de cana-de-açúcar da Região Centro-Sul está estimada em 592,7 milhões de toneladas, 3% maior que a produção da safra anterior. A Região Norte/Nordeste deverá ter um aumento de 4,3%, passando de 59,4 milhões de toneladas na safra 2014/15, para 61,9 milhões na safra 2015/16.

Essa contínua expansão do setor mostra que a atividade é rentável. Contudo, para que a atividade seja lucrativa, os produtores devem associar baixo custo de produção com alta produtividade agrícola e industrial (OLIVEIRA et al., 2014a). O

desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias pelos centros de pesquisas públicos e privados contribuem para o aumento da produtividade e tornam o sistema mais sustentável. Entre essas tecnologias destacam-se o desenvolvimento de variedades geneticamente melhoradas, a melhor aplicação de técnicas de manejo como adubação, calagem, gessagem, medidas profiláticas para pragas e doenças e adoção de práticas culturais que melhorem a qualidade do caldo (MORELLI et al., 1987; ALCARDE, 1992; DIAS e ROSSETTO, 2006; OLIVEIRA et al., 2007; LAVANHOLI, 2008; OLIVEIRA et al., 2011a). Nas próximas seções serão discutidos com mais detalhes algumas tecnologias que aumentam a produtividade dos canaviais e/ou auxiliam na adoção de técnicas com esse objetivo.

2.3 Estado Nutricional

O principal meio para o crescimento das plantas é o solo, uma vez que é através dele que as plantas obtêm os elementos essenciais de que necessitam para completar seu ciclo de vida. Quando o solo não é capaz de suprir as quantidades de nutrientes exigidos pela cultura haverá redução do crescimento e produção das culturas (MALAVOLTA et al., 1997; LOPES e GUILHERME, 2007, RAIJ, 2011).

A avaliação do estado nutricional das plantas visa à identificação dos nutrientes que estariam restringindo o crescimento e produção das culturas. A técnica consiste na comparação de uma planta, uma população de plantas ou uma amostra dessa população com um padrão da cultura em questão. O padrão seria uma planta "normal", sem nenhuma limitação do ponto de vista nutricional e capaz de altas produções (MALAVOLTA et al., 1997; FAQUIN, 2002).

Os padrões nutricionais podem ser obtidos experimentalmente através de plantas cultivadas em condições controladas de nutrição não sofrendo restrições quanto à quantidade e proporção dos nutrientes que recebem ou em condições de campo apresentando alta produtividade (CANTARUTTI et al., 2007). Existem diversos métodos para avaliação do estado nutricional das plantas, sendo os principais a diagnose visual e a diagnose foliar, embora existam outros como os testes de tecidos, testes bioquímicos, aplicações foliares e teor de clorofila (MALAVOLTA et al., 1997; FAQUIN, 2002; RAIJ, 2011).

A análise foliar é bastante utilizada, pois as folhas têm atividades metabólicas elevadas e apresentam, em sua composição de nutrientes, as

mudanças que ocorreram naquela planta, algumas mudanças podem ser observadas na coloração das folhas. Na cultura da cana-de-açúcar, a folha +3 é a que melhor representa o estado nutricional da planta, conforme valores citados na tabela 1 (ORLANDO FILHO, 1983; MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA M. et al., 2007; RAIJ, 2011). A amostragem das folhas deve ocorrer na fase de crescimento máximo da cultura, sendo recomendado a coleta de 100 folhas por 10 hectares. A análise da composição mineral da folha é realizada apenas no terço médio, excluída a nervura central (MALAVOLTA et al, 1997; RAIJ, 2011).

Tabela 1: Faixas de concentração de nutrientes no terço médio da folha +2, ou +3, da cana-de- açúcar consideradas adequadas.

Autores	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	------(g/kg)-----					
Malavolta et al. (1997)*	19-21	2,0-2,4	11-13	8,0-10	2,0-3,0	2,5-3,0
Malavolta et al.(1997)**	20-22	1,8-2,0	13-15	5,0-7,0	2,0-2,5	2,5-3,0
Raij (2011)	18-25	1,5-3,0	10-16	2,0-8,0	1,0-3,0	1,5-3,0
Orlando Filho (1983)	16-126	2,0-3,5	6-14	4,3-7,6	1,1-3,6	13,-2,8
Autores	Micronutrientes					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	------(mg/kg)-----					
Malavolta et al. (1997)*	15-50	8-10	200-500	100-250	25-50	
Malavolta et al. (1997)**	-----	8-10	80-150	50-125	25-30	
Raij (2011)	10-30	6-15	40-250	25-250	10-50	
Orlando Filho (1983)	6-29	9-17	76-392	73-249	-----	

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

2.4 Acúmulo de nutrientes

A exigência nutricional de uma cultura refere-se às quantidades de macro e micronutrientes que a planta retira do solo, adubo e do ar, para atender suas necessidades e completar seu ciclo de vida (COELHO e FRANÇA, 2001; FAQUIN e ANDRADE, 2004). Essas informações são de fundamental importância para o manejo racional da cultura, pois indicam as quantidades de nutrientes que devem ser fornecidos à cultura (COLETI et al., 2006).

Devido sua elevada produção de biomassa, a cana retira do solo e aloca na planta uma grande quantidade de nutrientes (OLIVEIRA et al. 2007). Para uma produção de 120 toneladas de matéria natural por hectare, cerca de 100 toneladas

de colmos industrializáveis, o acúmulo de nutrientes na biomassa da parte aérea é de 150, 40, 180, 90, 50 e 40 kg de N, P, K, Ca, Mg e S. Em relação aos micronutrientes, a quantidade extraída é de 300 g de B, 270 g de Cu; 8.900 g Fe; 5.700 g de Mn e 720 g de Zn. Oliveira et al. (2010) avaliando a extração e a exportação de macronutrientes por 11 variedades de cana obteve para cada tonelada de colmo produzida uma extração de 0,91 kg de N; 0,13 kg de P; 1,71 kg de K; 1,18 kg de Ca; 0,44 kg de Mg. Coleti et al.(2006) que estudaram a remoção de macronutrientes pela cana-planta e primeira rebrota das variedades RB835485 e SP813250 observaram as seguintes quantidades removidas, pela cana-planta e primeira rebrota, respectivamente (kg ha⁻¹): 109 – 83 de N, 24-22 de P, 144-140 de K, 13-12 de Ca, 23-22 de Mg e 26-16 de S.

Com a alta capacidade de remoção de nutrientes pela cultura, faz-se necessário o estudo para determinar a capacidade do solo de fornecer esses nutrientes e, se necessário, suprir as necessidades com adubações químicas, orgânicas e resíduos agroindustriais (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ et al., 2011).

2.5 Condições edafoclimáticas

A característica dessa cultura é de se desenvolver bem em estações quentes e longas. A cana-de-açúcar é cultivada em latitudes que variam de 35° N a 30° S, em altitudes de até 1.000 m e em temperaturas médias que variam de 21 a 47 °C, desde que a umidade seja adequada (DOORENBOS & KASSAM, 1994; RODRIGUES, 1995). No entanto, a temperatura média ideal é de 30 °C e temperaturas acima de 38 °C podem aumentar a respiração e diminuir a fotossíntese. Além disso, cada fase da cultura possui uma temperatura ideal específica, por exemplo, para o perfilhamento (40 a 120 dias após o plantio (DAP) e crescimento dos colmos (120 a 270 DAP), por volta dos 30 °C, desde que a umidade do ar seja de 80% (DIOLLA & SANTOS, 2010; RODRIGUES, 1995; SANTOS et al., 2009).

A escolha da cultivar influencia no crescimento do canavial, pois a maturação das variedades pode ser precoce, média ou tardia. Quanto às condições climáticas, além da temperatura, as altas taxas de luminosidade proporcionam colmos mais grossos e mais curtos, com folhas mais longas e mais verdes e perfilhamento mais intenso. O fotoperíodo de 10 a 14 h é considerado adequado. As

condições hídricas pluviais devem estar entre 1.100 e 1.500 mm, desde que bem uniformes, tendo em vista que o consumo médio da cana-de-açúcar planta é de 3,3 mm dia⁻¹ e da cana-de-açúcar soca de 3,2 mm dia⁻¹. Salienta-se que para cada grama de matéria seca da cana-de-açúcar são necessários de 148 a 300 g de água (DIOLLA & SANTOS, 2010; RODRIGUES, 1995).

Com relação à umidade relativa, os valores de 80 a 85% favorecem um alongamento rápido durante a fase de crescimento, e umidades entre 45 a 65%, sob estresse, favorece o amadurecimento (SANDRE & FIORELLI, 2009).

Três principais fatores condicionam a maturação da cana-de-açúcar: temperaturas mais baixas, estado nutricional e deficiência hídrica. À medida em que ocorre a diminuição da temperatura, ocorre uma diminuição na absorção de nutrientes, o crescimento vegetativo cessa e há um maior acúmulo de sacarose. O estresse hídrico reduz o teor de água nos tecidos, conseqüentemente, a planta começa a converter os açúcares redutores em sacarose.

2.6 Qualidade do caldo

O colmo da cana-de-açúcar é constituído de uma fase sólida e outra líquida. A fase sólida, comumente denominada fibra, corresponde a matéria seca, insolúvel em água. Por sua vez a fase líquida é composta pelo caldo, uma solução impura de sacarose constituída de água (em torno de 80%) e de sólidos solúveis (aproximadamente 20%). A composição do caldo é influenciada, principalmente, pela variedade da cana-de-açúcar, tipo de solo, adubação, grau de maturação e condições climáticas (PAYNE, 1989; GELLER et al., 1996; MARTINS, 2004).

Sacarose aparente é a quantidade de sacarose presente em 100g de uma solução. É designada como aparente por que é determinada pelo desvio provocado pela solução no plano de vibração da luz polarizada. Quanto maior o teor de sacarose mais madura está a cana-de-açúcar. Quando a cana-de-açúcar está imatura apresenta maiores quantidades de açúcares redutores, que são moléculas de glicose e frutose que afetam diretamente a pureza e reduzindo a eficiência de recuperação de sacarose pela indústria, e compostos precursores de cor que afetam negativamente a sacarose aparente. No setor sucroalcooleiro o teor de sacarose é referido como POL (FERNANDES, 2000; KANEKO et al., 2009; RAPASSI et al., 2009; SANTOS et al., 2011). O teor de sacarose aparente no caldo varia de 14 a 25%

(LAVANHOLI, 2008). Segundo Ripoli e Ripoli (2004), o teor ideal de sacarose aparente para uma boa industrialização é acima de 14%.

A fibra é formada por substâncias insolúveis em água, principalmente lignina, celulose, hemicelulose e pectinas. Seu teor é uma característica varietal e pode variar entre 10 a 16%, dependendo da variedade, idade, condições edafoclimáticas, adubação, análise utilizada. Alto teor de fibra reduz a eficiência de extração do caldo pelas moendas, podendo ser bastante aproveitada para alimentação de animais ruminantes, que necessitam de estímulos para mastigação para não causar efeitos negativos na microbiota ruminal, entretanto, baixo teor de fibra provoca maior suscetibilidade a danos mecânicos e acamamento, que podem ocasionar quebra dos ponteiros e aumentar a impureza da matéria prima, baixos teores de fibra e altos teores de açúcares livres não são indicados para alimentação de ruminantes. (FERNANDES, 2000; ANDRADE, 2006; LAVANHOLI, 2008; PEREIRA, 2014). Para a cana-de-açúcar, na indústria, é considerado ideal teores de fibras entre 11 e 13% (FERNANDES, 2000; TASSO JÚNIOR, 2007).

A pureza representa a quantidade de sacarose presente nos sólidos solúveis. É um importante indicador da maturidade da cana-de-açúcar; quanto mais madura, maior o acúmulo de sacarose e conseqüentemente maior a pureza (FERNANDES, 2000; ANDRADE et al., 2004; LAVANHOLI, 2008). Quanto mais velha a cana-de-açúcar menor é sua pureza, pois a sacarose é deteriorada com o maior tempo de produção. Alto índice de pureza é um prenúncio de facilidade na fabricação, melhor qualidade do açúcar e bons rendimentos industriais.

2.7 Caracterização forrageira e fisiológica da cana-de-açúcar

A expansão do plantio da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o desenvolvimento da indústria sucroalcooleira no Brasil, nas últimas décadas, permitiram diversificar a utilização desta cultura como alternativa de suplementação volumosa para ruminantes. Contudo, é paradoxal que o setor canavieiro no Brasil mesmo sendo um dos mais eficientes do mundo, quando esta cultura é destinada ao uso forrageiro nota-se ainda baixa produtividade de matéria seca por hectare (MS ha^{-1}) em relação às lavouras destinadas para usina (CABEZAS-GARCIA, 2011); fato provavelmente associado ao uso de menos insumos na implantação e condução dos canaviais destinados à alimentação de ruminantes.

A caracterização da cana-de-açúcar como forrageira, apresenta importância relacionada ao fato dessa planta ter um ciclo de produção que possibilita o seu uso em períodos mais tardios, ou seja, se houver uma possibilidade de atrasar o corte da mesma por algum motivo, esta não representaria grandes perdas nutritivas para os ruminantes. No entanto, esse atraso, apesar de apresentar menor influência se comparada às demais forrageiras, pode diminuir a utilização desse alimento pelo organismo animal.

Aproximadamente 90% da matéria seca da cana-de-açúcar esta composta de carboidratos (BARNES, 1974). Esta gramínea tropical é caracterizada pelas altas concentrações de carboidratos solúveis, especialmente sacarose em relação aos carboidratos fibrosos associados à parede celular. Contudo, esse teor não é constante, a glicose e a frutose também pode ser encontrada isoladamente em concentrações bem mais reduzidas. Segundo Halford et al. (2011), a sacarose nos internós maduros constitui cerca de 20% do peso seco do colmo, porém outras variedades diferem na capacidade de acumular esse dissacarídeo.

2.7.1 Maturação da cana-de-açúcar

A maturação é um dos aspectos mais importantes da cultura da cana-de-açúcar, pois está diretamente relacionado com o momento de industrialização.

Durante a maturação, a cana-de-açúcar armazena a sacarose a partir da base para o ápice da planta. No início, o terço basal do colmo mostra teor mais elevado de açúcar do que o terço médio, e este maior do que o terço apical. À medida que a maturação progride, o teor de sacarose tende a se igualar nas diversas partes dos colmos, quando o ápice apresenta composição similar ao da base (FERNANDES, 1982; FERNANDES & BENDA, 1985). De acordo com Fernandes & Benda (1985), a determinação do índice de maturação (IM) é recomendável principalmente no início da safra, quando a heterogeneidade do canavial é maior. Esse índice é dado pela relação entre o Brix do topo e o Brix da base. Para tal, o Brix é determinado no segundo ou terceiro entrenó da base a partir do nível do solo, e no último maduro.

A cana-de-açúcar é uma planta que manifesta as características genéticas durante o ciclo vegetativo em função das condições ambientais como radiação solar, temperatura, umidade e fertilidade dos solos. Diversos níveis de combinação destes

fatores propiciam períodos de crescimento e de amadurecimento. Nos períodos em que predominam temperaturas elevadas, precipitação e radiação solar observam-se o crescimento vegetativo e conseqüentemente a formação de folhas, bainhas, colmos, raízes e rizomas. A partir do momento em que há limitação dos fatores de crescimento, a planta modifica seu metabolismo básico, canalizando os fotossintatos produzidos para os tecidos de armazenamento, caracterizando dessa forma o estágio conhecido como maturação (NAGUMO, 1993).

A maturação da cana-de-açúcar pode ser considerada sob dois diferentes pontos de vista: botânico e fisiológico. Botanicamente, a cana-de-açúcar está madura após a emissão de flores e formação de sementes que possam dar origem a novas plantas. Levando em conta a reprodução vegetativa, a que é usada comercialmente na prática, a maturação pode ser considerada muito mais cedo no ciclo, quando as gemas já estão em condições de originarem novas plantas.

Fisiologicamente, a maturação é alcançada quando os colmos atingem o seu potencial de armazenamento de sacarose, ou seja, o ponto de máximo acúmulo de açúcar possível. Isso significa que as flores, podem não ter se formado ou já estarem caindo da inflorescência enquanto que o acúmulo de sacarose continua se processando ainda por um período. A cana é considerada madura, ou em condições de ser industrializada a partir do momento em que apresentar um teor mínimo de sacarose acima de 13% no caldo (SILVA et al., 1989).

O colmo da cana-de-açúcar constitui-se num reservatório onde, em condições favoráveis à maturação, é acumulada grande quantidade de sacarose. Uma sucessão de internódios em diferentes estádios fisiológicos compõe o colmo, isto é, internódios maturos (base), em maturação (meio) e imaturos (ponta). Os internódios imaturos, localizados na região do colmo com folhas verdes, são fibrosos, com alta concentração de hexoses e baixa concentração de sacarose. À medida que estes internódios se desenvolvem sua taxa de crescimento diminui progressivamente, até ser nula, quando o internódio amadurece. Durante o crescimento, o teor de sacarose é maior nos internódios basais e menor nos apicais. Em um colmo maduro todo o internódio tem concentração semelhante de sacarose. A taxa de acúmulo de sacarose é maior durante a última fase do ciclo da cultura, quando os colmos têm pequena taxa de crescimento, coincidindo com períodos de restrição climática que induzem à maturação (MACHADO, 1987; NASSIF, 2010).

2.7.2 Valor nutricional da cana-de-açúcar

De maneira oposta ao que ocorre com outras gramíneas forrageiras, a cana-de-açúcar apresenta aumento de digestibilidade com o avanço da maturidade da planta, aspecto abordado nos trabalhos de Andrade et al. (2004), Freitas et al. (2006) e Muraro et al. (2009), que demonstraram que a cana-de-açúcar com maturidade elevada apresentou aumento de conteúdo celular, matéria seca e sacarose, proporcionando efeito diluidor dos constituintes da parede celular e, em decorrência disso, maior digestibilidade da planta. Entretanto, ocorre queda no teor de nitrogênio com conseqüente queda no teor proteico, conforme observado por Banda & Valdez (1976).

Nunes Junior (1987) mostrou que as variedades de cana-de-açúcar apresentam curvas de maturação diferenciadas, sendo distinta nas mesmas, a porcentagem de sacarose e o seu florescimento. Santos et al. (2006) avaliaram a composição bromatológica da cana-de-açúcar com distintas idades de corte e encontrou maiores teores de MS, FDN e FDA em amostras de cana coletadas aos 24 meses de idade em relação às coletadas aos 11 meses de idade.

As variedades de cana-de-açúcar utilizadas para forragem apresentam maior proporção de ponta (folhas) em relação aos colmos, e como conseqüência, maior teor de proteína bruta (PB) e menor teor de sacarose (BOIN et al., 1987).

Preconiza-se que a melhor variedade de cana-de-açúcar para a indústria é também a melhor para alimentação animal, visto que a sacarose é a principal fonte de energia, dessa forrageira, para os bovinos. Contudo a escolha da variedade correta deve ser feita considerando as seguintes características: produção MS (cana-planta e rebrota) e sacarose; perfilhamento adequado; resistência as principais pragas e doenças; ausência de florescimento; ausência de joçal; adaptabilidade; resistência ao tombamento; facilidade de colheita; qualidade da fibra e bom valor nutritivo (KLEIN, 2010).

Entre as características bromatológicas que podem limitar a utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal, destaca-se o baixo teor de proteína bruta (PB) e porção fibrosa de lenta degradação ruminal (PEREIRA et al., 2001) em função da quantidade de lignina ligada aos demais componentes da parede celular nessa forrageira, essa última característica pode limitar a ingestão de alimento.

A baixa proporção de PB na composição da cana-de-açúcar, média de 2,66% (VALADARES FILHO, 2010), acaba sendo compensada, pela sua alta capacidade de ser absorvida, denotada nas altas proporções de proteína solúvel em detergente neutro que esta apresenta com consequente diminuição da fração não disponível da PB para o animal (FERNANDES et al., 2003). Segundo Valadares Filho (2010) as porcentagens de Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) com base na porcentagem de PB da cana foi de 12,82% utilizando-se como referência cinco estudos e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) 4,25%.

Os teores de minerais variam em função da variedade, podendo apresentar valores entre $0,3 \text{ g kg}^{-1}$ ou $34,0 \text{ g kg}^{-1}$ (OLIVEIRA, 1999; PINTO et al., 2003). 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. Baixos teores de P reduzem os processos de fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, crescimento das células, onde é um elemento que contribui para o crescimento prematuro das raízes, qualidade de frutas, verduras, grãos e formação das sementes. A deficiência em enxofre acarreta em baixa síntese de aminoácidos essenciais (metionina, cisteína e cistina), dificultando a síntese microbiana no rúmen. 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 (GONZÁLEZ, 2000; OSPINA et al., 1999).

Oliveira et al. (1999) estudou duas variedades de cana com diferentes estágios de maturidade, e encontrou diferença entre as variedades apenas para os valores de matéria seca (MS) e Proteína Bruta (PB). A variedade CO413 apresentou 25,94 e 2,62% respectivamente de MS e PB e a variedade RB 72454 teve 27,53 e 2,17%, lembrando que a primeira se apresentou com menor maturação que as demais com base nos percentuais de Brix, de açúcares redutores e de sacarose.

Fernandes et al. (2003), estudou variedades de cana consideradas de maturidade precoce e intermediária, com três idades de corte distintas, 426, 487 e 549 dias. Os autores observaram que maiores teores de PB e carboidratos não estruturais (CNE) foram observados nas amostras com a menor idade de corte (14 meses) e maiores teores de FDN, fibra em detergente ácido (FDA), celulose,

hemiceluloses e ligninas, foram encontrados nas amostras com maior idade de corte (18 meses).

Andrade et al. (2004) observaram em 24 cultivares de cana de açúcar e 36 clones, valores médios das características bromatológicas de 282,4 g kg⁻¹ para MS, 24,6 g kg⁻¹ de PB, 9,8g kg⁻¹ de extrato etéreo (EE), 25,5 g kg⁻¹ de matéria mineral (MM), 416,5 g kg⁻¹ de carboidratos totais (CT), 491,5g kg⁻¹ de FDN, 292,4 g kg⁻¹ de FDA, 244,8 g kg⁻¹ de celulose, 199,0 g kg⁻¹ de hemiceluloses e 41,6 g kg⁻¹ de ligninas.

2.8 Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes

A utilização da cana-de-açúcar como recurso forrageiro no Brasil, geralmente, está associada a pequenos produtores, com rebanhos de baixo potencial genético, cujo fornecimento é feito, em vários casos, de forma inadequada, isto é, aquém do ideal para o atendimento das exigências dos animais. Segundo Magalhães et al. (2004), a maioria dos trabalhos conduzidos até aquele momento, que a utilizavam como recurso volumoso em dietas para vacas leiteiras, limitou seu uso para animais de baixa produção.

Nos anos 2000, a comunidade científica aumentou seu nível de conhecimento sobre a formulação de dietas baseadas na cana-de-açúcar e trabalhos que utilizam animais de elevada produção foram realizados (CORRÊA et al. 2003; MAGALHÃES et al., 2004; MENDONÇA et al., 2004; COSTA et al., 2005; QUEIROZ et al., 2008). Com a realização destes trabalhos ficou demonstrado que esta pode ser utilizada na alimentação de vacas com produção superior a 20kg de leite/dia.

Com base nos resultados obtidos nos experimentos supracitados e em outros experimentos (MAGALHÃES et al., 2004; COSTA et al., 2005; MENDONÇA et al., 2004), a inclusão da cana na dieta de vacas leiteiras de média a alta produção, deve ser feita até em níveis máximos de 40% da matéria seca, devido à depleção no consumo e no desempenho das vacas. A limitação no consumo encontra-se relacionada à repleção ruminal total, devido à maior retenção ruminal e à menor taxa de passagem em dietas com esse volumoso, ocorrências prioritariamente regidas pela FDN indigestível (VALADARES FILHO et al., 2008). NUSSIO et al. (2006) em simulação de desempenho de vacas alimentadas com

fontes de cana-de-açúcar, que continham alteração no teor de FDN, encontraram redução de aproximadamente 30% na produção de leite, quando o volumoso passou, supostamente, de 44% de FDN, na MS, para 64% FDN, na MS. Os autores concluíram que a cada duas unidades no teor de FDN da cana, a produção de leite reduziu em um kg de leite/vaca/dia.

A utilização de cana-de-açúcar para bovinos de corte está associada, principalmente, à animais confinados, na qual serve como alimento alternativo, em decorrência de seu menor custo. Entretanto, suas limitações nutricionais devem ser consideradas e corrigidas para permitir desempenhos similares aos obtidos com outras fontes de volumosos de melhor valor nutricional (PINTO et al., 2010). Qualquer que seja a comparação realizada entre volumosos, faz-se necessário o adequado ajuste das dietas, pois a sua mera substituição, sem considerar as características, deve ser evitada (SIQUEIRA et al., 2008).

A parede celular altamente lignificada da cana reduz a digestibilidade da fibra, o que causa a repleção ruminal e, conseqüentemente, redução em consumo, fato também constatado em dietas para animais de corte. Valadares Filho et al. (2008) realizaram um meta-análise, com o objetivo de entender o efeito do aumento da inclusão deste volumoso sobre o consumo e o desempenho de bovinos de corte confinados. Ficou evidente que o aumento da inclusão da cana, na dieta, proporciona decréscimo no consumo e no desempenho. Todavia, fica claro também que esta, quando utilizada de forma correta, com animais que apresentem potencial de ganho, proporcionam desempenho adequado.

A escolha da variedade precisa primeiro ser baseada na produtividade do canavial e, em segundo plano, nas variações bromatológicas, ainda que se tenha conhecimento dos efeitos da fibra sobre o desempenho, a principal justificativa para o uso da cana-de-açúcar é a produtividade. Limitações como baixas concentrações de nitrogênio e minerais que são exaustivamente colocadas na literatura devem ser repensadas, pois apresentam a oportunidade de elevada produção de massa com baixa exigência em minerais via adubação. A busca por alternativas que acelerem a saída da porção fibrosa do ambiente ruminal devem ser perseguidas, quer seja pela redução da FDN indigestível, quer seja pelo aumento da taxa de passagem, uma vez que há evidências claras da limitação de consumo de bovinos alimentados com cana-de-açúcar (SIQUEIRA et al., 2012).

O uso da cana-de-açúcar, desde que, contornadas as limitações nutricionais, com os ajustes pertinentes nas dietas, pode ser uma realidade para animais de alta performance, tanto para produção de leite quanto para a produção de carne (SIQUEIRA et al., 2012).

2.9 Manejo do ambiente de produção

Para se ter uma boa produtividade, os produtores adotam manejos agrícolas que melhoram as condições físico-químicas do solo. Esses manejos permitem o bom desenvolvimento da cultura e a torna mais produtiva . Entre as práticas adotadas, destacam-se a calagem, a gessagem e a adubação química, verde ou orgânica (DEMATTÊ, 2005; OLVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2008; ROCHA et al., 2008; RAIJ, 2011).

2.9.1 Calagem

Os solos brasileiros em sua maioria apresentam restrições à implantação e desenvolvimento por apresentarem, em sua maioria, acidez elevada. Essa por sua vez, geralmente está ligada à presença de Al em concentrações tóxicas e de baixos teores de cátions de caráter básico, como Ca, Mg e K (SOUZA et al., 2007; RAIJ ,2008). A prática da calagem é de grande importância uma vez que proporciona a correção da acidez, neutralização do alumínio tóxico, fornece cálcio e magnésio, eleva a disponibilidade de alguns nutrientes, aumenta a atividade de microrganismos e a melhora da estrutura dos solos (BRADY, 1989; RAIJ et al., 2011). Quanto à determinação da necessidade de calagem, existem vários métodos que podem quantificar a dose ideal do respectivo corretivo. De acordo com Raij et al. (1996), Souza et al. (1997), Oliveira et al. (2007) e Raij (2011) os métodos mais usados no Brasil atualmente são: neutralização do alumínio e elevação de cálcio e magnésio; solução tampão SMP; elevação da saturação por bases. Destaque para o método de elevação da saturação por bases: $NC (t ha^{-1}) = [(V2 - V1) \times T] / PRNT$, onde NC = necessidade de calcário ($t ha^{-1}$); V2 = saturação por bases desejada ou final, para a cultura da cana-de-açúcar, que deve ser de 60%; V1 = saturação por bases atual do solo; T = capacidade de troca de cátions e PRNT = poder relativo de

neutralização total (MORELLI et al., 1987; DEMATTÊ, 2005; OLIVEIRA et al., 2007; ROCHA et al., 2008; RAIJ, 2011).

2.9.2 Gessagem

De uma maneira geral, o calcário propicia a correção do volume de solo em que foi incorporado, dessa forma os benefícios proporcionados pela prática da calagem concentram-se na camada arável (RAIJ, 2008; RAIJ, 2011). Como opção de manejo para melhoria do ambiente de produção em profundidade tem-se utilizado a gessagem (RAIJ, 2008; RAIJ, 2011). Segundo Souza et al. (2007) o gesso é um produto que tem sido usado em solos ácidos como um complemento ao calcário, com o objetivo de diminuir a toxicidade do Al e aumentar a concentração de Ca em profundidade. A grande mobilidade vertical de cátions ocasionada pelo gesso deve-se a maior solubilidade (2,5 g L⁻¹) desse produto (SOUZA et al, 2007, RAIJ, 2008) em relação ao calcário, que segundo Alcarde (1992) corresponde a 0,014 g L⁻¹, a inalteração das cargas elétricas, e a permanência do ânion sulfato quase que totalmente na solução do solo (ERNANI et al., 2011; CAIRES et al., 2004). Nos trabalhos com a utilização de gesso agrícola são propostos mecanismos de correção da acidez em profundidade que se baseiam na possibilidade do SO₄²⁻, proveniente da solubilização do CaSO₄.2H₂O, movimentar-se no perfil do solo e acumular-se nas camadas mais profundas, neutralizando os efeitos nocivos do Al³⁺ pela formação de AlSO₄⁺ (SALDANHA et al., 2007; RAIJ, 2008).

Na cultura da cana-de-açúcar, Oliveira et al. (2007) informam que as doses de gesso a serem aplicadas podem se basear na necessidade de calagem ou na textura do solo. A quantidade de gesso a ser aplicada tem variado de 25 a 30% da necessidade de calagem, multiplicado por um fator de correção de profundidade (perfil a ser corrigido/20).

2.9.3 Adubação

Por ter elevada produtividade, a cultura da cana-de-açúcar extrai grandes quantidades de nutrientes do terreno, e se o solo não for capaz de suprir suas necessidades, ocorrerá restrição ao crescimento. A utilização de fertilizantes químicos permite a obtenção de altas produtividades em condições de solos menos

favoráveis ao cultivo (MORELLI et al., 1992; BARBOSA et al., 2002; CALHEIROS et al., 2012; OLIVEIRA T. et al., 2012). Além da adubação mineral, fontes alternativas de nutrientes têm sido pesquisadas, como a adubação orgânica e adubos verdes (OLIVEIRA, et al., 2007; CALHEIROS et al., 2012). Os compostos orgânicos, obtidos a partir dos resíduos das agroindústrias, são bastantes utilizados para adubar os canaviais.

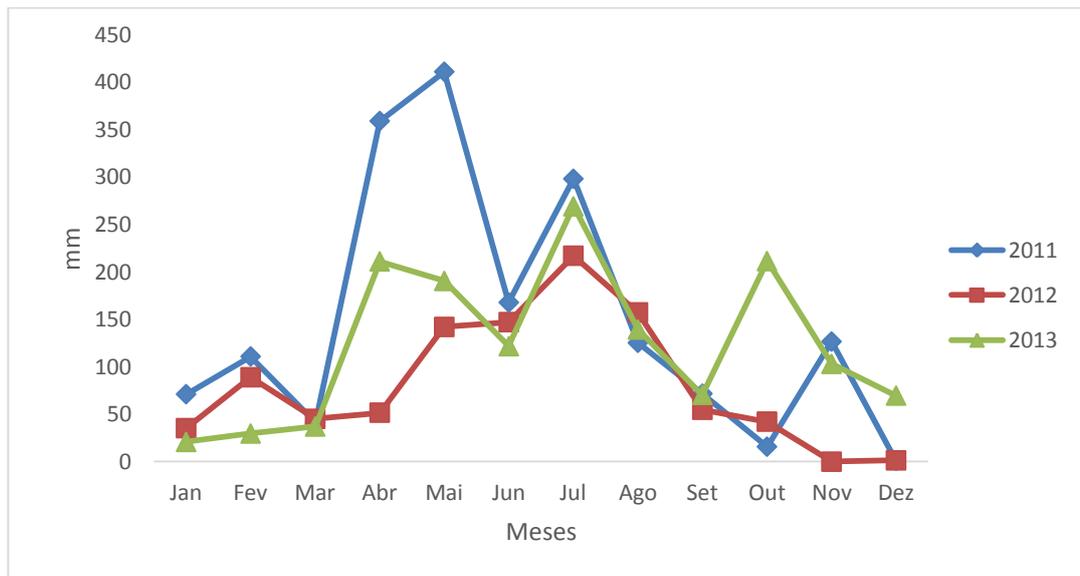
Ante ao exposto o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção e qualidade de três variedades de cana-de-açúcar no Agreste alagoano.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do Local do Estudo

O estudo foi conduzido na Fazenda Jequiá, localizada no município de Anadia – AL (Latitude 09°41'04"S e Longitude 36°18'15"W), pertencente a Usina Triunfo, no período de agosto de 2011 a janeiro de 2014, compreendendo os ciclos de cana-planta e primeira rebrota. O clima do município de Anadia é tropical chuvoso com verões seco, segundo a classificação de Koppen. A precipitação média anual é de 1200 mm (Figura 1), com a temperatura média anual de 29°C. O solo utilizado é um Latossolo Amarelo Distrófico.

Figura 1 – Precipitação pluvial mensal durante o período de condução do estudo.



3.2 Implantação do Estudo

Antecedendo a implantação do estudo coletaram-se amostras de solos das camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm e de posse dos resultados analíticos (tabela 2) calculou-se as quantidades de calcário e gesso a serem aplicadas visando elevar a saturação por base para 60% na camada arável e reduzir a saturação por alumínio na subsuperfície, seguindo recomendações de Oliveira et al. (2007) e Raij (2011).

Após a aplicação do calcário dolomítico e de gesso, numa proporção de 3:1 (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011), o solo foi arado e gradeado e posteriormente sulcado.

Tabela 2 – Resultado da análise do solo da área experimental nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.

Determinações	Camadas do Solo	
	0-20 cm	20-40 cm
pH (em água)	5,0	4,6
K (mg/dm ³)	48	28
P (mg/dm ³)	6	4
Ferro (mg/dm ³)	82,26	166,8
Cobre (mg/dm ³)	0,2	0,2
Zinco (mg/dm ³)	0,88	0,91
Manganês (mg/dm ³)	2,5	2,0
Ca (cmol _c /dm ³)	1,20	0,80
Mg (cmol _c /dm ³)	0,70	0,40
Al (cmol _c /dm ³)	0,50	0,70
H + Al (cmol _c /dm ³)	3,63	3,05
S (soma de Bases)	2,02	1,27
C.T.C. Efetiva	2,52	1,97
C.T.C. a pH 7,0	5,65	4,27
%V (satu. por bases)	35,78	29,77
% m (satu. por Al)	19,82	35,30
Mat. Orgânica total (%)	1,4	0,98

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

O plantio foi realizado no dia 05 agosto de 2011. Aplicou-se no fundo do sulco de plantio 750 kg por hectare do adubo 09-14-22. Plantaram-se três variedades de cana-de-açúcar: RB92579, RB961552 e RB98710, com os tratamentos dispostos em blocos casualizados com cinco repetições. Escolheu-se a RB92579 como referência por ser atualmente a variedade de cana mais plantada em Alagoas. O programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar em Alagoas considera os genótipos RB961552 e da RB98710 promissores, mas há, na literatura, pouca informação disponível sobre esses genótipos (OLIVEIRA, 2014).

As parcelas foram constituída de sete sulcos de 8 metros de comprimentos com 1,0 metro de espaçamento, totalizando uma área de 56 m² por parcela, sendo a área útil de 40 m². A densidade de plantio oscilou de 15 a 18 gemas por metro de sulco (OLIVEIRA et al., 2007; SILVEIRA et al., 2007). Utilizaram-se mudas de cana-planta com oito meses de idade, provenientes de viveiro primário da Usina Triunfo.

O recobrimento das mudas com solo foi manual, colocando-se uma camada de terra de aproximadamente cinco centímetros sobre as mudas, aplicando-se a seguir o herbicida Tebutiuron na dose de 1,0 kg do princípio ativo por hectare. Usou-se também inseticida para controle de formigas cortadeiras. O controle da cigarrinha (*Mahanarva ssp*) e da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea ssp.*) foi realizado através do controle biológico com o uso de *Metarhizium anisopliae* e *Cotesia flavipes*, respectivamente (BENEDINI, 2006).

3.3 Avaliação do Estado Nutricional e da Área Foliar no Ciclo de cana-planta

Em abril de 2012, após iniciado o período chuvoso (Figura 1), realizaram-se coletas das folhas +3 para avaliação do estado nutricional (Malavolta et al., 1997; Raij, 2011). As amostras foram coletadas nas cinco fileiras centrais das parcelas. O terço médio do limbo foliar, excluído a nervura central, foi analisado quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os teores de nitrogênio foram obtidos pelo método de Kjeldahl, o fósforo e boro por espectrocolorimetria e o potássio por fotometria de chama. O cálcio, magnésio, cobre, manganês, zinco e ferro foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o enxofre por turbidimetria. No mesmo dia em que coletaram-se as folhas +3, avaliou-se também a área foliar das plantas, seguindo método descrito por Hermann e Câmara (1999).

3.4 Produção de Forragem e Qualidade do Caldo no Ciclo de cana-planta

No dia 03 de janeiro de 2013, quando a cana estava madura, realizou-se a colheita da cana-planta. As amostragens foram realizadas no centro da parcela, em área de 40,0 m². A cana foi cortada rente ao solo e após a determinação da matéria fresca, uma subamostra de toda a parte aérea foi passada em picadeira de forragem

e seca a 65 °C em estufa de ventilação forçada até massa constante, para realizar a determinação da matéria seca. Extrapolando-se para um hectare a massa de matéria natural e de matéria seca, obtiveram-se as produções de forragem em massa de matéria natural e de matéria seca. As subamostras de matéria seca foram passadas em moinho de aço inoxidável, sendo, posteriormente quantificado os teores de macro e micronutrientes, segundo método descrito por Malavolta et al. (1997) e Silva e Queiroz (2002). Multiplicando-se a concentração de nutrientes na matéria seca pela produção de matéria seca de forragem, obteve-se o acúmulo de nutrientes na forragem.

De cada parcela coletou-se uma subamostra de 10 plantas, que foi pesada, despilhada, despontada, separando desta forma os colmos industrializáveis da palhada da cana. Pesando-se somente os colmos industrializáveis obteve-se o índice de colheita. Para determinar a qualidade dos colmos e os teores de açúcares nesses colmos, as subamostras de 10 colmos industrializáveis foram encaminhadas para o laboratório de análise de qualidade dos colmos e do caldo da Usina Triunfo. Após os 10 colmos industrializáveis serem passados em picadeira de forragem e uma subamostra de $500 \pm 1,0$ g dos colmos picados foi prensada a 250 kgf cm^{-2} , por 60 segundos para separação do caldo e do bagaço. O caldo obtido foi analisado quanto aos teores de sólidos solúveis no caldo (Brix), sacarose aparente no caldo (POL), pureza do caldo (Pureza) e total de açúcares recuperáveis no caldo (ATR). No bagaço úmido foi determinado o teor de fibra dos colmos (Fibra). As análises foram realizadas seguindo os métodos descritos por Fernandes (2000) e Lavanholi (2008).

3.5 Tratos culturais e Avaliações no Ciclo de Primeira Rebrotas

Na primeira semana de abril de 2013, após iniciado o período chuvoso (Figura 1), foi realizada a adubação da cana de primeira rebrotas. Aplicaram-se 750 kg por hectare do adubo 20-05-25, com distribuição manual do fertilizante na entrelinha da cana e posterior cobertura do adubo com solo, para evitar perdas de nitrogênio por volatilização. Após a adubação realizou a aplicação do herbicida Tebutiuron na dose de 1,0 kg do princípio ativo por hectare. O controle da cigarrinha (*Mahanarva ssp*) e

da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea* ssp.) foi semelhante à cana-planta usando-se o *Metarhizium anisopliae* e *Cotesia flavipes*, respectivamente (BENEDINI, 2006).

No dia 05 de junho de 2013 coletaram-se amostras de folhas +3 para avaliação do estado nutricional da cana de primeira rebrota e também determinou-se a área foliar da cana de primeira rebrota, usando os mesmos procedimentos citados no item 3.3.

No dia 07 de janeiro de 2014 realizaram-se avaliações de produção de forragem e qualidade do caldo no ciclo de primeira, seguindo-se os mesmos procedimentos descritos no item 3.4. Procedeu-se da mesma forma para quantificar a quantidade de nutrientes acumulada na forragem da cana de primeira rebrota.

3.8 Análise Estatística

Os valores médios dos componentes da área foliar, do teor de nutrientes da folha +3, da produção de forragem, do acúmulo de nutrientes na forragem, sacarose aparente no caldo (Pol), Pureza do caldo, Fibra, ATR (Total de açúcares recuperáveis), tonelada de colmos industrializáveis por hectare (TCH) e tonelada de açúcares recuperáveis por hectare ($ATR\ ha^{-1}$), foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Essas análises foram realizadas com auxílio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados os resultados do estado nutricional e posteriormente os de qualidade do caldo, produtividade de colmos e de açúcares e de acúmulo de nutrientes na biomassa.

4.1 Estado Nutricional

Os quadrados médios da análise de variância e dos teores de macro e micronutrientes na folha +3, nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota, estão apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. No ciclo de cana-planta houve efeito significativo para os teores foliares de S, e B. Por outro lado, no ciclo de primeira rebrota houve efeitos significativos para N, K, Mg, Fe, Mn e Zn.

Tabela 3: Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes na folha +3 de três variedades de cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
------(g/kg)-----							
Variedade	2	1,916 ^{ns}	0,0240 ^{ns}	1,698 ^{ns}	0,0486 ^{ns}	0,0506 ^{ns}	0,0606*
Bloco	4	3,914	0,0243	1,759	0,0743	0,0956	0,0526
Resíduo	8	1,621	0,0123	0,545	0,0803	0,0156	0,0131
Média Geral		17,585	1,620	12,160	2,553	1,706	1,453
CV (%)		7,24	6,86	6,07	11,10	7,33	7,90

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
------(mg/kg)-----						
Variedade	2	31,398**	0,200 ^{ns}	28,466 ^{ns}	8,866 ^{ns}	0,066 ^{ns}
Bloco	4	6,705	2,400	244,733	5,733	5,733
Resíduo	8	2,734	0,450	164,633	3,533	0,733
Média Geral		12,840	4,40	99,266	13,73	13,26
CV (%)		12,88	15,25	12,93	13,69	6,45

Nota: ns, *, **: não significativo, e significativo a 5,0% e 1,0% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

O N é constituinte de aminoácidos, proteínas e enzimas, sendo fundamental para um bom crescimento e desenvolvimentos das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013). Portanto elevadas quantidades de N favorecem o crescimento vegetativo das plantas, retardando a maturação e conseqüentemente diminuindo a qualidade do caldo para a indústria, pois aumenta a concentração de aminoácidos e açúcares

redutores, compostos precursores de cor (TASSO JÚNIOR, 2007; TOPPA, et al., 2010; PEREIRA, 2014). Junto com o N, o S está presente em todas as funções e processos que são parte da vida da planta, da absorção iônica aos papéis do RNA e DNA, inclusive controle hormonal para o crescimento e a diferenciação celular. Isto explica a existência de uma relação N/S (12/1 a 15/1) que está associada com o crescimento e a produção da planta. Por exercerem funções similares na planta os sintomas de deficiência são muito semelhantes. O S aumenta o teor de metionina nas proteínas dos cereais, melhorando sua qualidade nutritiva; em uso conjunto com o N, em forrageiras, ajuda a reduzir o teor de nitrato que, quando em excesso, é prejudicial ao animal; torna as hortaliças mais macias com maior valor comercial; eleva a produção de colmos e o teor de sacarose na cana-de-açúcar (MALAVOLTA e MORAES, 2007).

Tabela 4: Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de macro e micronutrientes na folha +3 de três variedades de cana-de-açúcar, no ciclo de primeira rebrota.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
		------(g/kg)-----					
Variedade	2	51,280**	0,0020 ^{ns}	4,074*	0,188 ^{ns}	0,882**	0,014 ^{ns}
Bloco	4	4,857	0,0243	0,086	0,101	0,026	0,030
Resíduo	8	3,091	0,0228	0,596	0,078	0,022	0,035
Média Geral		21,852	1,82	13,62	2,73	1,92	1,34
CV (%)		8,05	8,30	5,67	10,26	7,73	14,09
Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	
		------(mg/kg)-----					
Variedade	2	24,098 ^{ns}	0,466 ^{ns}	30,200*	15,800*	3,800*	
Bloco	4	4,027	1,266	24,333	1,333	1,433	
Resíduo	8	6,997	0,216	6,533	3,63	0,883	
Média Geral		13,98	4,86	51,00	19,00	12,80	
CV (%)		18,92	9,56	5,01	10,03	7,34	

Nota: ns, *, **: não significativo, e significativo a 5,0% e 1,0% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

As variedades não apresentaram diferença significativa pelo teste F para os teores foliares de K no ciclo de cana-planta, mas foram significativas para o ciclo de primeira rebrota. A média dos teores de K nas folhas +3 nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota foram 12,16 e 13,62 g kg⁻¹, respectivamente. Esses valores são maiores que os obtidos no estudo de Silva (2013) que foram 8,84 e 9,16 g kg⁻¹ nos

ciclos de cana-planta e primeira rebrota. O K é o nutriente mais absorvido e acumulado pela cana-de-açúcar (MENDES, 2006; OLIVEIRA et al., 2007; SILVA, 2013). Apesar de não ser constituinte de nenhuma macromolécula, esse elemento desempenha papel fundamental no movimento estomático e como ativador enzimático, sendo indispensável para o crescimento da cana-de-açúcar (TASSO JÚNIOR, 2007; TAIZ e ZEIGER, 2013). Os gráficos comparativos com a literatura estão expostos nos apêndices F, G, H e I.

Na tabela 5 são apresentados as médias dos valores de macro e micronutrientes, no terço médio da folha+3, no ciclo de cana-planta quando somente o valor médio de S e B foi estatisticamente superior, 1,58 g kg⁻¹ e 15,68 mg kg⁻¹, respectivamente, para a variedade RB98710. Estudo realizado por Oliveira (2014) usando as mesmas variedades com uma dose de adubação de 500 kg ha⁻¹ do 09-14-22, apresentou valores inferiores aos desse estudo para P, K e Mg para todas as variedades no ciclo de cana-planta. Os valores médios dos macro e micronutrientes da cana-planta não encontram-se na faixa adequada da concentração preconizada por Raij et al. (2011) (Tabela 1), exceto para P, K, Ca e Mg.

Tabela 5: Médias dos valores de macronutrientes e micronutrientes na folha+3 de três variedades de cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta.

Variedade	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g kg ⁻¹ -----					
RB92579	17,03a	1,70a	12,80a	2,62a	1,60a	1,38b
RB961552	18,25a	1,58a	11,66a	2,44a	1,80a	1,40b
RB98710	17,47a	1,58a	12,02a	2,60a	1,72a	1,58a

Variedade	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg kg ⁻¹ -----				
RB92579	10,94b	4,20a	102,00a	14,40a	13,20a
RB961552	11,90b	4,60a	98,20a	12,20a	13,20a
RB98710	15,68a	4,40a	97,60a	14,60a	13,40a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na tabela 6 estão expostos os valores médios de macro e micronutrientes para o ciclo de primeira rebrota. A variedade RB98710 apresentou maior valor médio de N , 24,56 g kg⁻¹, mas estatisticamente semelhante a RB961552, 22,67 g kg⁻¹. As

concentrações de N encontram-se na faixa considerada adequada conforme Orlando Filho (1983), Malavolta et al., (1997) e Raji et al., (2011).

Oliveira (2014), encontrou concentrações de N inferiores para as variedades RB961552 e RB98710, 19,24 e 19,13 g kg⁻¹, respectivamente. No entanto apresentou concentrações maiores para K para as mesmas variedades no ciclo de primeira rebrota. A RB961552, apresentou valor médio de Mg, estatisticamente superiores as demais variedades e superiores aos encontrados por Oliveira (2014) tanto para o ciclo de cana-planta quanto para o ciclo de primeira rebrota. Para os micronutrientes a RB961552 apresentou valores significativos superiores nas concentrações de Fe e Mn, 53,80 e 21,00 mg kg⁻¹, respectivamente. As variedades RB961552 e RB98710 apresentaram valores estatisticamente semelhantes para as concentrações de Zn, 13,20 e 13,40 mg kg⁻¹ e superiores a variedade RB92579.

Tabela 6: Médias dos valores de macronutrientes e micronutrientes na folha+3 de três variedades de cana-de-açúcar no ciclo de primeira rebrota.

Variedade	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g kg ⁻¹ -----						
RB92579	18,32b	1,82a	14,20a	2,90a	1,50c	1,40a
RB961552	22,67a	1,80a	12,58b	2,52a	2,34a	1,30a
RB98710	24,56a	1,84a	14,08a	2,78a	1,92b	1,32a
Variedade	Micronutrientes					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
-----mg kg ⁻¹ -----						
RB92579	11,52a	4,80a	50,00b	17,60b	11,80b	
RB961552	15,74a	5,20a	53,80a	21,00a	13,20a	
RB98710	14,68a	4,60a	49,20b	18,40b	13,40a	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4.2 Qualidade do caldo

Inicialmente serão apresentadas e discutidas as médias dos teores de sacarose aparente, seguida das médias dos teores de fibra, pureza e total de açúcares recuperáveis (ATR), apresentados na Tabela 7.

Os quadrados médios da análise de variância nos dois ciclos de produção estão no apêndice A.

Tabela 7: Médias dos valores de Sacarose Aparente, Fibra, Pureza, ATR de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota.

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	Sacarose Aparente (%)	
RB92579	13,80a	16,18a
RB961552	12,53b	15,28b
RB98710	13,83a	16,61a

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	Fibra (%)	
RB92579	14,42a	13,90a
RB961552	14,43a	14,12a
RB98710	14,03a	14,08a

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	Pureza (%)	
RB92579	86,86a	85,83a
RB961552	85,35a	86,23a
RB98710	85,77a	86,47a

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	ATR (kg t ⁻¹)	
RB92579	135,52a	158,07a
RB961552	123,95b	149,57b
RB98710	136,05a	161,97a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Houve efeito significativo para os dois ciclos produtivos para sacarose aparente. Nos dois ciclos produtivos as variedades RB98710 e RB92579 apresentaram valores médios estatisticamente superiores a RB961552, expostos na tabela 7. Os valores encontrados são inferiores aos encontrados por Oliveira (2014b) para os dois ciclos produtivos com as mesmas variedades. Em estudo conduzido em Boca da Mata-AL Oliveira M. et al. (2011b), observou teores de sacarose que oscilaram em torno de 18,0%, valor superior aos encontrados no presente estudo que não ultrapassou 13,0% para o ciclo de cana-planta e 16,0% para o ciclo de primeira rebrota.

Estudos sobre o mecanismo de acúmulo de sacarose nos colmos da cana-de-açúcar mostraram que há influência das enzimas invertases e das condições climáticas, especialmente a deficiência hídrica, sobre a maturação da cana. Sob condições climáticas favoráveis ao rápido crescimento vegetativo da planta não há armazenamento significativo de sacarose mesmo nos internódios maduros. A

síntese e o armazenamento da sacarose em cana-de-açúcar são controlados conjuntamente pelas invertases e sintetase da sacarose. (SUZUKI, 1982; MACHADO, 1987; VIEIRA, 1988).

Para a fibra as médias não apresentaram diferenças estatisticamente significativas para os dois ciclos de produção, O valor médio para as três variedades no ciclo de cana-planta, 14,29%, estão próximos aos encontrados por Oliveira (2014) no mesmo ciclo de produção, por outro lado para o ciclo de primeira rebrota, os valores foram inferiores com média de 14,04%.

Alto teor de fibra ocasiona resistência à extração do caldo (LAVANHOLI, 2008), por outro lado propicia o estímulo da mastigação em ruminantes, causando efeito tamponante no meio ruminal, evitando acidose e perda da microbiota. As lavouras do Nordeste, apresentam maior evapotranspiração que as lavouras do centro-sul, por esse motivo a cana-de-açúcar, na ocasião da colheita, possui maior teor de fibra (OLIVEIRA et al., 2011a; SILVA, 2013).

As médias para pureza não apresentaram diferenças estatísticas entre as variedades citadas tanto para o ciclo de cana-planta quanto para o ciclo de primeira rebrota. Os resultados médios de cana-planta, primeira rebrota encontram-se acima dos verificados por Caldeira e Casedei (2010) e Oliveira et al.(2011b), respectivamente.

O total de açúcares recuperáveis (ATR) em kg t^{-1} , foi influenciado pela variedade. A RB961552 foi a variedade que apresentou menor ATR nos dois ciclos de cultivo, 123,95 e 149,57 kg t^{-1} , diferente das variedades RB92579 e RB961552 que não diferiram estatisticamente entre si.

Oliveira (2014), observou valores superiores de ATR para o ciclo de cana-planta, no entanto, os valores para o ciclo de primeira rebrota do presente estudo se mostraram mais elevados para todas as variedades avaliadas. Em estudo com quatro variedades diferentes, Silva (2013) observou valores superiores de ATR no ciclo de cana-planta, com média de 145,67 kg t^{-1} , e inferiores no ciclo de primeira rebrota, 132,68 kg t^{-1} .

4.3 Produção de colmo e açúcar

Na tabela 8 estão os valores médios de produção de colmos (TCH) e total de açúcares recuperáveis por tonelada de colmo (ATR_{ha}). Para TCH no ciclo de cana-planta foi observado valores decrescente na ordem RB92579>RB961552>RB98710, com a RB92579 superando estatisticamente as demais. A RB98710 mesmo com um ATR semelhante a RB92579, 136,05 e 135,52 $kg\ t^{-1}$, respectivamente, produziu menos colmo que as demais e seu ATR_{ha} foi menor e estatisticamente semelhante a RB961552 que não foram superiores a RB92579 com 20,24 $t\ ha^{-1}$. Para o ciclo de primeira rebrota a RB98710 apresentou valores mais baixos comparados com a RB92579 e RB961552 que não diferiram estatisticamente entre si, também não houve diferenças significativas para ATR_{ha} entre as variedades, mas com a RB98710 apresentando menor média, 11,04 $t\ ha^{-1}$.

Tabela 8: Média dos valores de TCH e ATR_{ha} de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota.

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	TCH ($t\ ha^{-1}$)	
RB92579	149,35a	81,95a
RB961552	127,10b	80,55a
RB98710	115,28c	68,45b

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	ATR_{ha} ($t\ ha^{-1}$)	
RB92579	20,24a	12,94a
RB961552	15,77b	12,06a
RB98710	15,69b	11,04a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os valores médios para TCH e ATR_{ha} , 130,58 e 17,24 $t\ ha^{-1}$, respectivamente, no ciclo de cana-planta foram semelhantes aos encontrados por Oliveira (2014) para o mesmo ciclo e para as mesmas variedades. Mendes (2006) avaliando oito variedades de cana observou TCH inferior aos encontrados nesse estudo, exceto para a variedade RB98710 que apresentou valor inferior e semelhante a algumas variedades. Silva (2013) em estudo com três variedades de cana no agreste alagoano, obteve produção superior nos dois ciclos de produção exceto para a variedade RB92579 no ciclo de cana-planta.

O decréscimo de produtividade no ciclo de primeira rebrota foi alto, e provavelmente tenha sido influenciado por alterações físico químicas do solo e por variáveis climáticas não quantificadas, como radiação solar na fase de crescimento máximo, disponibilidade de água no solo ao longo do ciclo, as quais podem refletir na aquisição de nutrientes e nas taxas fotossintética, dentre outros (OLIVEIRA, 2014).

4.4 Produção de biomassa

Na tabela 9 estão expostos os valores médios para produção de matéria natural, matéria seca e o índice de total de açúcares recuperáveis pela matéria seca. A RB98710 apresentou menor produtividade de matéria natural no ciclo de cana-planta com $140,60 \text{ t ha}^{-1}$, por outro lado não houve diferenças estatísticas significativas no ciclo de primeira rebrota para todas as variedades estudadas. Os valores de acúmulo de matéria natural são maiores que os encontrados por Oliveira (2012) em estudo com as variedades RB867515 e RB92579, $141,7$ e $131,4 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente.

Comparativamente aos valores citados por Oliveira (2012), o acúmulo de matéria natural foi maior, mas não houve diferença quando e comparou com a matéria seca.

Para o índice ATR/MS, que é a relação da produção de açúcares totais pela quantidade de MS produzida pelas variedades, a RB92579 apresentou maior teor de açúcar na MS, chegando a representar 50% do total, seguida da RB98710, com 43%, que obteve valores estatisticamente superiores a RB961552, com 38%, e inferiores a RB92579.

Tabela 9: Média dos valores de acúmulos de matéria natural e matéria seca e índice de total de açúcares recuperáveis pela Matéria Seca da biomassa da parte aérea de três variedades de cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta e primeira rebrota.

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	Matéria Natural (t ha ⁻¹)	
RB92579	161,00a	99,33a
RB961552	167,00a	97,68a
RB98710	140,60b	83,76a
Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	Matéria Seca (t ha ⁻¹)	
RB92579	40,76a	28,75a
RB961552	41,80a	29,82a
RB98710	36,42a	31,12a
Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	Índice ATR/MS	
RB92579	0,50a	0,45a
RB961552	0,38c	0,40a
RB98710	0,43b	0,36a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na tabela 10 encontram-se os valores médios para os teores de proteína bruta (PB), fósforo (P) e enxofre (S) das variedades estudadas em dois ciclos de produção. No ciclo de cana-planta a variedade que se destacou foi a RB961552 com aproximadamente 2,62% de proteína e com teores de P significativamente superiores as demais variedades. No ciclo de primeira rebrota só houve diferença estatisticamente significativa para as concentrações de S na biomassa da variedade RB98710 que superou as demais com uma concentração de 1,30 g kg⁻¹. Com exceção das concentrações de PB das variedades RB92579 e RB98710, as demais concentrações estudadas estão acima das encontradas por Oliveira (2012) estudando a RB867515, variedade amplamente cultivada em todo o Brasil, e a RB92579, variedade amplamente plantada no estado de Alagoas.

Os teores de proteína bruta, observados nas duas forrageiras encontram-se bem abaixo daqueles das gramíneas tropicais de terra firme situados na faixa de 60,0 kg⁻¹ a 90,0 kg⁻¹ (Minson, 1981), bem como os valores reportados por Alves (1999) em sistema de pastejo rotativo (105,0 kg⁻¹) com *Brachiaria humidicola* Rendle.

Teores de proteína bruta inferiores a 70,0 g kg⁻¹ são limitantes à produção animal, por implicarem em menor consumo voluntário, redução na digestibilidade e balanço nitrogenado negativo (Minson, 1990).

Tabela 10: Média do teor de proteína bruta, fósforo e enxofre, na dose de 750 kg de 09-14-22 por hectare no ciclo de cana-planta e 750 kg de 20-05-25 por hectare na primeira rebrota, aplicados no fundo do sulco de plantio da biomassa da parte aérea de três variedades de cana-de-açúcar.

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	Proteína Bruta (g kg ⁻¹ MS)	
RB92579	21,06b	21,69a
RB961552	26,20a	21,85a
RB98710	21,93b	22,47a

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	Fósforo (g kg ⁻¹ MS)	
RB92579	0,62b	0,74a
RB961552	0,80a	0,70a
RB98710	0,58b	0,74a

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	Enxofre (g kg ⁻¹ MS)	
RB92579	1,48a	1,10b
RB961552	1,40a	1,14b
RB98710	1,22a	1,30a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para fósforo, os valores se encontram bem abaixo da faixa de suficiência de 3,1 a 4,0 g kg⁻¹, para animais em pastejo, segundo McDowell (1997). Da mesma forma que para os demais macrominerais, as exigências de manutenção de P têm sido calculadas como a soma das excreções metabólicas fecais e urinárias desse elemento. O NRC (2000) considera que a exigência diária de P para manutenção é de 16 mg kg⁻¹ de peso corporal. O ARC (1980) sugeriu um requerimento diário de fósforo para manutenção de 12 mg kg⁻¹ de peso corporal, baseado na extrapolação da excreção metabólica fecal e urinária de fósforo no nível zero de consumo de fósforo. O AFRC (1991) reformulou o cálculo das exigências de P para manutenção, utilizando uma equação desenvolvida a partir de estudos com ovinos, onde as perdas metabólicas de P são calculadas em função do consumo de matéria seca, uma vez que maior consumo leva a maior produção de saliva pelo animal, e conseqüente maior excreção metabólica de fósforo.

Os valores de S constatados na massa seca das forrageiras variaram de 0,2 a 0,5 g kg⁻¹, estão abaixo da faixa considerada adequada (2,0 a 4,0 g kg⁻¹) por Malavolta et al. (1997). Gallo et al. (1974), consideram como concentração normal de enxofre nas forrageiras 1,0 a 3,0 g kg⁻¹.

Na tabela 11 encontram-se os valores médios para teores de FDN e FDA, nos dois ciclos de cultivo, não houve efeito significativo entre as variedades no mesmo ciclo, mas houve efeito significativo entre os ciclos de cultivo onde na primeira rebrota os valores médios são superiores aos encontrados na cana-planta, exceto para a RB98710 que não diferenciou, estatisticamente, entre os ciclos. Os quadrados médios estão expostos no apêndice E.

Tabela 11: Média dos valores de FDN e FDA da biomassa da parte aérea de três variedades de cana-de-açúcar e interação nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota.

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	FDN (g kg ⁻¹ MS)	
RB92579	422,7Ab	554,7Aa
RB961552	444,6Ab	552,3Aa
RB98710	448,5Aa	502,4Aa

Variedade	Ciclo Produtivo	
	Cana-Planta	Primeira rebrota
	FDA (g kg ⁻¹ MS)	
RB92579	235,3Ab	296,8Aa
RB961552	227,4Ab	291,9Aa
RB98710	240,2Aa	255,6Ba

Letras maiúsculas comparam na coluna e letras minúsculas comparam na linha. Médias seguidas de mesma letra na coluna e na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os valores de FDN estão de acordo com os encontrados por Andrade et al. (2004) e de acordo com Azevêdo et al. (2003) e Bonomo et al. (2009) que afirmam que os teores de FDN variam entre 400 g kg⁻¹ MS e 500 g kg⁻¹ MS. Porém, esta fibra é de baixa qualidade, o que resulta em efeito marcante no consumo voluntário dos animais. Fernandes et al. (2003) analisando a composição bromatológica de variedades de cana-de-açúcar em diferentes ciclos e três idades de corte obtiveram maiores médias de FDN para o ciclo de cana-planta, 487,56 g kg⁻¹ MS, para as variedades mais precoces, uma vez que as precoces atingem a maturidade mais cedo, culminando com o mais rápido desenvolvimento de estruturas de sustentação,

que são representadas pelos polissacarídeos da parede celular vegetal (Wilson, 1997).

Para FDA as variedades não apresentaram diferenças significativas no ciclo de cana-planta. No ciclo de primeira rebrota a variedade RB98710 apresentou menor média do que as demais, apresentando valor médio estatisticamente semelhante ao do ciclo de cana-planta. As demais variedades apresentaram valores médios maiores no ciclo de primeira rebrota, por uma maior lignificação no avanço da idade da planta.

Pinto et al. (2003) em estudo com a caracterização da cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes obteve resultados para FDA que variam entre 26,70 e 35,50 g kg⁻¹ MS. Fernandes et al. (2003) analisando três idades de corte, obtiveram resultados semelhantes aos encontrados neste estudo, com um faixa de concentração de FDA de 267,19 a 293,11 g kg⁻¹ MS.

É necessário avaliar as variedades RB92579, RB961552 e RB98710 em mais ciclos para verificar se há diferença entre elas quanto a produção e qualidade da forragem.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve diferença entre as variedades quanto ao estado nutricional, mas nenhuma delas se destacou quanto aos teores foliares para todos os elementos. Excetuando-se o cobre e manganês, tanto no ciclo de cana-planta quanto na primeira rebrota, os teores dos nutrientes na folha +3 estavam muito próximos ou acima dos valores de suficiência.

A concentração de açúcares no caldo e nos colmos industrializáveis da RB92579 e da RB98710, na média dos dois ciclos, foi cerca de 10% maior que a da RB961552. A produção de açúcares pela RB92579, no ciclo de cana-planta foi aproximadamente 30% maior que as outras duas variedades. No ciclo de primeira rebrota a produção de colmos e de açúcares pela RB92579 foi semelhante à RB961552, com médias de 81,95 e 80,55 t de colmos industrializáveis por hectare e, 12,94 e 12,06 t de açúcares recuperáveis por hectare, respectivamente.

Não houve diferença entre as variedades, em ambos os ciclos, quanto à produção de matéria natural e matéria seca. Houve efeito varietal para os teores de proteína bruta e de fósforo na matéria seca, apenas no ciclo de cana-planta. No ciclo de cana-planta a porcentagem de açúcar na matéria seca da RB92579 foi cerca de 20% maior que na outras duas variedades. No ciclo de primeira rebrota não houve efeito de variedade sobre a porcentagem de açúcar na matéria seca da forragem.

Para as análises de FDN e FDA, a variedade RB98710, apresentou maior eficiência por não apresentar aumento do teor fibroso nos dois primeiros ciclos de cultivo.

O estudo está em andamento e as avaliações nos ciclos subsequentes provavelmente permitirão concluir se há ou não diferenças produtivas e bromatológicas da RB961552 e da RB98710, comparativamente à RB92579.

REFERÊNCIAS

- AFRC - Agricultural and Food Research Council. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle (Report 6). Nutrition Abstracts and Reviews, v.61, n.9, p.573-612, 1991.
- ALCARDE, J.C. Corretivo de acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, p. 26. 1992, (Boletim Técnico, 6).
- ALENCAR, K. Análise do balanço entre demanda por etanol e oferta de cana-de-açúcar no Brasil. 2012. 49 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ALMEIDA, A. C. S. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação a disponibilidade hídrica e unidades térmicas. Ciência e Agrotecnologia, v.32, n.5, p. 1441-1448, 2008.
- ALVES, L.N. 1999. Uso intensivo de pastagem de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A Rich) na engorda de bovinos nelorados em Belém-PA. UFPA: Belém, PA. Dissertação de Mestrado. 70p.
- ANDRADE, J.B. et al. Composição química de genótipos de cana-de-açúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. Bragantia, v.63, n.3, p.341-349, 2004.
- ARC - Agricultural Research Council. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. London: Agricultural Research Council. The Gresham Press, 1980. 351p.
- AZEVEDO, J.A.G. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003.
- BACCHI, 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.
- BANDA, M.; VALDEZ, R.E. Effect of stage of maturity on nutritive value of sugar cane. Tropical Annual Production, Ciudad del México, v.1, p.94-97, 1976.
- BARBOSA, M. H. P. et al. Acúmulo e alocação de nutrientes pela RB 72454 no ciclo da cana planta. In: 8 CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2002. Pernambuco: STAB, Anais... Pernambuco: STAB, 2002. p. 234-238.
- BARNES, A. C. The Sugarcane. London: Leonard Hill Books, 1974. 572p.
- BENEDINI, M. S. Controle biológico de pragas na cana-de-açúcar. In: Tópicos em tecnologia sucroalcooleira. 1. ed. São Paulo: Marques et al., 2006.c ap. VII, p. 101-119.

BOIN, C. et al. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S.B. Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.II, p.805-856.

BONOMO, P. et al. Potencial forrageiro de variedades de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.31, n.1, p.53-59, 2009

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

CABEZAS-GARCIA, E. H. ; Avaliação da fração carboidratos solúveis em cana-de-açúcar para animais. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, , Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. 118p.

CAIRES, E. F. et al. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.1, p.125-136, 2004.

CALDEIRA, D. S. A.; CASEDEI, R. A. Efeito do calcário em soqueiras de três variedades de cana-de-açúcar no Mato Grosso. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, João Pessoa, v.4, n.3, p.05-09, 2010.

CALHEIROS, A. S. et al. 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, 2012.

CANTARUTTI, R. B. et al.. Avaliação da Fertilidade do Solo. In: NOVAIS, F.R. et al. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 770 – 845, 2007.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Nutrição e adubação do milho. Disponível em:<<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/deficiencia/deficiencia.html>>, 2012 Acesso em: 10 de agosto. 2015.

COLETI, J. T. et al. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em Argissolos, variedades RB83486 e SP81-3250. *STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos*, 24:32-36, 2006. .

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

CORRÊA, C.E.S et al. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agricola**, v.60, p.221-229, 2003.

COSTA, M.G. et al. 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.

- DEMATTE, J. L. I. Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. *Informações Agronômicas*, n 111, set., 2005.
- DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org). *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: CP, 2006. p.107-119.
- 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, 2010.p. 25-49.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. *Campina Grande:UFPB*, 1994.306 p.
- ERNANI, P. R. et al. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. *Scientia Agricola*, v.58, n.4, p. 825-831, 2011.
- FAQUIN, V. *Diagnose do Estado Nutricional das Plantas*. Lavras: UFLA/FAEPE, p.77, 2002.
- FAQUIN, V; ANDRADE, A. T. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças. *Lavras: UFLA/FAEPE*, 88p. 2004.
- FERNANDES, A. C. Refratômetro de campo. *Boletim Técnico Copersucar*, São Paulo, v. 19, p. 5-12, 1982.
- FERNANDES, A. C.; BENDA, G. T. A. Distribution patterns of Brix and fiber in the primary stalk of sugar cane. *Sugar Cane*, v. 5, p. 8-13, 1985.
- FERNANDES, A. M. et al. Composição Químico-Bromatológica de Variedades de Cana-de-Açúcar (*Saccharum spp L.*) com Diferentes Ciclos de Produção (Precoce e Intermediário) em Três Idades de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.32, n.4, p.977-985, 2003.
- FERNANDES, A.C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. *STAB - Sociedade das Técnicos Açucareiro e Alcooleiros do Brasil*. 2000. p. 193.
- FERNANDES, A.M. et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp L.*) com diferentes ciclos de produção (Precoce e Intermediário) em três idades de corte. *R. Bras. Zootec.*, v.32, n.4, p.977-985, 2003.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. *Revista Symposium*, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e o papel do Instituto Agrônomo 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 Agrônomo de Campinas v. 1. p.31-44. 2008.

- FREITAS, A.W.P. et al. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Brasília, v.35, n.1, p.229-236, 2006.
- GALLO, J. R et al. Composição química inorgânica de forrageiras do Estado de São Paulo. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, 31: 115-137. 1974.
- GELLHER, A. C. A. et al. Variedades RB: comportamento de variedades comerciais na região norte do estado de São Paulo, três épocas de colheita. *Anais do 6 Congresso Nacional da STAB*. Maceió, 181- 187, 1996.
- GONZÁLEZ, F.H. Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes. In: DIAZ GONZÁLEZ, F.H.; BARCELLOS, J.O.; RIBEIRO, L.A.O. (Ed.). *Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p.31-51.
- HALFORD, N. G. et al. Sugars in crop plants. Review. *Annals of Applied Biology*, Warwick, v. 158, p. 1 – 25, 2011.
- HERMANN, E.R. & CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. *Revista da STAB*, 1999. 17: 32-34.
- KANEKO, F. H. et al. Análise econômica da produção de cana-de-açúcar considerando-se a terceirização das operações agrícolas: o caso de um produtor rural. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.39, n.3, p.266-270, 2009.
- KLEIN, V. Características agronômicas, químicas e bromatológicas de variedades de cana-de-açúcar para uso forrageiro. . *Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal De Goiás Campus Jataí*, 2010..
- LAVANHOLI, M. G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima para a produção de açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M.G.A.. (Org.). *Cana-de-Açúcar*. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. v. 1, p. 697-722.
- 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, 2007. p. 1-64.
- MACHADO, E. C. ; Fisiologia da produção da cana-de-açúcar: crescimento. In: PARANHOS, S. B. *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 56-87.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e Aplicações (2ª Edição)*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

- MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Eds.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI, 2007. p. 189-249.
- MARTINS, N. G. S. Os fosfatos na cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura —Luiz de Queiroz. 2004. 99 p.
- MCDOWELL, L.R. 1997. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. University of Florida. Gainesville. 524p.
- MENDES, L. C. Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006, 46p. Dissertação (Mestrado.) – UFV/Viçosa, 2006.
- MENDONÇA, S.S. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.481-492, 2004.
- MINSON, D.J. 1981 Nutritional difference between tropical and temperate pasture. In: Morley, F. H. W. (Ed) Grazing animals: world animal science. Elsevier Scientific. London. p. 143-157.
- MINSON, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press. London. 483p.
- MORELLI, J. L. et al. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.16, p.187-194, 1992.
- MORELLI, J. L. et al. Efeito do gesso e do calcário nas propriedades químicas de solos arenosos álicos e na produção da cana-de-açúcar. *STAB Açúcar e Álcool e Subprodutos*, v.6, p.21-24, 1987.
- MURARO, G.B. et al. Efeito da idade de corte sobre a composição bromatológica e as características da silagem de cana-de-açúcar plantada em dois espaçamentos e três idades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Brasília, v.38, n.8, p.1525-1531, 2009.
- NAGUMO, M. Elevação do teor de sacarose com uso de Roundup em solo de alta fertilidade, In: SEMINÁRIO ROUNDUP EFEITO MATURADOR, 1., 1993, Guarujá. Anais... Guarujá, 1993p. 47-60.
- NASSIF, D. S. P.; Parametrização e avaliação do modelo DSSAT/CANEGRO para variedades brasileiras de cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. 92p.
- NRC – National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. updated 7th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2000. 242p.

NUNES JUNIOR, M. S. Variedades de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. Cana-de-açúcar cultivado e utilização. Campinas: Fundação Cargill, v.2, p. 187-259, 1987.

NUSSIO, L.G. et al. Cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3, 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: FUNERB, 2006. p.277-328.

OLIVEIRA, D. C. Qualidade do colmo de três variedades de cana-de-açúcar no início, meados e final da safra. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2014.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Extração de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* v.34, n.4, p.1343-1352, 2010.

OLIVEIRA, M. D. S. et al. Avaliação de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tempos de armazenamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n.8, p.1435-1442, 1999.

OLIVEIRA, M. W. et al. Produção e Qualidade da Forragem de Duas Variedades de Cana-de-Açúcar Influenciadas pela Adubação com Cobre e Manganês. *Rev. Cient. Prod. Anim.*, v.14, n.2, p.165-168, 2012.

OLIVEIRA, M. W. et al. Cana-de-açúcar para produção de etanol em pequenas e médias propriedades rurais. In: *RenovEnergia*, 2014a, Maceió. *Anais do RenovEnergia*. Maceió.

OLIVEIRA, M. W. et al. Fenóis e flavonóides no colmo e na casca de três variedades de cana-de-açúcar In: Congresso Brasileiro de Química, 51, 2011, São Luís. *Anais...* São Luís - MA: SBQ, 2011b.

OLIVEIRA, M. W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. In: *Informe Agropecuário*, v. 28, n.239, 2007. Belo Horizonte. p. 30-43.

OLIVEIRA, M. W. et al. Produção da RB867515 influenciada pela aplicação de substâncias húmicas, aminoácidos e extrato de algas marinhas. *STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v. 30, p. 30-33, 2011a.

OLIVEIRA, T. B. A. et al. Tecnologia e custo de produção de cana-de-açúcar: um estudo de caso em uma propriedade agrícola. *Latin American Journal of Business Management*, v.3, n.1, p150-172, 2012.

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*. 1983. p. 368.

OSPINA, H. et al. A suplementação mineral e o desafio de otimizar o ambiente ruminal para a digestão da fibra. In: ENCONTRO ANUAL SOBRE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES DA UFRGS - SUPLEMENTAÇÃO MINERAL DE BOVINOS, 1., 1999, São Gabriel. *Anais...* São Gabriel: UFRGS, 1999. p. 37-60.

PAYNE, J. H. Operações unitárias na produção de açúcar de cana; tradução Florenal Zarpelon. São Paulo: Nobel S.A., 1989.

PEREIRA, E.S. et al. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Brasília, v.30, n.2, p.563 - 572, 2001.

PEREIRA, L. F. M. Teores de açúcares de quatro genótipos de cana-de-açúcar em diferentes porções do caldo durante a fase de maturação. 2014. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2014.

PINTO, A.P. et al. Desempenho e características de carcaça de tourinhos mestiços em confinamento com dietas à base de cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.198-203, 2010.

PINTO, A.P. et al. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. *Semina: Ciências Agrárias*, v.24, n.1, p.73-84, 2003.

QUEIROZ, O.M. et al. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.358-365, 2008.

RAIJ, B. Gesso na Agricultura. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, 233p.

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

RAIJ, B. V. et al., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas e Fundação IAC (Boletim Técnico, 100), 1996. 255p.

RAPASSI, R.M.A. et al. Avaliação técnica e econômica de sistemas de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região oeste do Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.10, p. 11-21, 2009.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa da cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba, 2004. p. 302.

ROCHA, A. T. et al. Emprego do gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* v.3, n.4, p.307-312, 2008.

RODRIGUES, J.D. Fisiologia da Cana-de-açúcar. [1995]. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/6301126/Cana-de-açúcardeacucar-Ecofisiologia>> Acesso em: 16 jun. 2015.

SALDANHA, E. C. M. et al. Uso do gesso mineral em latossolo cultivado com cana de açúcar. *Caatinga*, v.20, n.1, 2007.

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, D.H. et al. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB. v.15, n.5, p.443–449, 2011.

SANTOS, J.E.P. Distúrbios metabólicos. In: BERCHIELLI, T.T. et al. (Eds.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, p.423-492, 2006.

SANTOS, V. R. DOS et al. 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. 2002. p.235.

SILVA, G. M. et al. The use of ethephon to manage sugarcane varieties in different locations of the central – southern region of Brazil. In: CONGRESS OF I.S.S.C.T., 20. 1989, São Paulo. *Proceedings...* p. 623-645.

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.

SILVEIRA, L. C. I.; BARBOSA, M. H. P.; CHAVES, J. M. P. Variedades melhoradas de cana-de-açúcar para Minas Gerais. Belo Horizonte. In: *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 28, n.239, p. 25-29, 2007.

SIQUEIRA, G.R. et al. Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.13, n.4, p.991-1008 out./dez., 2012.

SIQUEIRA, G.R. et al. Uso estratégico de forragens conservadas em sistemas de produção de carne. In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W. (Eds) **Produção e utilização de forragens conservadas**. Maringá: Masson, 2008. p.41-89.

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

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; LOBATO, E. Avaliação dos métodos da necessidade de calagem em solos do cerrado. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1997.14p. (Circular Técnica n. 27).

SUZUKI, J. Biossíntese e acúmulo de sacarose em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*): Influência do íon potássio durante diferentes estádios de crescimento em solução nutritiva. 1982. 96f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

TAIZ, L; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 3 ed.,719 p., 2013.

TASSO JÚNIOR, L. C.; Caracterização agrotecnológica de cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região centro-norte do Estado de São Paulo. Jaboticabal: FCAV/Unesp. 2007. 167 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

THIAGO, R. D. R. T. Avaliação nutricional da cana-de-açúcar submetida a métodos de colheita para produção animal. Dissertação(Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. 100p.

TOPPA, E. V. B. et al. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum L.*). Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 217-223. 2010.

VALADARES FILHO, S.C. et al. Otimização de dietas à base de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6, . Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p.121-182.

VALADARES FILHO, S.C. et al. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. 3 ed., Viçosa: UFV/DZO, 2010, 502 p.

VIEIRA, I. M. S. Relações entre níveis de açúcares e atividades de invertases em tecidos de quatro cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) cultivadas à campo. 1988. 129 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba 1988.

WILSON, J.R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. Anais... Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.173-208.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação dos teores de Sacarose Aparente, Fibra, Pureza, TCH, ATR e TPH de três variedades de cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta e primeira rebrota.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
Sacarose Aparente (%)			
Variedade	2	2,744**	2,307*
Bloco	4	0,252	0,929
Resíduo	8	0,147	0,374
Média Geral		13,39	16,02
CV (%)		2,87	3,82
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
Fibra (%)			
Variedade	2	0,260 ^{ns}	0,064 ^{ns}
Bloco	4	0,245	0,388
Resíduo	8	0,459	0,396
Média Geral		14,29	14,04
CV (%)		4,74	4,49
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
Pureza (%)			
Variedade	2	3,037 ^{ns}	0,522 ^{ns}
Bloco	4	1,632	3,527
Resíduo	8	1,668	4,544
Média Geral		85,99	86,18
CV (%)		1,50	2,47
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
ATR (kg t ⁻¹)			
Variedade	2	233,870**	200,955**
Bloco	4	23,185	81,789
Resíduo	8	11,792	29,517
Média Geral		131,84	156,54
CV (%)		2,60	3,47

Fonte: Autor.

Nota: ns, *, **: não significativo, e significativo a 5,0% e 1,0% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

APÊNDICE B: Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos valores de TCH e ATR_{ha} de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
TCH			
Variedade	2	1496,470**	275,516 ^{ns}
Bloco	4	212,153	62,795
Resíduo	8	55,227	69,355
Média Geral		130,58	76,98
CV (%)		5,69	10,82
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
ATR_{ha}			
Variedade	2	33,892**	4,518 ^{ns}
Bloco	4	5,422	1,760
Resíduo	8	1,079	1,545
Média Geral		17,240	12,02
CV (%)		6,03	10,34

Fonte: Autor.

Nota: ns, *, **: não significativo, e significativo a 5,0% e 1,0% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

APÊNDICE C: Quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação dos Acúmulos de Matéria Natural e Matéria Seca e índice de total de açúcares recuperáveis pela Matéria Seca da biomassa da parte aérea de três variedades de cana-de-açúcar no ciclo de cana-plantar e primeira rebrota.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
Matéria Natural (t ha ⁻¹)			
Variedade	2	957,600*	365,720 ^{ns}
Bloco	4	456,600	98,392
Resíduo	8	156,350	133,552
Média Geral		156,20	93,59
CV (%)		8,01	12,35
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
Matéria Seca (t ha ⁻¹)			
Variedade	2	40,653 ^{ns}	7,056 ^{ns}
Bloco	4	34,132	18,252
Resíduo	8	16,876	19,495
Média Geral		39,666	29,89
CV (%)		10,36	14,77
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
Índice ATR/MS			
Variedade	2	0,0186**	0,009*
Bloco	4	0,006	0,004
Resíduo	8	0,001	0,001
Média Geral		0,438	0,407
CV (%)		7,69	10,11

Fonte: Autor.

Nota: ns, *, **: não significativo, e significativo a 5,0% e 1,0% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

APÊNDICE D: Quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação do teor de proteína bruta, fósforo e enxofre, na biomassa aérea da cana-planta, na dose de 750 kg de 09-14-22 por hectare e 750 kg de 20-05-25 por hectare na primeira rebrota, aplicados no fundo do sulco de plantio.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
		Proteína Bruta (g kg ⁻¹ MS)	
Variedade	2	37,787*	0,854 ^{ns}
Bloco	4	2,134	2,402
Resíduo	8	4,162	3,819
Média Geral		23,06	22,01
CV (%)		8,84	8,88

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
		Fósforo (g kg ⁻¹ MS)	
Variedade	2	0,068**	0,002 ^{ns}
Bloco	4	0,003	0,015
Resíduo	8	0,010	0,002
Média Geral		0,666	0,726
CV (%)		15,25	7,11

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Cana-Planta	Primeira rebrota
		Enxofre (g kg ⁻¹ MS)	
Variedade	2	0,088 ^{ns}	0,056*
Bloco	4	0,016	0,019
Resíduo	8	0,043	0,014
Média Geral		1,36	1,18
CV (%)		15,29	10,15

Fonte: Autor.

Nota: ns, *, **: não significativo, e significativo a 5,0% e 1,0% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

APÊNDICE E: Quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação do teor de Fibra em detergente neutro e Fibra em detergente ácido, na biomassa aérea da cana-planta, na dose de 750 kg de 09-14-22 por hectare e 750 kg de 20-05-25 por hectare na primeira rebrota, aplicados no fundo do sulco de plantio.

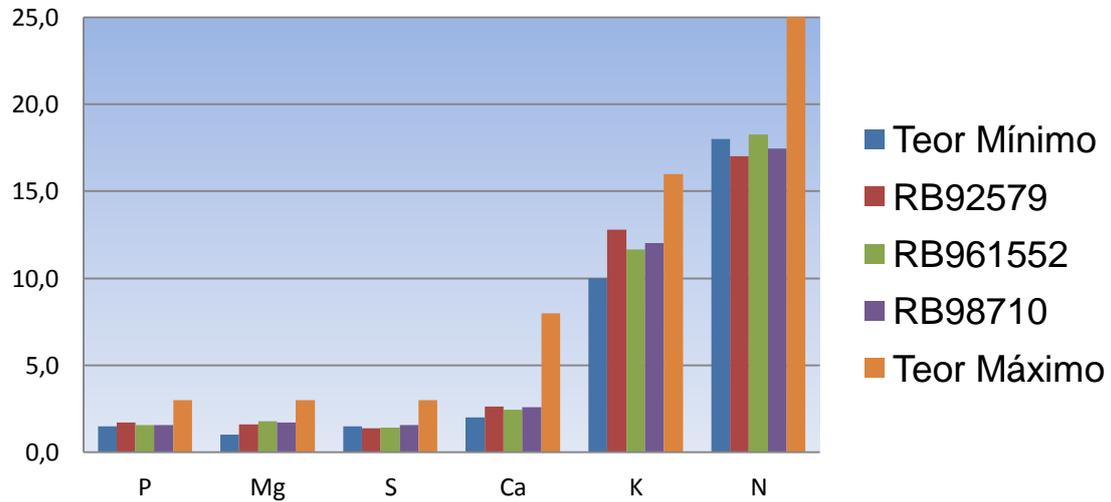
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		FDN (g kg ⁻¹ MS)
Variedade	2	13,338
Bloco	4	33,134
Ciclo	1	718,732**
Variedade*Ciclo	2	39,862
Resíduo	20	18,798
Média geral		48,756
CV (%)		8,89
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		FDA (g kg ⁻¹ MS)
Variedade	2	8,508
Bloco	4	5,383
Ciclo	1	166,710**
Variedade*Ciclo	2	18,978*
Resíduo	20	3,581
Média geral		25,791
CV (%)		7,34

Fonte: Autor.

Nota: ns, *, **: não significativo, e significativo a 5,0% e 1,0% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

APÊNDICE F: Quadro comparativo do teor máximo e mínimo aceitáveis de macronutrientes na folha+3 de três variedades de cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta.

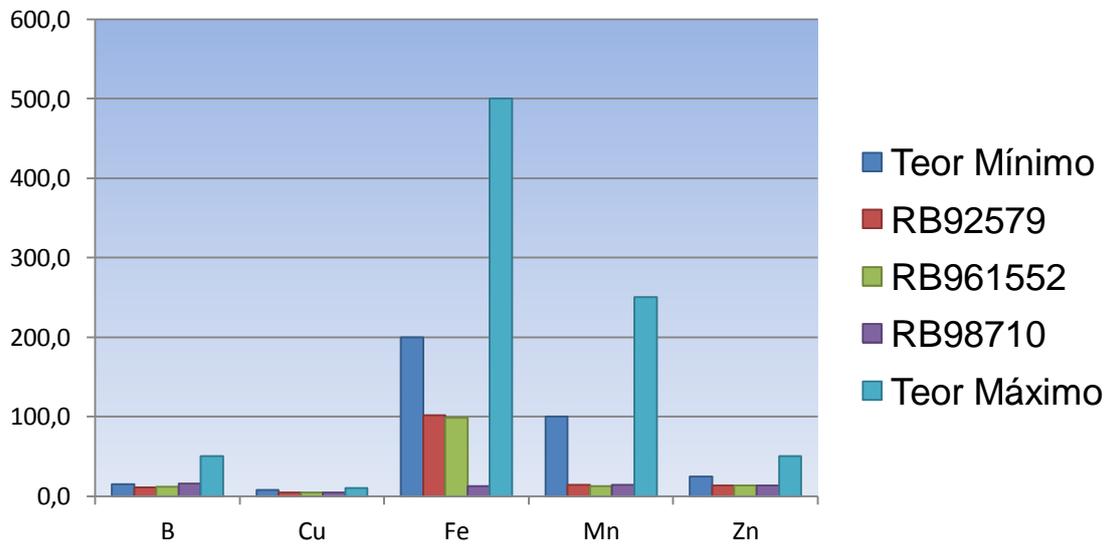
Teor de macronutrientes na folha +3 (g/kg)



Fonte: Autor.

APÊNDICE G: Quadro comparativo do teor máximo e mínimo aceitáveis de micronutrientes na folha+3 de três variedades de cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta.

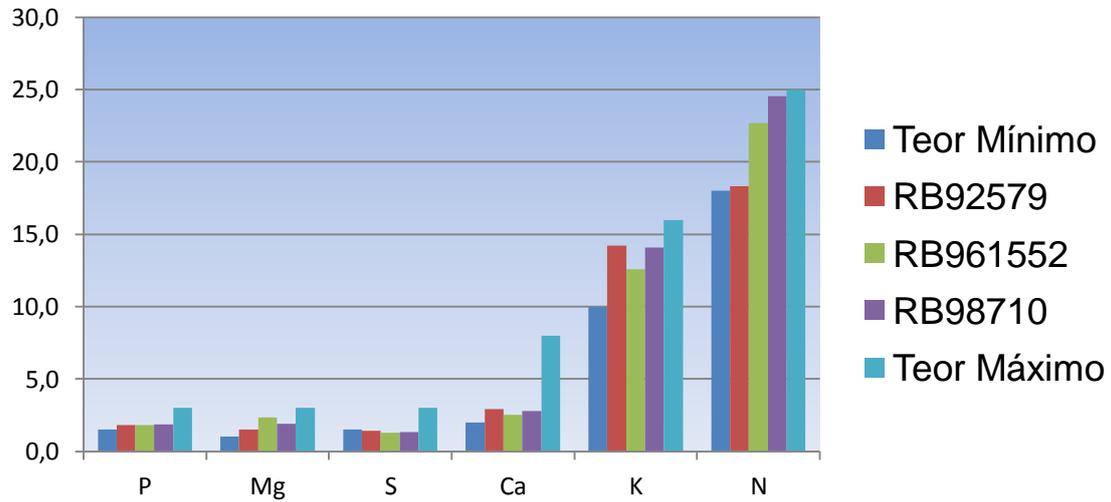
Teor de micronutrientes na folha +3 (mg/kg)



Fonte: Autor.

APÊNDICE H: Quadro comparativo do teor máximo e mínimo aceitáveis de macronutrientes na folha+3 de três variedades de cana-de-açúcar no ciclo de primeira rebrota.

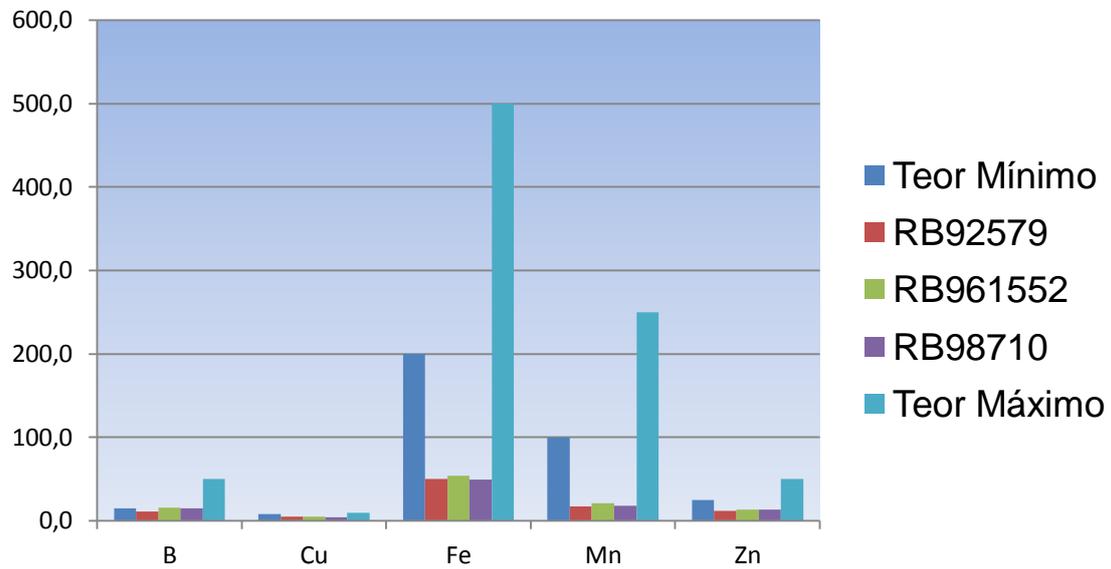
Teor de macronutrientes na folha +3 (g/kg)



Fonte: Autor.

APÊNDICE I: Quadro comparativo do teor máximo e mínimo aceitáveis de micronutrientes na folha+3 de três variedades de cana-de-açúcar no ciclo de primeira rebrota.

Teor de micronutrientes na folha +3 (mg/kg)



Fonte: Autor