

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

ANTONIO ALESSANDRO LIMA SILVA

**ANÁLISE DE CRESCIMENTO VEGETAL E PRODUTIVIDADE EM
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA O BAIXO PARNAÍBA
MARANHENSE**

Chapadinha – MA

2019

ANTONIO ALESSANDRO LIMA SILVA

**ANÁLISE DE CRESCIMENTO VEGETAL E PRODUTIVIDADE EM
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA O BAIXO PARNAÍBA
MARANHENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dra. Francirose Shigaki

Chapadinha – MA

2019

ANTONIO ALESSANDRO LIMA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dra. Francirose Shigaki

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Francirose Shigaki (Orientador)

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Jose Roberto Brito Freitas (Examinador)

Universidade Federal do Maranhão

Zootecnista. André da Silva Alves (Examinador)

Universidade Federal do Maranhão

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, familiares, amigos e professores
que dividiram comigo este sonho, e hoje posso esta
compartilhando minha alegria.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, expressando a minha gratidão pelo sustento físico e emocional ao longo dessa trajetória acadêmica;

À minha mãe Julivane Pessoa Lima Silva, por ter compartilhado comigo este sonho, e sempre me incentivando a continuar em busca dos meus objetivos;

Ao meu pai Jose Pinheiro da Paz Silva, por ter sonhado os meus sonhos e agora estou realizando;

Aos meus irmãos Leandro Lima Silva, Adriano Lima Silva e Adriana Lima Silva, que estiveram compartilhando comigo todos os momentos durante todos esses anos;

Aos meus primos, Claudia Azevedo, Carlos Garder, Wanderson Azevedo e Beatriz Moreira, que me acolheram nesta cidade e me ajudaram muito no início difícil que tive aqui;

Aos membros do grupo de pesquisa de PROAGROS e grandes amigos: Gildo Filho, Diego Otavio, André Alves e todos os outros que fizeram parte desta história, por todos os momentos e durante a realização deste trabalho, meu especial agradecimento.

A minha namorada Grazielle Silva de Oliveira, que compartilhou meus altos e baixos e me incentivou a correr atrás dos meus objetivos.

A Profa.º Francirose Shigaki, pela oportunidade de pesquisa e amadurecimento profissional que foi adquirido pelos seus ensinamentos transmitidos;

Aos meus amigos Tiago Carneiro, Renata Coutinho, Héliida karla, Raul Fortes, Maiane Rodrigues, Mayara Rodrigues e a todos os meus colegas da turma de Engenharia Agrícola.

Aos Professores, Whashington, Fabiano, khallil, Maycon, Ivan Hudson.

À Universidade Federal do Maranhão, por ter me concedido a realização desse grande sonho em obter o título de Engenheiro Agrícola;

À todos que contribuíram de forma direta e indiretamente, o meu muito obrigado e os meus sinceros agradecimentos.

Não são as espécies mais fortes que sobrevivem,
nem as mais inteligentes, e sim as mais
suscetíveis a mudanças

Charles Darw

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar as taxas de crescimento e desenvolvimento de três variedades de cana-de-açúcar para a região do baixo Parnaíba Maranhense. As variedades utilizadas foram RB 867515, RB 863129 e RB 92579, e avaliou-se os seguintes parâmetros de crescimento: acúmulo de matéria seca na folha e colmo da planta, área foliar, altura de colmo, diâmetro de colmo, teor de nitrogênio em diferentes partes da planta (colmo e folha + 3), Taxa de Crescimento Absoluto, Taxa de Crescimento Relativo, brix e produtividade. Para tal, as amostras foram coletadas aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após o plantio. Para todos os parâmetros avaliados não houve diferença significativa entre as variedades ($P > 0,05$). Entretanto houve diferença para os tempos de coletas ($P < 0,05$). Para os parâmetros de área foliar, altura e diâmetro de colmo, observou-se que as três variedades atingiram seus valores máximos ao fim da última coleta (270 dias após o plantio). Para os teores de nitrogênio em folha+3 e colmo, verificou-se que com o desenvolvimento da planta houveram decréscimos desses teores para todas as variedades analisadas. Para acúmulos de matéria seca, observou-se uma maior diferença de valores entre a 2ª e 3ª coleta, para folha+3 e colmo. Os valores de Taxa de Crescimento Absoluto e Relativo atingiram seus valores máximos aos 210 dias após o plantio. No final do ciclo da cultura os valores de Brix variaram entre 19,4% a 20,5%. Já em relação a produtividade, a RB 867515 apresentou um rendimento final de 101,35 T.ha⁻¹, a RB 92579 de 90,77 T.ha⁻¹ e RB 863129 obteve valor de 77,21 T.ha⁻¹. Foi possível observar que para cada parâmetro estudado o rendimento de cada variedade depende muito das suas características genéticas, e da sua adaptação às condições ambientais. Conclui-se então que as três variedades analisadas apresentaram comportamentos semelhantes em todos os parâmetros de crescimento, já em relação a produtividade do primeiro ciclo, a RB 867515 obteve melhor performance em relação as demais.

Palavras-chave: Fenologia, Parâmetros ecofisiológicos, Saccharum spp..

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth and development rates of three sugarcane varieties for the lower Parnaíba Maranhense region. The varieties used were RB 867515, RB 863129 and RB 92579, in which the following growth parameters were evaluated: leaf and stem dry matter accumulation, leaf area, stem height, stem diameter, nitrogen content in different plant parts (stem and leaf + 3), Absolute Growth Rate, Relative Growth Rate, brix and productivity. For this, the samples were taken at 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 and 270 days after planting. For all parameters there was no significant difference between varieties ($P > 0.05$). However, there was a difference for collection times ($P < 0.05$). The parameters of leaf area, height and stem diameter showed that the three varieties reached their maximum values at the end of the last harvest (270 days after planting). For the nitrogen levels in leaf + 3 and stem, it was verified that as the plant development there were decreases of these contents for all varieties analyzed. For dry matter accumulations, a greater discrepancy of values was observed between the 2nd and 3rd harvest, for leaf + 3 and stem. For the physiological indices, the Absolute and Relative Growth Rate values reached their maximum values at 210 days after planting. For Brix contents, at the end of the crop cycle, the values ranged from 19.4% to 20.5%. Productivity at RB 867515 presented a final yield of 101.35 T.ha⁻¹, RB 92579 presented 90.77 T.ha⁻¹ and RB 863129 presented 77.21 T.ha⁻¹. It was possible to observe that for each studied parameter the yield of each variety depends a lot on its genetic characteristics and its adaptation to environmental conditions. It is concluded then that the three varieties analyzed showed similar behaviors in all growth parameters, in relation to the productivity of the first cycle, the RB 867515 obtained better performance in relation to the others.

Keyword: Saccharum spp. Ecophysiological parameters. Phenology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Fatores que influenciam a produtividade da cana-de-açúcar.....	14
2.2	Critérios para escolha de variedades de cana-de-açúcar.....	15
2.3	Crescimento e reprodução da cana-de-açúcar.....	16
3	OBJETIVO.....	17
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1	Localização e caracterização da área experimental	17
4.2	Coleta de dados.....	18
4.3	Variedades utilizadas	20
4.4	Delineamento experimental e análises estatísticas	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1	Área foliar.....	22
5.2	Altura de colmo	23
5.3	Diâmetro de colmo.....	24
5.4	Matéria seca de colmo.....	25
5.5	Acumulo de nitrogênio em folha+3	26
5.6	Acumulo de nitrogênio em colmo.....	27
5.8	Taxa de crescimento Absoluto.....	28
5.9	Taxa de Crescimento Relativo.....	29
5.10	Produtividade.....	30
5.11	Teor de Brix.....	32
6	CONCLUSÃO.....	33
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média (°C) de Abril de 2018 a Fevereiro de 2019	18
Figura 2. Área foliar.....	22
Figura 3. Altura de colmo.....	23
Figura 4. Diâmetro de colmo.....	24
Figura 5. Matéria seca de colmo de três cultivares de cana-de-açúcar.....	25
Figura 6. Matéria seca de folha+3 de três cultivares de cana-de-açúcar.....	26
Figura 7. Teor de nitrogênio em folha+3 de três cultivares de cana-de-açúcar.....	26
Figura 8. Teor de nitrogênio em colmo de três cultivares de cana-de-açúcar.....	28
Figura 9. Taxa de crescimento absoluto de três cultivares de cana-de-açúcar.....	28
Figura 10 - Taxa de crescimento relativo de três cultivares de cana-de-açúcar.....	30
Figura 11. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar.....	31
Figura 12. Teor de brix de três cultivares de cana-de-açúcar.....	32

LISTA DE ABREVIACOES

AFT – rea foliar total

DAP – Dias após o plantio

F+3 – Folha+3

MS – Matéria Seca

N – Nitrogênio

TCA – Taxa de crescimento absoluto

TCR – Taxa de crescimento relativo

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil representa uma das principais atividades agrícolas do país e compõe o mais antigo setor agroindustrial, ocupando uma posição de destaque na economia nacional e internacional, uma vez que o país é líder na produção mundial desta cultura. A estimativa de produção agrícola para a safra de 2017/2018 foi de 678 milhões de toneladas em uma área plantada de 8 milhões de hectares, com produtividade média de 77 t ha⁻¹ (Conab, 2017). Ainda, de acordo com dados da Conab (2017) em 2010 a área plantada de cana no Nordeste foi de 1,4 milhões de hectares, representando um aumento de 1,7% para o ano de 2017, em relação a 2010.

Particularmente para o estado do Maranhão, embora representando uma área plantada menor se comparado com outros estados da região Nordeste, em 2010 observou-se um crescimento significativo de 6,8% nas lavouras de cana em relação aos 3 anos anteriores do setor sucroalcooleiro (Conab, 2011). Esse fato nos leva a acreditar que em poucos anos, considerando-se a expansão do setor de produção de fontes alternativas de energia (etanol e biodiesel), o plantio de cana no Maranhão será mais expressivo, e desde já esta cultura necessita de atenção na avaliação de seus aspectos produtivos e ambientais.

No Brasil assim como em outros países produtores de cana-de-açúcar, as variedades dessa cultura têm sido continuamente desenvolvidas e testadas com o objetivo de aumentar a produtividade, obter uma maior resistência a pragas e doenças e também, buscando uma melhor adaptação para as variações de clima, solos, técnicas de corte ou manejo (Abranches & Bolonhezi, 2011). Dentre as alternativas disponíveis para o estudo de variedades de cana-de-açúcar, uma das ferramentas mais utilizadas tem sido a análise de crescimento, sendo esta considerada como um método padrão para se medir a produtividade biológica de uma cultura, servindo como uma ferramenta muito importante que também permite avaliar o crescimento das culturas sob diferentes condições de cultivo.

Sendo assim, em cana de açúcar a análise de crescimento tem permitido identificar as melhores fases de desenvolvimento da cultura através da avaliação de variáveis morfológicas das plantas como altura, diâmetro de colmo, perfilhamento, área foliar e produtividade, tornando-se possível identificar a capacidade produtiva de diferentes variedades (Costa et al., 2011). Deste modo, a identificação das variações durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar é fundamental para que se possa modelar e quantificar o crescimento nos diferentes ambientes de produção.

Diante do exposto, com a expectativa de expansão do setor no Estado do Maranhão, e em particular na região do Baixo Parnaíba Maranhense, existe uma grande lacuna sobre informações de crescimento desta cultura para essa região, e nesse contexto, a aplicação da análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar poderá fornecer informações sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura para as condições edafoclimáticas locais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fatores que influenciam a produtividade da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma das maiores culturas do mundo (Dotaniya e Datta 2014; Choudhary et al. 2017). A experiência brasileira na produção de etanol tendo a cana como matéria prima abriu caminho para o estabelecimento de um suprimento mundial para atender a alta demanda, e estima-se que a produção brasileira de cana-de-açúcar dobre na próxima década para atingir esse objetivo (Cheavegatti-Gianotto et al. 2011).

Existem várias alternativas para que a lavoura canavieira apresente bons níveis de produtividade, dentre elas a criação e a seleção de novas variedades mais resistentes ao estresse ambiental e a pragas. No entanto além dessas medidas, a cultura ainda precisa de fertilização para suplementar os nutrientes essenciais que normalmente são limitados no solo (Tkacz et al. 2015). Sem o manejo da adubação o rendimento da cultura é afetado devido à baixa fertilidade de regiões tropicais, uma vez altas temperaturas causam um desenvolvimento mais rápido da cultura e, portanto, menor duração da cultura, que na maioria dos casos está associada a menores rendimentos (Stone, 2001).

De uma maneira geral o rendimento final de uma cultura é o resultado da interação entre o genótipo e o ambiente no qual está instalada. Na cana-de-açúcar não é diferente, dessa maneira, práticas agrícolas que melhoram o ambiente de produção contribuem para acréscimos de produtividade (Raij, 2011).

Nas regiões tropicais, o rendimento agrícola da cana-de-açúcar é limitado devido ao elevado teor de Al e acidez (Fageria e Baligar, 2008). A acidez do solo se dá principalmente pelo processo de intemperismo, aliado ou não às alterações do ambiente provocadas pelo homem, sendo intensificados em regiões de clima tropical úmido. Esse processo químico ocorre devido a substituição de cátions básicos por íons hidrogênio e alumínio no complexo de troca.

Outros fatores limitantes para uma boa produtividade são frequentemente a disponibilidade de fosforo, nitrogênio e, em menor grau, o ferro. Estes são os nutrientes que as plantas são capazes de obter diretamente do solo ou “usando” microrganismos como fixadores ou “captadores de solo” (Gregersen et al. 2013). Além da fertilidade do solo baixa, é sabido que as condições de estresse podem induzir senescência foliar prematura das folhas, o que leva a uma escassez de assimilados, causando uma aceleração no processo de maturação de toda a planta (Gan, 2003) e no final afetando fortemente a produtividade da cultura.

O déficit hídrico também afeta vários aspectos do crescimento vegetal; os efeitos mais óbvios do estresse hídrico se referem à redução do tamanho das plantas, de sua área foliar e da produtividade da cultura (Forrester et al. 2016). Alguns processos fisiológicos serão prejudicados se ocorrer estresse hídrico durante o desenvolvimento da cultura, tais como: divisão e alongamento celular, reduzindo o acúmulo de massa seca, a taxa de crescimento da cultura e o índice de área foliar (Inman-Bamber, 2004).

No tocante a disponibilidade de água e pH do solo, a acidez do solo e deficiência hídrica são considerados um dos principais causadores para o baixo rendimento da cana principalmente na região Nordeste nos Tabuleiros Costeiros e em Alagoas especialmente (Clemente et al., 2017).

No geral, o objetivo de alto nível de produção de cana-de-açúcar associado a maior recuperação sem prejudicar o ambiente do solo e seus nutrientes pode ser alcançado através do aumento da área ou praticas eficientes de manejo da cultura sob o sistema de cultivo (Singh et al. 2012).

2.2 Critérios para escolha de variedades de cana-de-açúcar

As variedades modernas de cana-de-açúcar são derivadas da hibridação interespecífica entre *Saccharum officinarum* e *Saccharum spontaneum*, resultando em plantas altamente poliploides e aneuploides. Portanto, as cultivares de cana-de-açúcar são altamente heterozigotas, apresentando vários alelos diferentes em cada locus, e esse alto nível de complexidade genética cria desafios durante programas de melhoramento molecular e convencional (Cardoso-Silva et al. 2014). Além disso, demanda mundial por fontes de energia renováveis coloca o Brasil em uma posição de destaque no setor de energia. Portanto, é necessário incorporar novas tecnologias para maximizar a produção de cana-de-açúcar brasileira e reduzir os impactos ambientais associados.

A cana-de-açúcar está sujeita a diferentes condições ambientais e de manuseio, principalmente em relação à variedade de cana cultivada e ao estágio de desenvolvimento da cultura. Em vista dessas variações, surge a necessidade de prever e selecionar a melhor variedade que possa se adaptar aos estímulos do ambiente (Marin et al. 2014)

Escolher as variedades certas não é fácil; depende de informações agrônômicas fundamentais, fatores industriais e da interação de todos os fatores bióticos, abióticos, administrativos e econômicos (Sartori et al. 2001). Diante disso, Florentino et al. (2008), desenvolveram modelos de otimização bi-objetivo para a seleção de variedades de cana-de-açúcar, que atendem aos requisitos ambientais, econômicos e técnicos de cada região.

As variedades de cana-de-açúcar apresentam diferenças morfofisiológicas que podem influenciar a cinética da absorção de nutrientes e, conseqüentemente, o estado nutricional (De Oliveira et al. 2019). Portanto, os estudos que avaliam o estado nutricional das variedades modernas são essenciais, e o desenvolvimento de genótipos de boa produtividade das plantações de cana-de-açúcar tolerantes ao estresse com déficit de umidade é crucial para expandir e sustentar a produção em áreas onde o suprimento de água é limitado (Moore, 1987).

Atrelado a isso, deve-se selecionar variedades com alta produtividade, elevado teor de açúcar, baixo teor de fibras e adaptadas ao clima da região. Além disso o uso de variedades resistentes ou tolerantes ao estresse hídrico pode ser uma boa alternativa para minimizar a redução da produtividade associada a seca (Campos et al. 2014).

Existem várias variedades de cana-de-açúcar com boas características agrônômicas e industriais, como melhor resposta a alta fertilidade do solo, crescimento vertical e resistência a tombamento, o que facilita a colheita; caules de alta produtividade; força de brotos; resistência a pragas e doenças e caldo com alto teor de sacarose e fácil industrialização (Da silva et al. 2017).

2.3 Análise de crescimento vegetal em cana-de-açúcar

No Brasil, como em outros países produtores de cana, variedades de cana-de-açúcar têm sido continuamente desenvolvidas com características para manter a produção do setor mais sustentáveis (Shigaki et al. 2016). As cultivares atuais são híbridos interespecíficos, sendo que nas constituições genéticas participam as espécies *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinense*, *S. barberi*, *S. robustum* e *S. edule* (Jadoski et al., 2010).

O sistema de produção da cana-de-açúcar, semelhante a outras culturas agrícolas, pode ser afetado por fatores relacionados a planta (cultivares, tipo de ciclo), ao solo (tipo, fertilidade), as práticas culturais (época de plantio, densidade de plantio, rotação de cultura) e, especialmente às condições climáticas (temperatura, radiação, precipitação) (Bonnet et al 2006; Park et al. 2005).

O conhecimento do ciclo da cultura e dos padrões de crescimento e desenvolvimento das plantas é importante para melhor manejá-las, pois se sabe que toda e qualquer produção vegetal que tenha em vista a máxima produtividade econômica, fundamenta-se na interação de três fatores: a planta, o ambiente de produção e o manejo (Marafon, 2012). Nesse contexto, uma análise temporal fornece um modelo com três estágios de respostas das plantas: o primeiro estágio de iniciação e pré-condicionamento seguido de um estágio intermediário

preparatório para aclimação e um estágio tardio de nova homeostase com crescimento reduzido (Harb et al. 2010).

Dentre as alternativas atualmente disponíveis para estudar parâmetros de crescimento em variedades de cana-de-açúcar, uma das ferramentas mais utilizadas é análise de crescimento, considerada um método padrão para medir a produtividade biológica das culturas, servindo como ferramenta muito importante para avaliar o crescimento das culturas em diferentes condições de cultivos. (Shigaki et al. 2016).

Do ponto de vista agrônômico, a análise de crescimento atende aos interessados em conhecer diferenças funcionais e estruturais entre cultivares de uma mesma espécie, de forma a poder selecioná-las para melhor atender aos seus objetivos ou mesmo aplicá-los, por exemplo, em programas de melhoramento genético (Marafon, 2012).

A análise de crescimento consiste na medida sequencial do acúmulo de matéria orgânica na planta, considerando a produção de massa de matéria seca (biomassa) e descreve as condições morfológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, permitindo avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diversos órgãos no crescimento total (Magalhães, 1985).

3. OBJETIVO

Avaliar o crescimento, desenvolvimento e produtividade de três variedades de cana-de-açúcar (RB 867515, RB863129, RB92579) para a Região do Baixo Parnaíba Maranhense.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Localização e caracterização da área experimental

Este estudo foi realizado em área experimental da Universidade Federal do Maranhão, no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, na cidade de Chapadinha/MA, nas seguintes coordenadas geográficas e latitude 3° 44' S e longitude 44° 21' W a 110 m acima do nível do mar. O clima da região corresponde na classificação de Koppen ao tipo Aw (quente e úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno). O período experimental foi de 11 meses, (Abril de 2018 a Fevereiro de 2019), no qual a temperatura média foi de 28°C, e precipitação média mensal de 226 mm no verão, e 24 mm no inverno (Figura 1), segundo os dados obtidos através Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

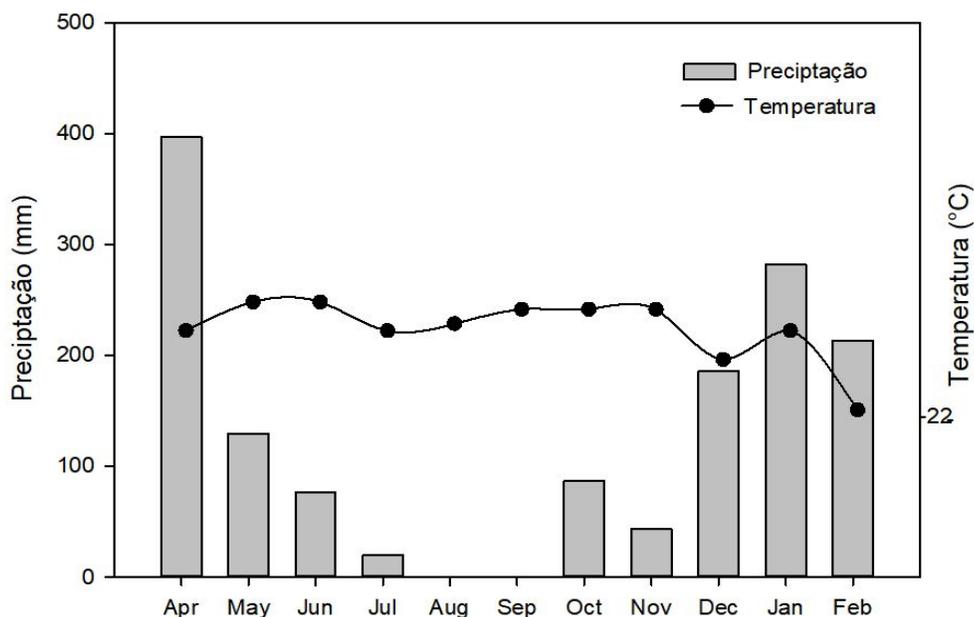


Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura média dos meses (°C) durante o período experimental

4.2. Coleta de dados

Para a obtenção dos dados foram realizadas nove coletas aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após o plantio. Os parâmetros avaliados foram: acúmulo de biomassa da parte aérea, AFT (área foliar total), altura e diâmetro de colmos e o teor de nitrogênio nas diferentes partes da planta (folha+3 e colmo).

Os teores de Matéria Seca (MS) foram calculados pelo método (930.15), segundo a AOAC (2012), onde foram coletadas três plantas de cada parcela experimental, secas em estufa de circulação forçada a 60°C por 72 horas, posteriormente as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley na peneira de 1mm e submetidas novamente a estufa a 105°C para obtenção da MS.

Para determinação de nitrogênio total, o mesmo foi calculado com base na MS, de acordo com a metodologia da AOAC (2012). As amostras foram digeridas em bloco digestor com ácido sulfúrico concentrado, em presença de um catalisador, posteriormente destiladas com solução de ácido bórico 2% e tituladas com solução padrão de ácido clorídrico 0,1 mol/L até a viragem de cor na presença do indicador.

A determinação da área foliar total (AFT cm²) foi realizada através do aferimento da primeira a quinta folha de sete plantas dispostas em 2 metros lineares em cada unidade experimental, onde as folhas foram aferidas em seu comprimento e largura, cujos valores

foram utilizados para calcular a área de cada folha, por meio do método proposto por Herman e Câmara (1999)

$$AF = C \times L \times 0,75 \quad (1)$$

Onde:

AF = área da folha estudada

C = comprimento da folha estudada

L = maior largura da folha estudada

0,75 = Fator de correção

Para a determinação dos índices fisiológicos de crescimento, adotou-se a metodologia proposta por Marafon (2012), com a avaliação dos seguintes índices:

- Taxa de Crescimento Absoluto (TCA): representa o ganho de matéria seca (MS) da planta sem levar em consideração o material inicial existente que deu origem a esse ganho, ou seja, é a variação ou incremento entre duas amostragens que indica a velocidade de crescimento da planta, sendo determinada pela expressão:

$$TCA \text{ (g.dia}^{-1}\text{)} = MS2 - MS1 / t2 - t1 \quad (2)$$

Onde:

MS1 e MS2 representam a massa da matéria seca nos tempos t1 e t2.

- Taxa de Crescimento Relativo (TCR): expressa o incremento na massa de Matéria Seca por unidade de massa inicial, em um dado intervalo de tempo. Ao longo do ciclo da cultura a TCR foi determinado pela expressão:

$$TCR \text{ (g.dia}^{-1}\text{)} = (\ln MS2 - \ln MS1) / (t2 - t1) \quad (3)$$

Onde:

ln = logaritmo neperiano;

MS1 e MS2 = massas de matéria seca nos tempos t1 e t2.

Para a obtenção dos dados biométricos de parâmetros relacionados à produção de plantas (Altura e diâmetro de colmo e teor de Brix), seguiu-se a metodologia proposta por Marafon (2012), utilizando-se de 2 metros lineares amostrais. Onde os seguintes parâmetros foram avaliados:

- Altura média de colmo: mensurado com o auxílio de uma régua graduada, medindo-se a altura das plantas do nível do solo até a ponta.
- Diâmetro médio de colmo: mensurado com o auxílio de uma fita métrica medindo-se o diâmetro das plantas na parte central do colmo.
- Brix (%) da cana: Mensurado de acordo com o método proposto por Marafon (2012), com o auxílio de um refratômetro de campo, onde foram retiradas três plantas por parcela aleatoriamente sendo coletadas amostras do caldo do colmo. As gotas de caldos foram extraídas do 3º internódio a partir do solo e da ponta do último internódio antes da bainha que se desprende facilmente.
- Produtividade de colmos: O rendimento final em tonelada de cana por hectare foi determinado pelo método descrito por Marafon (2012), onde foi obtido através da coleta de plantas presentes em uma área de 3 metros lineares de cada parcela, considerando-se a soma dos pesos de colmo.

4.3. Variedades utilizadas

Os critérios de escolha para as três variedades levaram em consideração a produtividade, adaptabilidade e teor de açúcares e fibras. Deste modo optou-se por avaliar as seguintes variedades as quais apresentam as seguintes características descritas no Catalogo Nacional de variedades RB (2010):

RB 92579

Possui características de alta brotação, alto perfilhamento principalmente em cana-planta, proporcionam um bom fechamento de entrelinhas. É considerada uma cultivar de maturação média, esta variedade apresenta alta produtividade agrícola e um alto teor de sacarose, podendo ser recomendada a regiões com solos de baixa fertilidade, e não apresenta restrição ao ambiente de produção e elevada resistência a ferrugem.

RB 867515

Essa variedade se destaca em função da sua rápida velocidade de desenvolvimento, apresenta boa brotação na cana-planta e na soca, o perfilhamento é médio e possui um bom fechamento de entrelinhas, possui alto teor de sacarose e uma alta produção agrícola. Por apresentar florescimento acima da média, é recomendado o seu cultivo nos plantios de verão, para colheita no final da safra, podendo assim ser direcionada para locais com média fertilidade de solo.

RB 863129

Apresenta uma boa tolerância a seca, ótima brotação na cana planta, bom perfilhamento, e ótima brotação nas soqueiras, seguido de um bom fechamento de entrelinhas. Recomendada para regiões tropicais canavieiras, em função da sua alta adaptabilidade, não apresentando restrições a ambientes de produção, em contrapartida é de media exigência com relação a fertilidade do solo, e também é moderadamente resistente a ferrugem.

4.4. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando doze parcelas experimentais, cada parcela teve uma área de 112 m². A área experimental total foi de 1.344 m².

Os dados foram submetidos aos testes de Kolmogorov-Smirnov de normalidade e homocedasticidade, não sendo necessário nenhum tipo de transformação.

Todos os dados foram submetidos a análises de medidas repetidas no tempo pelo procedimento universal, e as médias comparadas pelo teste Turkey a 5% ($p < 0,05$) de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Área foliar

Para os resultados de área foliar (Figura 2) verificou-se que em relação ao tempo ocorreu um aumento significativo da área foliar nos 120 primeiros dias entre a 1ª e 4ª coleta ($P < 0,05$). Já entre as três variedades estudadas não houve diferença significativa para nenhuma das coletas ($P > 0,05$).

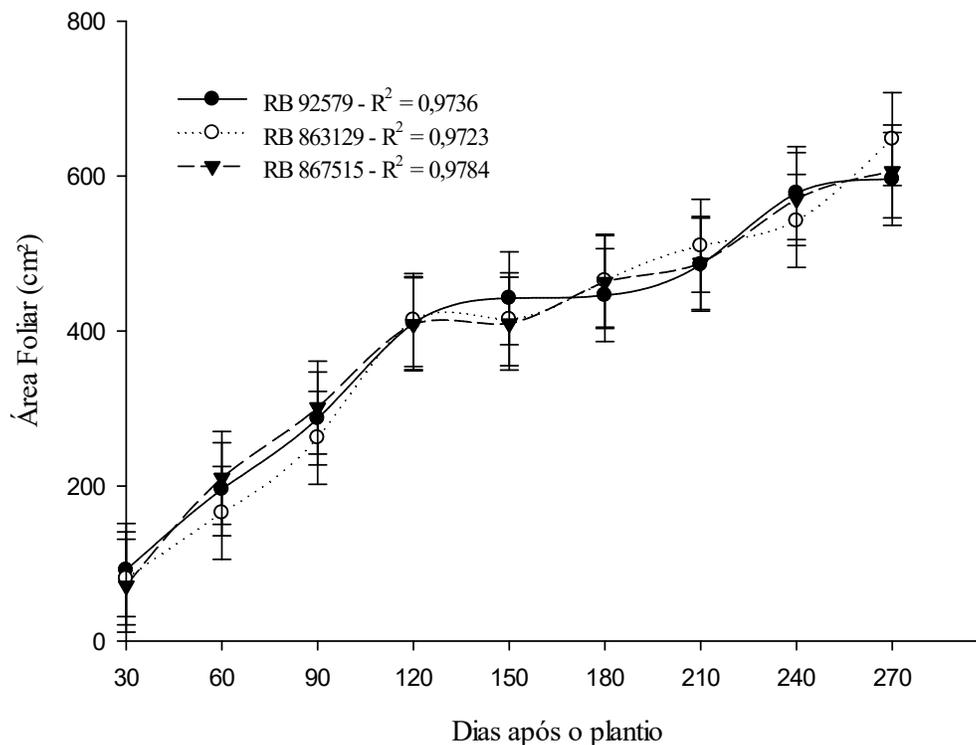


Figura 2. Área foliar

Simões et al. (2016) ao analisar seis variedades de cana-de-açúcar, dentre elas a RB 92579 e RB 897515 não detectou diferença significativa entre as cultivares para variável de área foliar

Pelos dados observados, quanto maior a idade da planta (tempo), maior área foliar ela apresenta. De acordo com Sinclair et al. (2004), o fato de a cana-de-açúcar apresentar maior área foliar conforme a sua idade, está diretamente ligada aos estádios fenológicos da cultura. Portanto, para se ter rápido crescimento nas fases de desenvolvimento, a cultura necessita de características morfológicas que favoreçam a interceptação da radiação solar.

Oliveira et al. (2007) ao estudarem os parâmetros de área da folha de diferentes cultivares de cana-de-açúcar, observou que todas as cultivares, aos 270 dias após o plantio atingiram os resultados de área foliar máxima, que variaram entre 550 cm² a 700 cm².

Clemente et al. (2017), encontraram resultados semelhantes em avaliações realizadas aos 100 DAP, com área foliar de 300 cm² e 400 cm² por planta em três variedades analisadas, entre elas a RB 92579.

5.2. Altura de colmo

A altura de colmo (Figura 3) não demonstrou diferença significativa entre as variedades ($P > 0,05$). Todas as variedades analisadas demonstraram comportamento semelhante em todas as fases de crescimento da cultura. Entretanto houve um aumento significativo dentro da variedade conforme o seu desenvolvimento da mesma ($P < 0,05$).

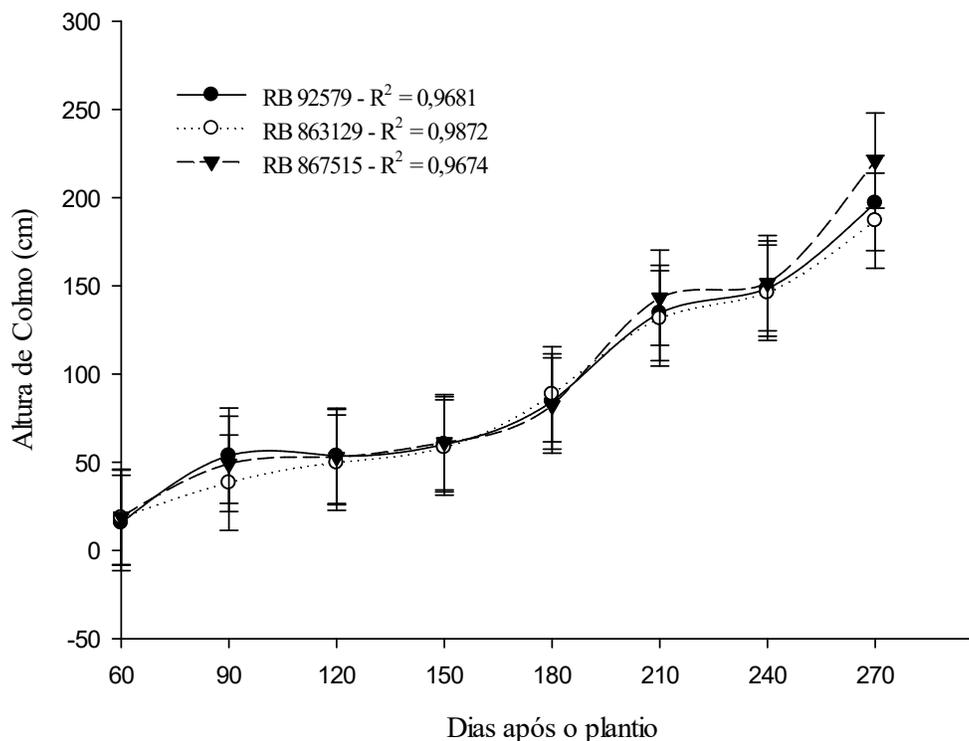


Figura 3. Altura de colmos

Percebe-se ao analisar o gráfico (Figura 3), que em todos os períodos de coletas, ocorreu um crescimento progressivo para todas as variedades, destacando os primeiros 210 dias onde se inicia o estágio final da cultura, em que os valores de altura variaram entre 15,6 cm (2ª coleta) a 143,27 cm (7ª coleta). Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que nesse período ocorre o início do estágio fenológico de crescimento do colmo, junto com o

auge do perfilhamento, onde os colmos iniciam seu desenvolvimento, ganhando altura e iniciando o acúmulo de açúcar a partir da base.

Simões et al. (2016), ao estudar diferentes seis variedades de cana-de-açúcar, dentre elas a RB 92579 e RB 863129, obtiveram valores de 91, 81, 80, 78,7, e 77,9 cm aos 180 DAP respectivamente. Brunini et al. (2016), ao avaliar o crescimento da cana-de-açúcar em diferentes cenários produtivos, obtiveram valores semelhantes nos períodos de 240 dias (175,4 cm) e 270 dias após o plantio (241,4 cm). Já Clemente et al. (2017), avaliando três variedades diferentes, incluindo a RB 92579, detectaram alturas semelhantes aos 116 DAP, entre 60 e 62 cm de altura.

5.3. Diâmetro de colmo

Para o diâmetro de colmo (Figura 4), foi observado efeito significativo de tempo dentro das variedades ($p < 0,05$), essa mesma efeito não foi observada entre as variedades ($P > 0,05$).

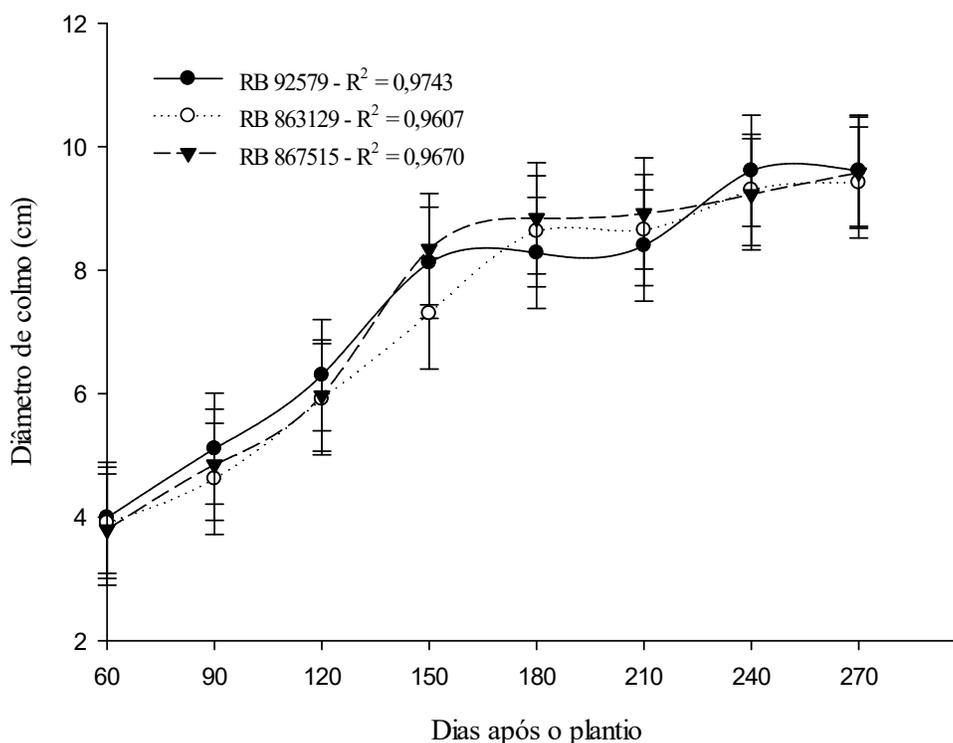


Figura 4. Diâmetro de colmo

Durante todo o período experimental, verificou-se que este parâmetro comparado aos demais, é o que apresentou menor diferença de valores entre uma coleta e outra, onde ao final das nove coletas no período de 270 dias os valores variaram entre 3,80 cm (2ª coleta) a 9,58 cm (9ª coleta).

Resultados semelhantes foram encontrados por Clemente et al. (2017), onde avaliando variedades de cana-de-açúcar, o diâmetro de colmo não diferiu entre as variedades, tanto nas fases de crescimento vegetativo como de maturação. Simões et al. (2016), ao analisar diâmetro de seis variedades, dentre elas as variedades RB 867515 e RB 92579, observaram que essas variedades apresentaram valores de 8,4 e 6 cm de diâmetro aos 150 DAP.

Silva et al (2019), afirmaram que plantas com maior número de brotos tendem a ter valores mais baixos de diâmetro de colmo.

5.4. Matéria seca de colmo

Com relação ao acúmulo de matéria seca no colmo das variedades avaliadas (Figura 5), foi observado que não houve diferença significativa entre as variedades ($P > 0,05$); entretanto houve diferença dentro das variedades no tempo ($P < 0,05$).

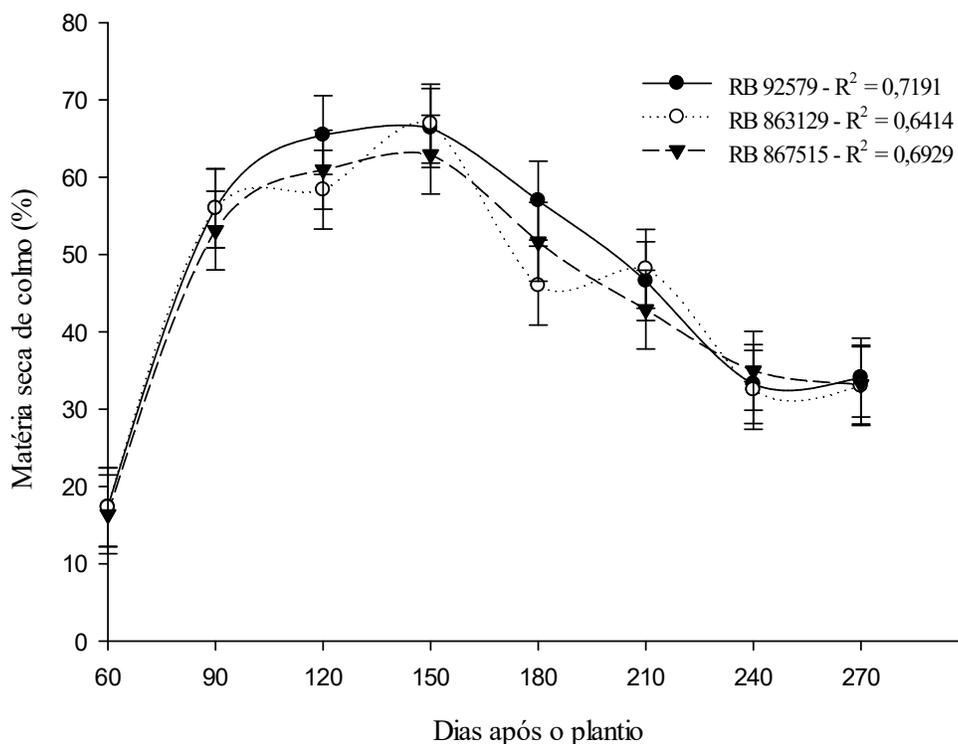


Figura 5. Matéria seca de colmo de três cultivares de cana-de-açúcar

Observou-se um aumento significativo no acúmulo de matéria seca entre os 60 e 90 dias após o plantio. Posteriormente, a partir dos 150 dias verificou-se um declínio constante para esse parâmetro, conforme a cultura foi se aproximando do estágio de maturação. Ao fim da última coleta foram, aos 270 dias após o plantio, foram encontrados os seguintes valores de matéria seca acumulada nos colmos: RB 92579 (34,08%), RB 867515 (33,17%), RB 863129 (32,99%).

De acordo com Marafon (2012) após 100 dias de cultivo a matéria seca da planta representa 70% total de toda biomassa da cultura; depois deste período ocorre diminuição progressiva nesse acúmulo.

Rezende et al., (2010), avaliando variedades de cana-de-açúcar, dentre elas as variedades RB 92579 e RB 863129, observaram teores de matéria seca de 36,0% e 33,86%.

Reyes-Gutiérrez et al. (2015), avaliando duas variedades de cana-de-açúcar observou teores de matéria seca variando entre 33,3,5% e 40,21%. Pedroso (2003) observou uma redução significativa de MS a partir dos 115 dias após o plantio.

5.6. Acúmulo de nitrogênio em folha+3

Para os resultados do acúmulo de nitrogênio nas folhas+3 (Figura7), observou-se que não houve diferença significativa entre as cultivares ($P>0,05$). Em relação ao tempo se verificou diferença significativa em todos os períodos de coletas ($P<0,05$).

Verificou-se também que houve maior acúmulo de nitrogênio durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura, logo aos 30 DAP variando entre 12,9 e 15,68 g.kg^{-1} , e posteriormente um declínio durante as seguintes coletas para todas as variedades estudadas até o fim da última coleta (270 DAP), com valores entre 7,0 e 7,9 g.kg^{-1} .

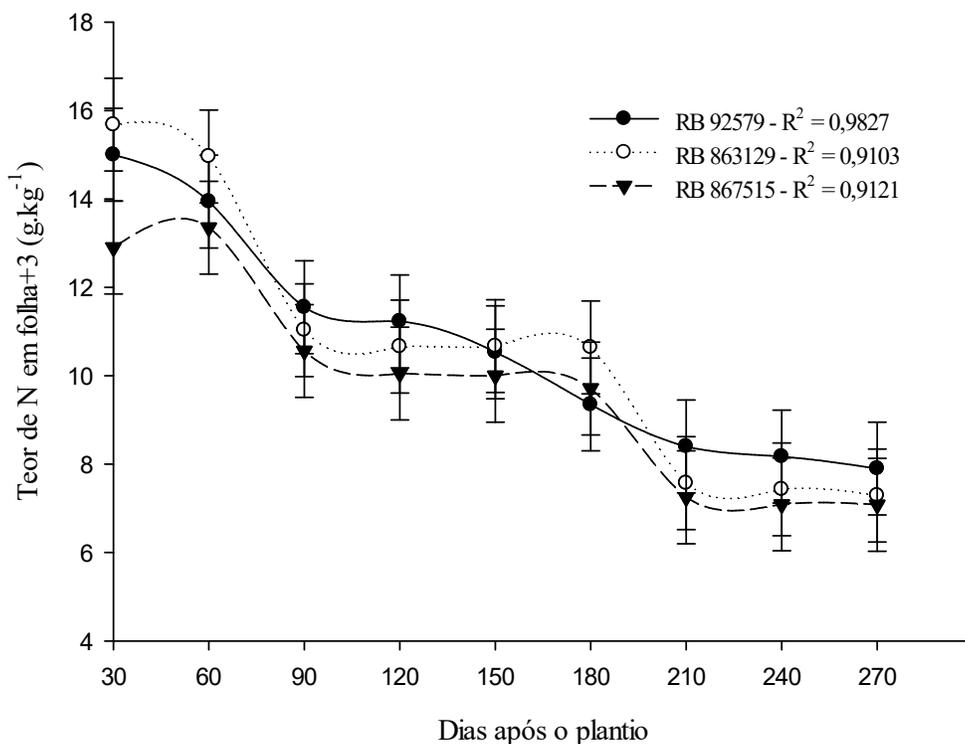


Figura 7. Teor de nitrogênio em F+3 de três cultivares de cana-de-açúcar

Essa mesma tendência foi observada no estudo de Costa et al. (2017), onde o acúmulo de nitrogênio foi mais alto durante o estágio inicial de desenvolvimento e um declínio nas etapas seguintes entre as variedades estudadas, com valores que variaram entre 6,3 e 8,1 g.kg⁻¹ aos 300 DAP.

Leite et al. (2011), ao avaliar o acúmulo de fitomassa e nutrientes em cana de açúcar, observou-se uma diminuição significativa em acúmulo de nitrogênio nas folhas +3, ligando este resultado a mobilidade de nitrogênio dentro da planta e senescência da folha durante a época de maturidade fisiológica da cultura.

Segundo Do Vale et al. (2017), isso pode ser explicado pelo fato de que durante as primeiras fases do desenvolvimento da planta e devido à atividade metabólica das folhas durante este período, ocorre este declínio nas fases finais do desenvolvimento da planta que pode ser explicado predominantemente pelo efeito de diluição do nitrogênio na biomassa da planta, decorrente do crescimento da cultura, e pelo efeito da senescência foliar durante a maturidade fisiológica das plantas.

5.7 Acúmulo de nitrogênio em colmo

Para teor de nitrogênio de colmo, não houve diferença significativa entre as cultivares dentro do tempo ($P > 0,05$). Já em relação ao tempo dentro das variedades ocorreu um declínio significativo conforme desenvolvimento da planta ($P < 0,05$).

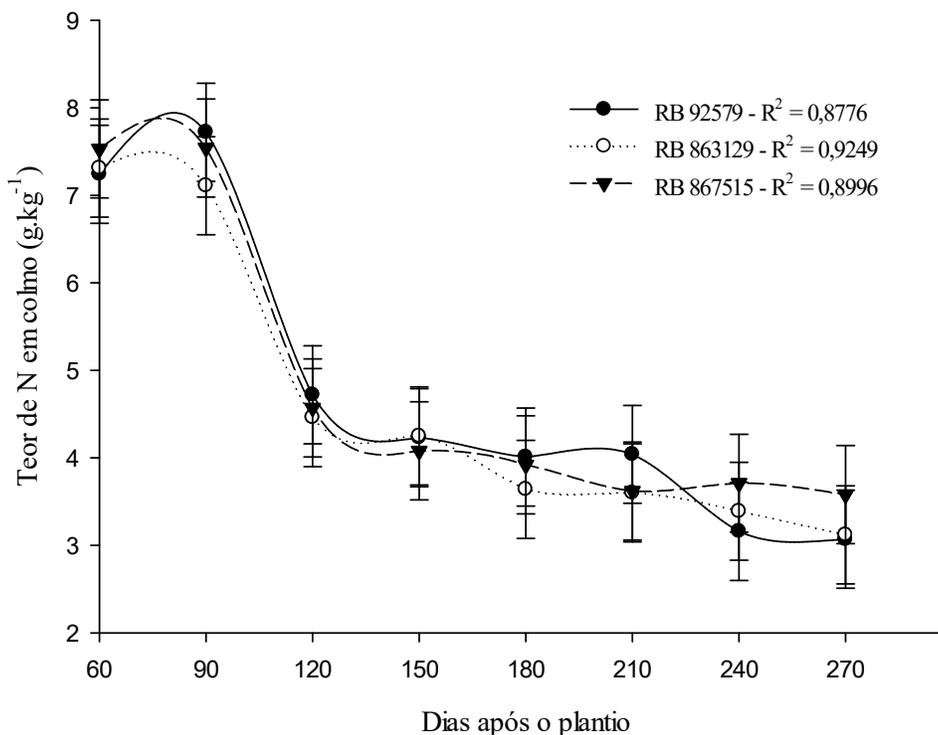


Figura 8. Teor de nitrogênio em colmo de três cultivares de cana-de-açúcar

Em comparação com a folha+3, os teores de N detectados no colmo foram menores para todos os tempos de coleta. As variedades demonstraram comportamentos semelhantes entre si, e verificou-se um decréscimo constante da primeira até a última coleta, onde os teores de nitrogênio caíram de 7,24 g.kg⁻¹ (60 dias após o plantio) para 3,07 g.kg⁻¹ (270 dias após o plantio).

McCormick et al. (2006), relataram em seu estudo que a taxa de nitrogênio é diretamente relacionada a idade da planta, que as plantas jovens assimilam taxas mais altas que as mais desenvolvidas. Inman-Bamber et al. (2012), também detectaram uma diminuição do N em até 60% com o desenvolvimento da cultura.

De acordo com Shigaki et al. (2016), este padrão de declínio em colmos ocorre durante as fases de desenvolvimento, pelo fato da cultura produzir uma maior atividade metabólica nas folhas, o que conseqüentemente exibem os níveis mais elevados de nitrogênio, enquanto que a acumulação de nitrogênio tanto em folhas como em colmos diminui durante as fases posteriores de desenvolvimento da planta.

5.8 Taxa de crescimento absoluto (TCA)

O comportamento da taxa de crescimento absoluto da cultura durante o ciclo está representado na Figura 9, e não apresentou diferença significativa entre os tratamentos do início do ciclo até o fim da última coleta sendo crescente até os 210 DAP, ponto a partir do qual a cultura atingiu o máximo de crescimento, com 25,4 g.dia⁻¹.

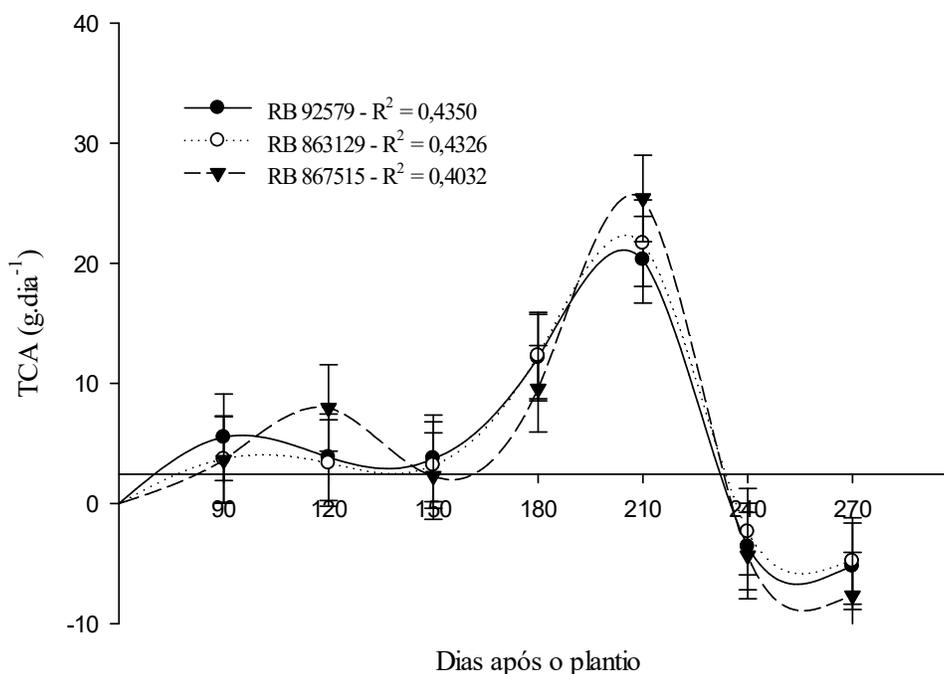


Figura 9. Taxa de crescimento absoluto de três cultivares de cana-de-açúcar

Posteriormente ocorreu um decréscimo na TCA e esse decréscimo representa uma queda de $25,4 \text{ g.dia}^{-1}$ do período anterior para $-4,33 \text{ g.dia}^{-1}$, queda muito acentuada que ocorreu simultaneamente para as três variedades analisadas, e esse decréscimo é diretamente relacionado com variação da matéria seca durante os estádios de desenvolvimento da cultura.

No presente estudo a média registrada de TCA foi de $5,27 \text{ g.dia}^{-1}$, relativamente abaixo da média citados por Alves et al. (2018) que avaliou a interferência de brotações e raízes no crescimento da cana-de-açúcar que foi 19 g.dia^{-1} .

Saranraj et al. (2018), avaliando consorciação dos parâmetros fisiológicos de três variedades de cana-de-açúcar, detectaram taxa de crescimento de 57,24, 31,20 e 13,49 em 180-210 DAP, respectivamente. Já Matheswaran (2008) constatou que a maior taxa crescimento absoluto e de crescimento de cultura deve-se principalmente á disponibilidade adequada de umidade do solo e fertilizantes solúveis em água pelo fornecimento contínuo de nitrogênio, fósforo e potássio através de um bom manejo de irrigação até 210 DAP, juntamente com o fornecimento necessário para atividades bioquímicas da cana-de-açúcar.

5.9 Taxa de crescimento relativo (TCR)

Conceitualmente a taxa de crescimento relativo (TCR) é definida como sendo a diferença da quantidade de matéria seca produzida por unidade de matéria pré-existente, durante um intervalo de tempo (Marafon, 2012).

Dessa forma o crescimento dependerá do material existente no início do período e da eficiência da planta em produzir novos produtos fotossintéticos. A variação da TCR ao longo do ciclo para as três variedades está apresentada na Figura 10.

No parâmetro TCR, os resultados não diferiram entre as variedades avaliadas ($P>0,05$). Já em relação ao tempo houve diferença significativa em todos os tempos de coletas ($P<0,05$). Para as três variedades, os valores máximos foram atingidos aos 210 DAP, com $7,0 \text{ g.dia}^{-1}$ (RB 867515), $6,95 \text{ g.dia}^{-1}$ (RB 92579) e $6,90 \text{ g.dia}^{-1}$ (RB 863129), ponto a partir do qual a cultura passa por uma fase de estabilização do crescimento.

Tavares et al. (2018), analisando crescimento de duas cultivares da cana-de-açúcar em diferentes velocidades de rebaixamento do lençol freático, dentre elas a RB 867515 detectou efeito significativo aos 210 DAP, e constatou que o excesso de umidade no sistema radicular foi benéfico e promoveu uma maior TCR durante a fase inicial do estágio de crescimento dos colmos.

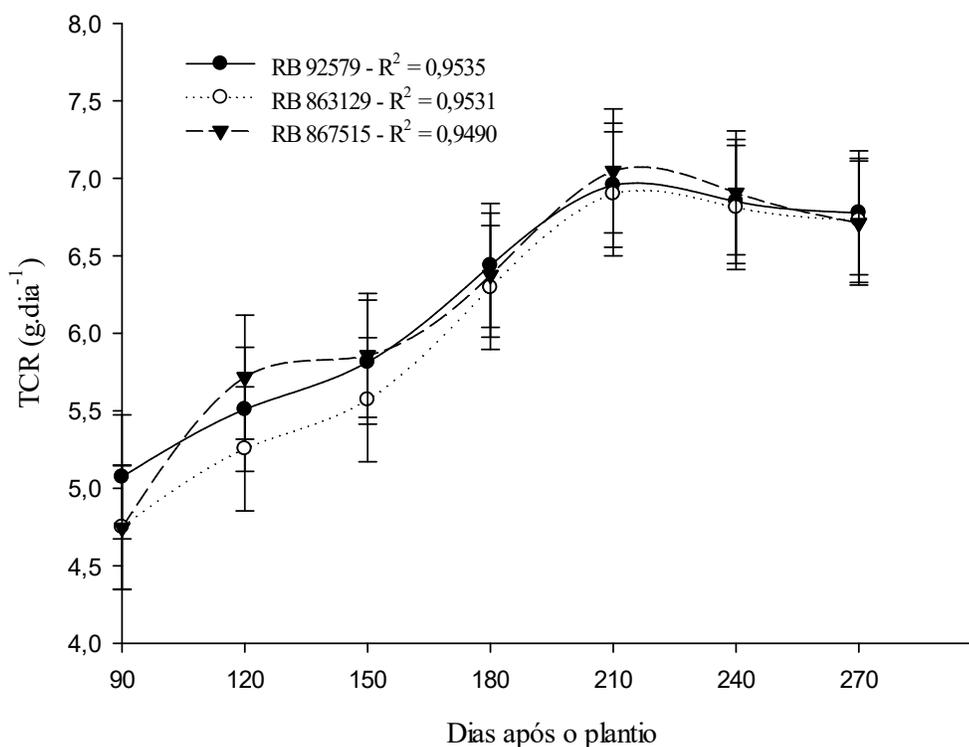


Figura 10. Taxa de crescimento relativo de três cultivares de cana-de-açúcar

Os comportamentos semelhantes entre as três variedades estudadas devem-se ao fato de ter havido diferença significativa no tempo ($P < 0,05$) para os teores de matéria seca (Figuras 5 e 6). Para os três tratamentos, embora a TCA (discutida no item anterior) tenha sofrido um decréscimo acentuado a partir dos 210 DAP, essa queda não influenciou os resultados da taxa de crescimento relativo que se mantiveram estáveis até o fim da última coleta.

Errabii et al. (2017) descreve resultados semelhantes avaliando crescimento dos colmos e composição de íons a longo prazo em duas cultivares de cana-de-açúcar e afirma que esse comportamento deve ser esperado, devido ao fato de que a TCR diminui muito a partir dos 200 DAP (Figura 10).

5.10 Produtividade

Ao avaliar o rendimento das três variedades sobre a produtividade (Figura 11), não houve diferença entre as variedades ($P > 0,05$). As três variedades analisadas (RB 867515, RB 92579 e RB 867515) apresentaram um bom rendimento final, que foi diretamente correlacionado com seus desempenhos nos parâmetros observados na análise de crescimento.

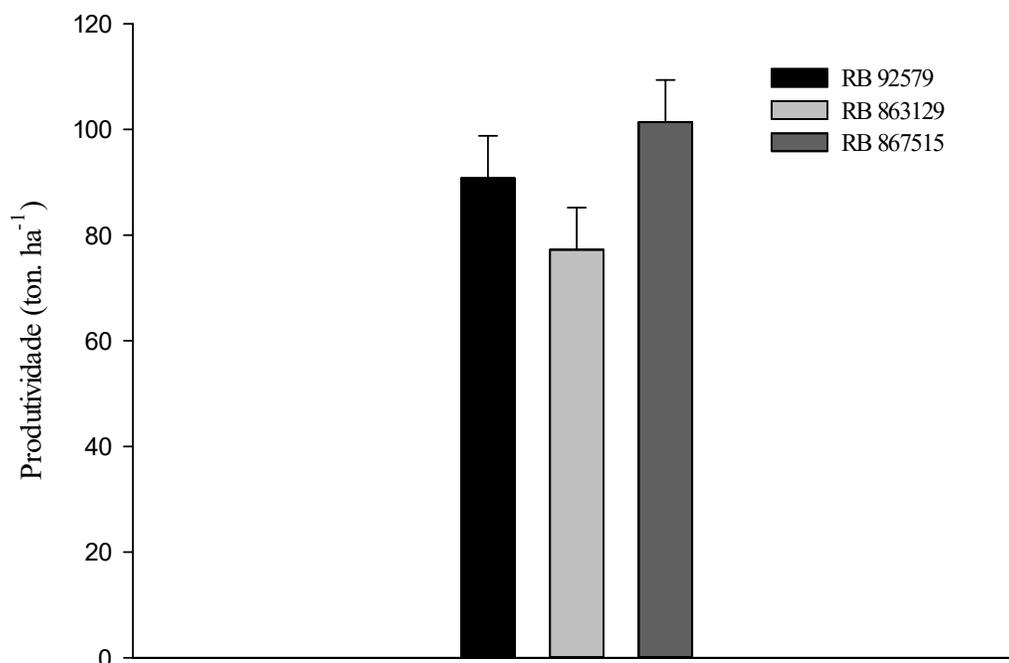


Figura 11. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar

A variedade RB867515 apresentou um rendimento médio total de 101,35 t. ha⁻¹, enquanto a RB 92579 obteve um rendimento de 90,77 t. ha⁻¹ e RB 863129 de 72,1 t. ha⁻¹. Costa et al. (2017), analisando 15 variedades, dentre elas a RB 867515, obtiveram uma média de produtividade de 128,8 t. ha⁻¹. Schultz et al. (2016) ao analisarem duas cultivares em cana planta, dentre elas a RB 867515, obtiveram valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho, os quais encontraram valores médios de produtividade de cana-de-açúcar de 123,2 t. ha⁻¹.

Segundo Ferreira et al. (2017), características morfológicas podem ser usadas para avaliar o desenvolvimento e adaptação de uma cultura para um determinado ambiente.

Capone et al. (2011), ao estudar o comportamento de 15 variedades de cana-de-açúcar, descobriram que os cultivares que apresentaram os melhores rendimentos, também exibiram as melhores características para matérias seca e altura de colmos, o que demonstra uma correlação direta entre os parâmetros e o rendimento final da cultura.

Com isso entende-se que para se obter uma boa produtividade ao fim do ciclo de desenvolvimento da cultura, é necessário que a planta tenha características genéticas e morfológicas que possam se adaptar e se desenvolver para um determinado ambiente.

5.11 Teor de brix

Para os valores de brix observados aos 270 dias após o plantio não houve diferença significativa entre as variedades ($P > 0,05$) (Figura 12). demonstraram

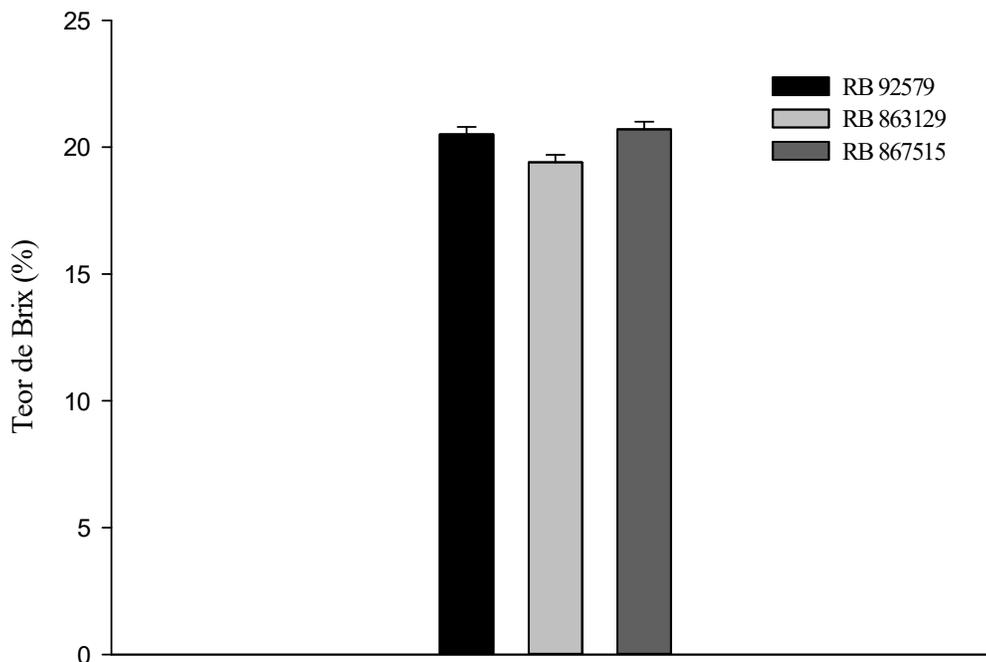


Figura 12. Teor de Brix de três cultivares de cana-de-açúcar

Os teores variaram entre 19,4% a 20,5%, onde estes foram semelhantes aos valores encontrados por Orak et al. (2018) ao avaliar o controle de cana não processada o qual obteve resultado de 19,26% Brix de cana recém-colhida. Costa et al. (2017) detectaram valores de Brix que variaram de 17,5 a 19,2 % de três variedades, dentre elas a RB 92579.

Cardozo et al. (2014), verificou que o teor de água no colmo da cana é inversamente proporcional a sacarose e boa disponibilidade de água diminui a velocidade do processo de maturação.

Da Cruz et al. (2014), observou que esses teores de açúcares presentes nas diversas cultivares podem chegar a variar de acordo com a época do corte, idade da planta, condições climáticas, e também pela diferença entre os meios de obtenção dos tores de sólidos solúveis.

Segundo Hoffmann (2010), dois fatores ambientais influenciam diretamente o processo de acúmulo de sacarose durante a maturação da cana, baixas temperaturas e déficit hídrico. O déficit hídrico reduz a umidade do solo e conseqüentemente diminui o teor de água nos tecidos das plantas, forçando a conversão dos açúcares em sacarose.

6. CONCLUSÃO

As três variedades analisadas demonstraram comportamentos semelhantes para todas as variáveis analisadas e se mostraram promissoras para o cultivo na região do baixo Parnaíba maranhense em cana-planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANCHES, Jorge L.; BOLONHEZI, Antônio César. Desenvolvimento inicial de variedades e clones de cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho Distrófico, Aparecida do Taboado-MS. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 369-375, 2011.

ALVES, FC, Bianco, S., Nepomuceno, MP, Martins, JVF e Alves, PLC. Shoot and root interference of morning glory on the initial growth of sugarcane. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, p. 521-528, 2018.

Association of Official Analytical Chemists.AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 19 ed. V. 2. Gaithersburg, MD, USA: **Association of Analytical Communities**, 2012. 140 p.

BONNET, G. D.; HEWITT, M. L.; GLASSOP, D. Effects of high temperature on the growth and composition of sugarcane internodes. *Australian Journal of Agricultural Research* ,Victoria, v. 57, p. 1087-1095, 2006.

BRUNINI, Rodrigo Garcia; TURCO, José Eduardo Pitelli. Growth of sugarcane (*Sacharum* ssp L.) in different production scenarios exhibitions and slopes. **Ambiência**, v. 12, n. 3, p. 841-849, 2016.

CAMPOS, P. F., Alves Júnior, J., Casaroli, D., Fontoura, P. R., Evangelista, A. W. P., & Vellame, L. M.. Response of sugarcane varieties to deficit irrigation in Brazilian Savanna. 2014

CAPONE, A., Lui, J. J., da Silva, T. R., Dias, M. A. R., & de Melo, A. V. Avaliação do comportamento de quinze cultivares de cana-de-açúcar na Região Sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, 2(3), 72-80, 2011.

CARDOSO-SILVA, C. B., Costa, E. A., Mancini, M. C., Balsalobre, T. W. A., Canesin, L. E. C., Pinto, L. R., ... & Vicentini, R. De novo assembly and transcriptome analysis of contrasting sugarcane varieties. **PloS one**, v. 9, n. 2, p. e88462, 2014.

CARDOZO, N. P., Sentelhas, P. C., Panosso, A. R., & Ferraudo, A. S. Multivariate analysis of the temporal variability of sugarcane ripening in southeastern Brazil. **Crop & Pasture Science**, 65(3), 300- 310. doi: 10.1071/CP13160, 2014.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A., de Abreu, H. M. C., Arruda, P., Bespalhok Filho, J. C., Burnquist, W. L., Creste, S., ... & de Fátima Grossi-de-Sá, M. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. *Tropical plant biology*, v. 4, n. 1, p. 62-89, 2011.

CHOUDHARY, R. L., Wakchaure, G. C., Minhas, P. S., & Singh, A. K. Response of Ratoon Sugarcane to Stubble Shaving, Off-barring, Root Pruning and Band Placement of Basal Fertilisers with a Multi-purpose Drill Machine. *Sugar Tech*, v. 19, n. 1, p. 33-40, 2017.

CLEMENTE, P. R. A., Bezerra, B. K. L., Silva, V. S. G. D., Santos, J. C. M. D., & Endres, L. Root growth and yield of sugarcane as a function of increasing gypsum doses. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 110-117, 2017.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2010/2011, análise de desempenho. Disponível em: https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_05_05_40_geração_temo_baixa_res..pdf.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2016/2017, quarto levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/1730-safra-de-canadeacucar-e-estimada-68477milhoes-de-toneladas-20160817>.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2017/2018, quarto levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2190-safra-de-canadeacucar-deve-chegar-a-635milhoes-de-toneladas-20171219>.

COSTA, M. K. L., Shigaki, F., Freitas, J. R. B., Rodrigues, R. C., & Carneiro, H. Nutritional value of sugarcane varieties in relation to nitrogen fertilization for the pre-Amazon Region of Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, 38(4), 2091-2105. (2017).

COSTA, T. S. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 56-63, 2011.

DA CRUZ, Leandro Roberto et al. Características agronômicas e composição bromatológica de variedades de cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, 2014.

DA SILVA, V. S. G., de Oliveira, M. W., Oliveira, T. B. A., Mantovanelli, B. C., da Silva, A. C. I., Soares, A. N. R., & Clemente, P. R. A. I. Leaf area of sugarcane varieties and their correlation with biomass productivity in three cycles. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 7, p. 459-466, 2017.

DE OLIVEIRA, D. C., de Oliveira, M. W., da Silva, V. S. G., Oliveira, T. B. A., do Nascimento, H. H. C., & Sanna, S. Nutritional status of three sugarcane varieties grown in the northeast region of Brazil. 2019.

DE OLIVEIRA, R. A., Daros, E., Zambon, J. L. C., Weber, H., Ido, O. T., Bespalhok-Filho, J. C., ... & da Silva, D. K. T. área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesq. Agropec. Trop.**, v.37, n.2, p.71-76, 2007.

DO VALE, D. W., de Mello Prado, R., da Silva Cabral de Moraes, J. R., & Cruz, F. J. R.. Nitrogen fertilizer effect in production, nutrient accumulation and nitrogen efficiency use of second ratoon sugarcane harvested without straw burning. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 5, p. 616, 2017.

DOTANIYA ML, Datta SC. Impact of bagasse and press mud on availability and fixation capacity of phosphorus in an Inceptisol of north India. *Sugar Tech* 16(1):109–112, 2014.

ERRABII, T., Gandonou, C. B., Bouhdid, S., Abrini, J., & Skali-Senhaji, N. Callus growth and ion composition in response to long-term NaCl-induced stress in two sugarcane (*Saccharum sp.*) cultivars. **International Journal of Biotechnology and Molecular Biology Research**, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2017.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, v.99, p.345-399, 2008.

FERREIRA, T. H. S., Tsunada, M. S., Bassi, D., Araújo, P., Mattiello, L., Guidelli, G. V.,... Menossi, M. Sugarcane water stress tolerance mechanisms and its implications on developing biotechnology solutions. **Frontiers in Plant Science**, 8(1), 1-18. doi: 10.3389/fpls.2017.01077, 2017.

FLORENTINO, H. D. O., Moreno, E. V., & Sartori, M. M. P. Multiobjective optimization of economic balances of sugarcane harvest biomass. *Scientia Agricola*, 65(5), 561-564. 2008.

FORRESTER, David I.; BAUHUS, Jürgen. A review of processes behind diversity—productivity relationships in forests. *Current Forestry Reports*, v. 2, n. 1, p. 45-61, 2016.

GAN, S. *Mitotic and Postmitotic Senescence in Plants*. 2004. Science's SAGE KE, 2003.

GREGERSEN, P. L., Culetic, A., Boschian, L., & Krupinska, K. Plant senescence and crop productivity. *Plant molecular biology*, v. 82, n. 6, p. 603-622, 2013.

HARB, A., Krishnan, A., Ambavaram, M. M., & Pereira, A. Molecular and physiological analysis of drought stress in *Arabidopsis* reveals early responses leading to acclimation in plant growth. *Plant physiology*, v. 154, n. 3, p. 1254-1271, 2010.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. *Revista da STAB*, v. 17, n. 1, p. 32-34, 1999.

HOFFMANN, C. M. Sucrose accumulation in sugar beet under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196(4), 243-252. doi: 10.1111/j.1439- 037X.2009.00415.x, 2010.

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. *Field Crops Research*, v. 89, p. 107-122, 2004.

INMAN-BAMBER, N. G., Jackson, P. A., & Hewitt, M. Sucrose accumulation in sugarcane stalks does not limit photosynthesis and biomass production. *Crop and Pasture Science*, 62(10), 848-858, 2012.

JADOSKI, C.J. Physiology development in the vegetative stage of sugarcane. *Pesquisa aplicada e agrotecnologia*, [S.l.], v. 3, n. 2, maio/ago. 2010.

LEITE, José Marcos. **Acúmulo de fitomassa e de macronutrientes da cana-de-açúcar relacionadas ao uso de fontes de nitrogênio**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2011.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. *Fisiologia Vegetal*. 2. ed. São Paulo: Editoras EPU; EDUSP, v. 1, p. 331- 350. 1985.

MARAFON, A. C. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Docmentos** (INFOTECA-E), 2012.

MARIN, Fábio R.; RIBEIRO, Rafael V.; MARCHIORI, Paulo ER. How can crop modeling and plant physiology help to understand the plant responses to climate change? A case study with sugarcane. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, n. 1, p. 49-63, 2014.

MATHESWARAN M. **Study on the performance of water soluble fertilizers and nutrient optimization in hybrid maize (Zea mays. l) under drip fertigation system.** M.Sc. (Ag.) Thesis, Department of Agronomy, Tamil Nadu Agricultural University, Madurai, 2008.

MCCORMICK, A. J.; CRAMER, Mdf; WATT, D. A. Sink strength regulates photosynthesis in sugarcane. **New Phytologist**, v. 171, n. 4, p. 759-770, 2006.

MOORE, H. P. Anatomy and morphology, In: Sugar cane improvement through breeding. *Sugarcane Improvement through Breeding*, 1987.

ORAK, H., Mehdizadeh, S. A., & Soltanikazemi, M. Determination of the vibration response of sugarcane stalk to predict fiber content and Brix using image processing. **Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery**, v. 7, n. 2, 2018.

PARK, S. E.; Robertson, M.; Inman-Bamber, N. G. Decline in the growth of a sugarcane crop with age under high input conditions. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 92, p. 305-320, 2005.

PEDROSO A F. **Chemical additive and microbial inoculants effects on the fermentation and on the control of the alcohol production in sugarcane silages.** Ph D thesis, University of São Paulo, Piracicaba, Brasil. p. 120, 2003.

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

REYES-GUTIÉRREZ, J. A., Montañez-Valdez, O. D., Rodríguez-Macias, R., Ruíz-López, M., Salcedo-Pérez, E., & Guerra-Medina, C. E. Effect of a bacterial inoculum and additive on dry matter in situ degradability of sugarcane silage. **Journal of Integrative**

Agriculture, v. 14, n. 3, p. 497-502, 2015.

REZENDE S G, Andrade R R, Schocken-Iturrino R P, Vieira P A J, Fernandes B T, Toledo P R M. Burning and chemical and bacterial additives in sugar cane silage. **Revista Brasileira de Zootecnia (Brazilian Journal of Animal Science)**, 39, 103–112. (in Portuguese), 2010.

SARANRAJ, T.; CHANDRASEKARAN, R.; CHINNUSAMY, C. Effect of planting rows and intercropping on physiological parameters of sugarcane under sustainable sugarcane initiative. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 4, p. 1229-1232, 2018.

SARTORI, M. M. P., de Oliveira Florentino, H., Basta, C., & Leão, A. L. Determination of the optimal quantity of crop residues for energy in sugarcane crop management using linear programming in variety selection and planting strategy. *Energy*, 26(11), 1031-1040. 2001.

SCHULTZ, N., Pereira, W., Reis, V. M., & Urquiaga, S. S. Productivity and ¹⁵N isotope dilution of sugarcane inoculated with diazotrophic bacteria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1594-1601, 2016.

SHIGAKI, F., Lira, T. P., Freitas, J. R. B., Costa, M. K. L., Veras, L. M., Rodrigues, R. C., & de Araujo, E. S. Growth analysis, nitrogen accumulation, and yield of sugarcane varieties for the pre-amazon region of Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 40, p. 4000-4007, 2016.

SILVA, E. N., Silveira, J. A., Aragão, R. M., Vieira, C. F., & Carvalho, F. E. Photosynthesis impairment and oxidative stress in *Jatropha curcas* exposed to drought are partially dependent on decreased catalase activity. **Acta physiologiae plantarum**, v. 41, n. 1, p. 4, 2019.

SIMÕES, W. L., Calgaro, M., Coelho, D. S., Santos, D. B. D., & Souza, M. A. D. Growth of sugar cane varieties under salinity. **Revista Ceres**, v. 63, n. 2, p. 265-271, 2016.

SINCLAIR TR, Gilbert RA, Perdomo RE, Shine Jr JM, Powell G & Montes G. Sugar cane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, 88:171-178, 2004.

SINGH, A. K., Singh, S. N., Rao, A. K., & Sharma, M. L. Enhancing sugarcane (*Saccharum hybrid complex*) productivity through modified trench method of planting in sub-tropical India. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 82, n. 8, p. 692, 2012.

STONE P. The effects of heat stress on cereal yield and quality. In AS Basra, ed, *Crop Responses and Adaptations to Temperature Stress*. Food Products Press, Binghamton, NY, pp 243–291, 2001.

TAVARES, A. C. S., Duarte, S. N., da Silva Dias, N., da Silva Sá, F. V., de Miranda, J. H., de Souza, K. T. S.,... & dos Santos Fernandes, C. Growth of Sugar Cane Under Cultivation Flooded at Different Speeds Lowering of the Water Table. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 10, 2018.

TKACZ, Andrzej; POOLE, Philip. Role of root microbiota in plant productivity. *Journal of experimental botany*, v. 66, n. 8, p. 2167-2175, 2015.