



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

TESE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**CRESCIMENTO E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA CANA-
DE-AÇÚCAR IRRIGADA COM ÁGUAS SALINIZADAS EM DOIS
CICLOS DE CULTIVO**

EDUARDO MACIEL OLIVEIRA LAIME

CAMPINA GRANDE, PB

SETEMBRO - 2016

Eduardo Maciel Oliveira Laimé
Engenheiro Agrônomo

**CRESCIMENTO E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR IRRIGADA COM ÁGUAS SALINIZADAS EM DOIS CICLOS DE
CULTIVO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, vinculado a Unidade acadêmica de Engenharia Agrícola/Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

ORIENTADORES: Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES

Prof. Dr. CARLOS ALBERTO VEIRA DE AZEVEDO

CAMPINA GRANDE, PB

SETEMBRO – 2016

L185c

Laime, Eduardo Maciel Oliveira.

Crescimento e componentes de produção da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas em dois ciclos de cultivo / Eduardo Maciel Oliveira Laime. – Campina Grande, 2016.

52 f. : il.

Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, Prof. Dr. Carlos Alberto Veira de Azevedo".

Referências.

1. Cana-de-açúcar – Cultura. 2. Estresse Salino. 3. Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). 4. Qualidade Industrial. 5. Irrigação e Drenagem. I. Fernandes, Pedro Dantas. II. Azevedo, Carlos Alberto Veira de. III. Título.

CDU 633.61(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

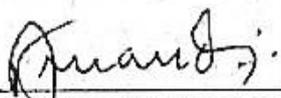
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DO DOUTORANDO

EDUARDO MACIEL OLIVEIRA LAIME

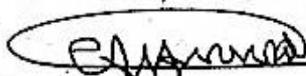
**CRESCIMENTO E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR IRRIGADA COM ÁGUAS SALINIZADAS EM DOIS CICLOS DE
CULTIVO**

APROVADA: 02 de setembro de 2016

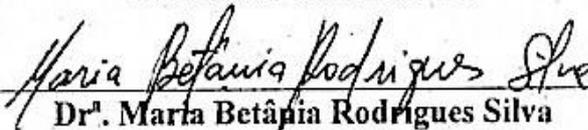
BANCA EXAMINADORA



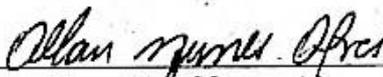
Dr. Pedro Dantas Fernandes
Orientador - UAEA/UFCG



Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Orientador- UAEA/UFCG



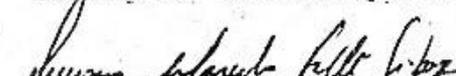
Dr.ª Marta Betânia Rodrigues Silva
Examinadora – CPF: 019.781.244-90



Dr. Allan Nunes Alves
Examinador - PDJ/UFCG



Dr. Geovani Soares de Lima
Examinador – PDJ/CNPQ/UFCG



Dr. Luciano Marcelo Falle Saboya
Examinador - UAEA/UFCG

CAMPINA GRANDE, PB

SETEMBRO - 2016

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivos Específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 Aspectos gerais de cana-de-açúcar.....	5
3.1.1 Origem da cana e introdução no Brasil.....	5
3.1.2 Botânica da cana-de-açúcar.....	5
3.1.3 Fenologia da cana-de-açúcar.....	6
3.1.4. Fisiologia da cana-de-açúcar.....	8
Evapotranspiração da cana-de-açúcar.....	9
3.2. Tolerância das plantas à salinidade.....	9
Salinidade em cana-de-açúcar.....	11
3.3. Qualidade industrial e produtividade da cana-de-açúcar.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4.1 Localização e caracterização da área experimental.....	15
4.2 Descrição das cultivares da cana-de-açúcar utilizadas na pesquisa	16
4.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	16
4.4 Instalação e condução do experimento.....	18
4.5 Variáveis analisadas	21
4.5.1 Variáveis de crescimento.....	21
4.5.2 Componente de produção	21
4.5.3 Índices tecnológicos da cana-de-açúcar	21
°Brix.....	21
Sacarose: Pol do caldo extraído.....	22
Fibra industrial da cana.....	22
Pureza do caldo extraído	23
Pol da cana corrigida	23

Açúcares totais recuperáveis (ATR).....	23
4.6 Análise estatística	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Variáveis de crescimento.....	25
5.1.1 Altura de planta por touceira (APT).....	25
5.1.2 Diâmetro de colmo por touceira (DCT)	29
5.2 Componente de produção	32
5.2.1 Peso de colmo por touceira (PCT).....	32
5.3 Índices tecnológicos da cana-de-açúcar	36
6. CONCLUSÕES	41
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise química do solo utilizado no experimento, na profundidade 0 – 20 cm.....	19
Tabela 2. Resumo da análise de variância para a altura de planta por touceira (APT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas, avaliado durante o período experimental de 68 a 296 DAB.....	26
Tabela 3. Resumo da análise de variância para o diâmetro de colmo por touceira (DCT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas, avaliado durante o período experimental de 68 a 296 DAB.....	30
Tabela 4. Resumo da análise de variância para o peso de colmo por touceira (PCT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas, por ocasião da colheita, no primeiro e segundo ciclos.....	33
Tabela 5. Resumo da análise de variância para a qualidade industrial da cana-de-açúcar (°Brix ¹ , sacarose polarizada ² , pureza ³ , fibra ⁴ , pol da cana corrigida ⁵ e açúcares totais recuperáveis ⁶) primeiro ciclo.....	37
Tabela 6. Resumo da análise de variância para a qualidade industrial da cana-de-açúcar (°Brix ¹ , sacarose polarizada ² , pureza ³ , fibra ⁴ , pol da cana corrigida ⁵ e açúcares totais recuperáveis ⁶) segundo ciclo.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases de desenvolvimento da cana.....	7
Figura 2. Imagem de satélite da área experimental.....	15
Figura 3. Vista do experimento com todos os lisímetros aos 180 dias após o plantio (Primeiro ciclo)	17
Figura 4. Altura de planta por touceira (APT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas dos 68 aos 296 DAB.....	28
Figura 5. Diâmetro de colmo por touceira (DCT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas dos 68 aos 147 DAB.....	31
Figura 6. Peso de colmo por touceira (PCT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas no primeiro e segundo ciclos.....	35
Figura 7. Pureza da cana-de-açúcar, em função dos níveis salinos.....	40
Figura 8. Fibra industrial da cana-de-açúcar, em função dos níveis salinos.....	40

LAIME, E. M. O. **Crescimento e componentes de produção da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas em dois ciclos de cultivo.** 2016. 52 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

O cultivo de cana-de-açúcar pode ser uma alternativa viável para implantação em áreas com problemas de salinidade, necessitando, para tal, de pesquisas com esse intuito. Diante disso, objetivou-se com este trabalho, avaliar os parâmetros de produção e índices tecnológicos de cana-de-açúcar irrigadas com águas salinizadas nos períodos de estiagem, no primeiro e segundo ciclos de cultivo. O experimento foi conduzido com delineamento experimental em blocos ao acaso, num fatorial 2 x 5 (duas cultivares de cana-de-açúcar x cinco níveis de salinidade da água), resultando em dez tratamentos e quatro repetições, dispostos em 40 lisímetros, cuja parcela foi composta de quatro touceiras por lisímetros. As duas cultivares de cana-de-açúcar foram a SP81-3250 e RB92579. Os cinco níveis de salinidade da água de irrigação foram: 0,9; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ expressos em termos de condutividade elétrica da água de irrigação. Os níveis de salinidade foram obtidos com adição de NaCl, CaCl₂ e MgCl₂ à água do sistema de abastecimento da cidade, na proporção 7:2:1, respectivamente. As avaliações constaram de variáveis de crescimento (APT, DCT) componente de produção (PCT) e índices tecnológicos (°Brix, sacarose polarizada, pureza, fibra, pol da cana corrigida e açúcares totais recuperáveis). As cultivares RB92579 e SP81-3250 diferiram em altura de planta por touceira (APT) aos 68 e 107 dias após a brotação (DAB) e diâmetro de colmo por touceira (DCT) aos 182 DAB. O incremento salino na água de irrigação até 4,6 dS m⁻¹ prejudicou a APT, comprometida aos 68, 107, 147, 182 e 296 DAB; porém o DCT obteve melhor valor aos 107 e 147 DAB com 0,9 dS m⁻¹. A interação entre os fatores “Cultivar x Salinidade” não foi significativa para nenhuma variável analisada. O uso da irrigação com água de níveis até 4,6 dS m⁻¹, não prejudicou o peso de colmos por touceira (PCT) nas cultivares RB92579 e SP81-3250 no segundo ciclo de cultivo. °Brix, pol, fibra, PCC e ATR, no primeiro ciclo são os índices tecnológicos da cana-de-açúcar alterados pelo fator cultivar, no qual a RB92579 se destaca. No segundo ciclo, nenhum índice tecnológico apresentou diferenciação significativa.

Palavras chave: *Saccharum officinarum* L., estresse salino, qualidade industrial.

LAIME, E. M. O. **Growth and production components of sugarcane irrigated with saline water in two crop cycles.** 2016. 52 f. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering). University Federal of Campina Grande. Center for Technology and Resources Natural. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

The sugarcane cultivation can be a viable alternative for deployment in areas with salinity problems, need for such research to this end. Therefore, the aim of this study was to evaluate the production parameters and technological indexes of sugarcane irrigated with salted water during the dry season, the first and second crop cycles. The experiment was conducted in the experimental design of randomized blocks in a factorial 2 x 5 (two cultivars of sugarcane x five levels of salinity), resulting in ten treatments and four replications in 40 lysimeters, whose share It consisted of four cope by lysimeters. The two cultivars of sugarcane were SP81-3250 and RB92579. The five levels of irrigation water salinity were: 0.9; 1.6; 2.6; 3.6 and 4.6 dS m⁻¹ expressed in terms of electrical conductivity of irrigation water. Salinity levels were obtained with the addition of NaCl, CaCl₂ and MgCl₂ city water supply system, in the ratio 7: 2: 1, respectively. The evaluations consisted of growth variables (APT, DCT) production component (PCT) and technological indexes (°Brix, polarized sucrose, purity, fiber, pol cane corrected and total recoverable sugars). The RB92579 and SP81-3250 cultivars differed in plant height per plant (APT) after 68 and 107 days after budding (DAB) and diameter of stem per plant (DCT) to 182 DAB. The increase in saline irrigation water up to 4.6 dS m⁻¹ damaged the APT committed to 68, 107, 147, 182 and 296 DAB; but DCT obtained better value to 107 and 147 DAB with 0.9 dS m⁻¹. The interaction between the factors "Cultivating x Salinity" was not significant for any variable analyzed. The use of irrigation with water levels up to 4.6 dS m⁻¹, without prejudice to the weight of stems per plant (PCT) in RB92579 and SP81-3250 cultivars in the second crop cycle. °Brix, pol, fiber, PCC and ATR in the first cycle are the technological indexes of sugarcane changed by cultivating factor where RB92579 stands. In the second cycle, no technological index showed significant differentiation.

Keywords: *Saccharum officinarum* L., salt stress, industrial quality.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das culturas mais antigas em exploração no Brasil e, atualmente, ocupa uma das maiores áreas de cultivo, concentrando-se nas regiões Sudeste e Nordeste com grande importância socioeconômica (PINCELLI, 2010). Para Graça (2009), essa cultura tem grande importância mundial, principalmente em regiões de clima tropical e subtropical, para a produção de açúcar e etanol. O principal destaque da agroenergia no Brasil é a produção de etanol, proveniente da fermentação da sacarose produzida pela cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2008), constituindo-se na melhor opção para a produção de combustível do ponto de vista econômico, energético e ambiental (ANDREOLI e SOUZA, 2006).

A cana-de-açúcar é uma cultura utilizada como matéria-prima para a fabricação de açúcar, álcool, aguardente e rapadura, desde os primórdios da colonização do Brasil. De seu processamento obtém-se uma grande quantidade de subprodutos: o bagaço é usado como fonte de energia; a vinhaça, uma excelente fonte de potássio para a cultura; a torta de filtro, para recuperação de áreas degradadas e com baixo teor de matéria orgânica; e o melaço é usado na alimentação animal (SOUSA et al., 2011).

O Brasil é considerado o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo e uma das melhores opções de fonte de energia renovável (VALE et al., 2011). A safra de 2014/2015 é de aproximadamente 642,1 milhões de toneladas de colmos, dos quais 47,30% são destinados para a produção de açúcar e os 52,70% para a produção de álcool; a área explorada é de 9.004,5 milhões de hectares e rendimento médio de aproximadamente 71,30 t/ha (CONAB, 2015).

A produção de cana-de-açúcar no Brasil ocorre em duas áreas distintas, no Centro-Sul e Norte-Nordeste, separadas por regimes pluviométricos diferentes (UNICA, 2007). De acordo com os dados da CONAB (2015) para a safra 2014/2015 a região Centro-Sul produziu aproximadamente 582,86 milhões de toneladas de cana, em uma área explorada de 7,99 milhões de hectares e produtividade média de 73 t/ha; a região Norte-Nordeste produziu 59,23 milhões de toneladas em, 1,02 milhão de hectares e produtividade média de 57,69 t/ha. Na região Nordeste, a Paraíba possui uma área plantada de 130 mil hectares, produção de 6,30 milhões de toneladas de cana, com rendimento médio de 48,29 t/ha.

A disponibilidade de água e de nutrientes é fator essencial na produtividade da cultura. Em algumas regiões do Brasil, as chuvas principalmente no Nordeste, nem sempre fornecem a quantidade de água suficiente para as necessidades hídricas da cultura, tendo-se que fazer

suplementação com a prática da irrigação, devendo ser bem planejado para obtenção de um bom retorno econômico. O solo fornece nutrientes para a planta, mas, nem sempre, em quantidades suficientes para o pleno desenvolvimento da cultura por isso, a grande importância da adubação. A irrigação e a adubação são práticas que, bem planejadas e associadas, resultam em elevadas produtividades (AZEVEDO, 2002). Além de aumentar a produtividade, a irrigação promove melhorias na qualidade e no crescimento da cana-de-açúcar (FARIAS, 2006; DALRI et al., 2008; CARVALHO et al., 2008, CARVALHO et al., 2009; FARIAS et al., 2008; FARIAS et al., 2008a; FARIAS et al., 2009; SILVA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011) e alguns parâmetros tecnológicos, como rendimento bruto de açúcar e álcool, são influenciados pela adubação de cobertura (DANTAS NETO et al., 2006, SILVA et al., 2009).

Estima-se que dos 1.500 milhões de hectares de terras cultivadas pela agricultura de sequeiro, cerca de 32 milhões de hectares (2%) são afetados pela salinidade em diferentes intensidades (MUNNS & TESTER, 2008). Para Munns (2005), esse problema é ainda mais grave com relação às áreas agrícolas irrigadas, as quais têm problemas de salinidade em, pelo menos, 33% do seu total. Segundo (MUNNS & TESTER, 2008), devido à expansão das áreas salinizadas em todo o mundo, o estresse salino tem se tornado um fator limitante da produtividade agrícola. Em regiões áridas e semiáridas esse problema pode ser agravado por outros estresses ambientais, incluindo baixa disponibilidade de água, altas temperaturas e elevada evapotranspiração (VIÉGAS et al., 2001).

O estresse salino inibe o crescimento das plantas em razão de reduzir o potencial osmótico da solução do solo, restringindo a disponibilidade de água e/ou pela acumulação excessiva de íons nos tecidos vegetais, podendo ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional, ou ambos; no entanto, o grau de severidade com que esses componentes influenciam o desenvolvimento das plantas é dependente de muitos fatores, como espécie vegetal, cultivar, estágio fenológico, composição salina do meio, intensidade e duração do estresse e das condições edafoclimáticas e, ainda, manejo da irrigação (GHEYI et al., 2005).

Padate et al. (2008) relataram existir um milhão de hectares de solos cultivados com cana-de-açúcar no mundo afetados pela salinidade ou sodicidade, em razão de se situarem em zonas tropicais e subtropicais. De acordo com Ribeiro et al. (2010), a expansão do cultivo da cana-de-açúcar atingiu a região da zona da mata e do semiárido nordestino onde a irrigação é utilizada com água de má qualidade; as baixas taxas de precipitação pluviométricas, as altas taxas de evaporação entre outros fatores propiciam a salinização dos solos.

A cana-de-açúcar é considerada moderadamente sensível à salinidade, sendo que a diminuição do rendimento pode chegar a 50%, com solos de condutividade elétrica de 10,4 dS m⁻¹ (SANTANA et al., 2007).

Existe grande variabilidade de desenvolvimento entre as culturas com relação aos limites de tolerância à salinidade (BEZERRA et al., 2002). Genótipos de uma mesma espécie podem se desenvolver de modo diferente aos efeitos salinos nas várias fases de seu desenvolvimento (MAAS, 1986; MAAS & HOFFMANN, 1977). Essa diferença se deve à maior capacidade de adaptação osmótica e tolerância à maior concentração de íons de algumas espécies, mantendo a absorção de água mesmo em condições de alta salinidade (TESTER & DAVENPORT, 2003; TESTER & BACIC, 2005). Essa capacidade de adaptação possibilita a seleção de genótipos mais tolerantes ao estresse salino e capazes de produzir rendimentos, economicamente aceitáveis, mesmo quando não se consegue manter a salinidade do solo abaixo do nível de tolerância da maioria dos genótipos (MARCUM, 2001).

Na literatura são poucos os trabalhos que enfatizam a influência da salinidade sobre a cultura da cana-de-açúcar e se tratando de segundo ciclo de produção são inexistentes. Até mesmo na literatura internacional, são poucos os trabalhos existentes os quais foram realizados com genótipos não utilizados em nosso país (GARCIA & MEDINA, 2010; NADIAN et al., 2012).

Diante do exposto, o cultivo de cana-de-açúcar pode ser uma alternativa viável para implantação em áreas com problemas de salinidade, visando a expansão do seu cultivo em regiões do semiárido brasileiro, necessitando, para tanto, de maior quantidade de pesquisas que visem analisar a tolerância dessa cultura às condições de estresse salino, principalmente em mais de um ciclo de produção, já que se trata de uma cultura com capacidade de obtenção de mais de um ciclo produtivo, devido ao fato de emitir novas brotações após o corte dos colmos e gerar uma nova planta, além desta ter importância socioeconômica para o Brasil e o Nordeste brasileiro.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o crescimento, os componentes de produção e o rendimento agroindustrial de duas cultivares de cana-de-açúcar irrigadas com águas salinizadas nos períodos de estiagem, durante o primeiro e segundo ciclos de cultivo.

2.2 Objetivos específicos

- Mensurar as alterações nos parâmetros de crescimento e rendimento agroindustrial de duas cultivares de cana-de-açúcar irrigadas com águas salinizadas nos períodos de estiagem, durante o primeiro e segundo ciclos de cultivo;
- Verificar a relação entre o rendimento agroindustrial, variáveis de crescimento e de produção de cultivares de cana-de-açúcar irrigadas com águas salinizadas nos períodos de estiagem;
- Identificar a cultivar de cana-de-açúcar que apresenta maior tolerância ao estresse salino nos períodos de estiagem;
- Determinar a produtividade, em termos de peso de colmos e índices tecnológicos da cana-de-açúcar, em função da quantidade de água salinizada aplicada.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos gerais de cana-de-açúcar

3.1.1 Origem da cana e introdução no Brasil

A cana-de-açúcar teve como centro de origem a região leste da Indonésia e Nova Guiné e, ao longo de muitos séculos, disseminou-se para várias ilhas do sul do Oceano Pacífico, Indochina, Arquipélago da Malásia e Bengala, aparecendo como planta produtora de açúcar na Índia tropical. Os Persas foram os primeiros a desenvolver técnicas de produção do açúcar, estabelecendo as “rotas do açúcar” entre os países asiáticos e africanos (DELGADO & CESAR, 1977).

A importância da cultura da cana-de-açúcar tem raízes antigas na economia brasileira. As primeiras mudas da planta chegaram ao Brasil por volta de 1515, vindas da Ilha da Madeira (Portugal), tendo sido o primeiro engenho de açúcar construído em 1532, na capitania de São Vicente, mas foi no Nordeste, especialmente nas capitanias de Pernambuco e Bahia, que os engenhos de açúcar se multiplicaram. No século seguinte já éramos o maior produtor e fornecedor mundial de açúcar, posição mantida até o fim do século XVII. Historicamente, a cana-de-açúcar sempre foi um dos principais produtos agrícolas do Brasil e, hoje, o país tem novamente a primeira posição no *ranking* mundial da cultura (Conselho de Informações Sobre Biotecnologia, 2009).

Para Diola & Santos (2010), é uma das culturas agrícolas mais significativas do mundo tropical, gerando centena de milhares de empregos diretos e indiretos. A cana-de-açúcar é uma importante fonte de renda e desenvolvimento, pois é a principal matéria-prima para fabricação do açúcar e do álcool (etanol) e aguardente, além de ser utilizada como forrageira *in natura*.

3.1.2 Botânica da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene do reino *Plantae*, divisão *Magnoliophyta*, classe *Liliopsida*, ordem *Poales*, família *Poaceae*, gênero *Saccharum* e espécie *Saccharum officinarum* L. As raízes são fasciculadas e podem atingir até 4 m de profundidade, embora cerca de 80% do sistema radicular se concentre nos 20 cm superficiais do solo. As folhas são simples, alternadas e formadas por lâmina e bainha, ambas ligadas por uma porção internamente membranosa, denominada lígula. A bainha, em geral, contém uma aurícula e pelos. O caule é um colmo e as flores se arranjam em inflorescência denominada panícula. A cana-de-açúcar é considerada uma das plantas com maior eficiência fotossintética e se constituem numa cultura de alto rendimento de matéria verde, energia e fibras (SAMPAIO et al., 1995).

Segundo o Conselho de Informações Sobre Biotecnologia (2009), as variedades comerciais de cana-de-açúcar se originaram de cruzamentos realizados no início do século XX, na Ilha de Java, época em que algumas variedades da espécie *Saccharum officinarum* rica em açúcar, mas muito suscetível à doenças foram cruzadas com outra espécie, a *Saccharum spontaneum*, que é pobre em açúcar e muito rústica, ou seja, mais resistente aos problemas do campo. Os híbridos obtidos tinham maior capacidade de armazenamento de sacarose, resistência à doenças, vigor, rusticidade e tolerância à fatores climáticos. Apesar da *S. officinarum* e *S. spontaneum* terem sido as espécies que mais contribuíram para obtenção das atuais variedades comerciais de cana-de-açúcar, outras espécies, a exemplo de *S. sinense*, *S. barberi* e *S. robustum*, ainda que em menor proporção, também foram importantes para a composição genética das variedades modernas de cana.

3.1.3 Fenologia da cana-de-açúcar

A cultura se desenvolve bem sob estação quente e longa com incidência de alta radiação e umidade adequada, seguida de um período seco, ensolarado e mediantemente frio, porém sem geadas, durante a maturação e a colheita (DOORENBOS e KASSAM, 1994). Para Farias (2006), o clima ideal para a cultura da cana-de-açúcar é aquele com temperaturas médias diárias de 30 °C, com fornecimento adequado de água e na estação de maturação e colheita a temperatura deve ser mais baixa, em torno de 10 a 20 °C.

Em relação à fenologia a cana-de-açúcar tem quatro fases em sua fenologia, Figura 1. fase de brotação e fase de estabelecimento, compreendendo o plantio até a compleição da brotação das gemas; logo após o plantio, inicia-se o processo de intumescimento das gemas, com brotação ocorrendo dentro de 20 a 30 dias após o plantio, dependendo da umidade do solo; a brotação é marcada por um rápido e acentuado aumento da atividade respiratória, acompanhado pelo início do transporte ativo de substâncias para os pontos de crescimento; a fase de perfilhamento se inicia em torno de 40 dias, após o plantio, e pode durar até 120 dias; é um processo fisiológico de ramificação subterrânea contínuo das juntas nodais compactas. A fase de crescimento dos colmos começa a partir de 120 dias depois do plantio e dura até 270 dias, em cultivo de 12 meses; essa é a fase mais importante do cultivo, pois é quando ocorrem a formação e o alongamento do colmo, resultando em produção. A fase de maturação, em um cultivo de cana-planta, prolonga-se por seis meses, começando aos 270 – 360 dias após plantio. A síntese e o acúmulo rápido de açúcar acontecem durante essa fase, por isso o crescimento vegetativo é reduzido (DIOLA & SANTOS, 2010).

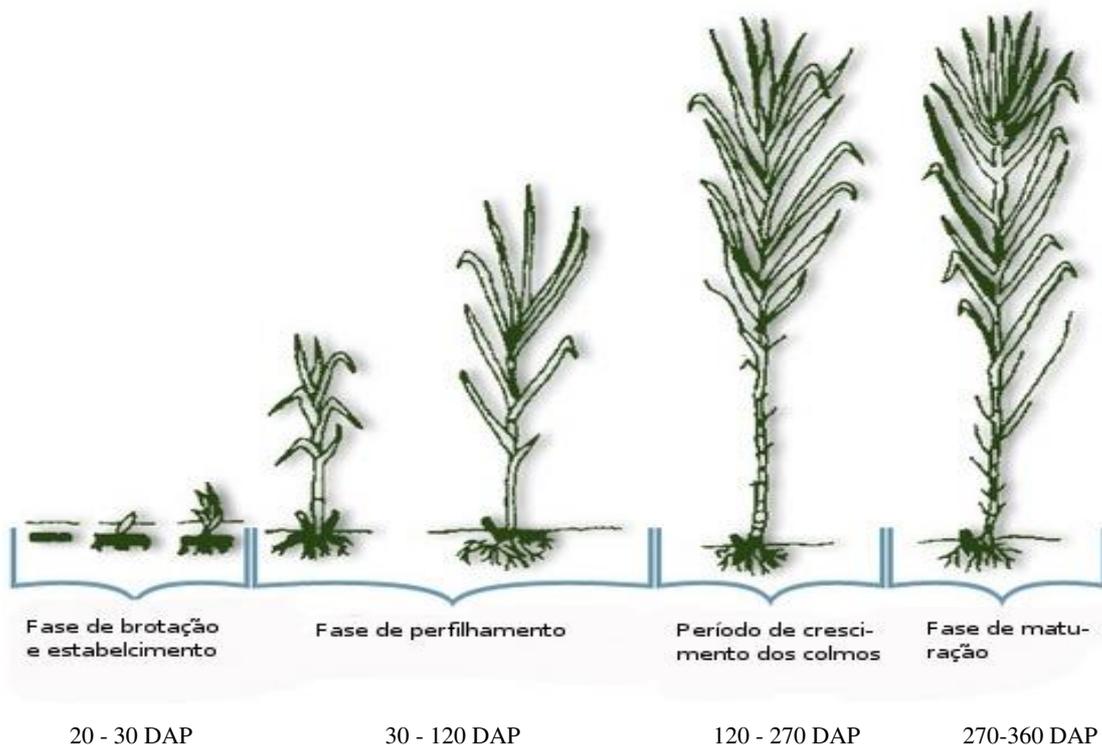


Figura 1. Fases de desenvolvimento da cana (GASCHO e SHIH, 1983).

Segundo Salomé et al. (2007), a cana-de-açúcar é uma cultura semi-perene com um ciclo que dura em torno de quatro a cinco estágios de corte. De acordo com Segato et al. (2006), o ciclo inicia com o plantio da muda que brota, perfilha, matura e recebe o primeiro corte (cana-planta). O plantio é feito em duas épocas preferenciais, dando origem à cana-planta de ano (12 meses) ou à cana-planta de ano e meio (18 meses). Os autores mencionaram /ainda que, após este primeiro corte, os estágios de corte seguintes são denominados de cana-soca, onde a cada corte ocorre a brotação da soqueira e o início de um novo estágio de corte. Os estágios de corte de cana-soca se repetem em intervalos anuais até que a lavoura não seja mais rentável economicamente, quando a cultura passa pelo manejo denominado de reforma e o ciclo reinicia com o plantio de uma nova muda (SEGATO et al., 2006).

De acordo com o Instituto Centro de Ensino Tecnológico (2004), a cana-de-açúcar pode ser cultivada em vários tipos de solo, desde que possua umidade e nutrientes em quantidade suficiente; sobretudo fértil e com bom teor de matéria orgânica. Os terrenos excessivamente argilosos não são aconselháveis por serem compactos e difíceis de serem trabalhados, como os siltosos, haja vista que secam com facilidade e são pobres em elementos nutritivos, enquanto os solos ideais para a cultura são os aluviões planos ou levemente inclinados.

Segundo Dantas Neto et al. (2010), uma planta em seu *habitat* natural tem características relativas ao seu desenvolvimento e produção final e, quando é levada para um ambiente com condições climáticas diferentes, as características podem ser modificadas. De acordo com os mesmos autores, torna-se importante a necessidade do conhecimento do desenvolvimento de cada variedade de cana-de-açúcar, em determinada região produtora.

3.1.4. Fisiologia da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta C₄, assim chamada por formar compostos orgânicos com quatro carbonos, como produto primário do processo fotossintético, que é o ácido málico. Apresenta alta taxa fotossintética e de eficiência na utilização e resgate de CO₂ da atmosfera (SEGATO et al., 2006).

De acordo com Diola e Santos (2010), as plantas C₄ são capazes de converter melhor a energia em condições de saturação de luz ou não; alta intensidade de luz e a longa duração do período de exposição a ela promove o perfilhamento, enquanto dias curtos e nublados afetam a planta de forma inversa.

Por ser uma C₄, possui um metabolismo altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química, com taxas fotossintéticas até 100 mg de CO₂ fixado por dm² de área foliar, por hora. Essa alta atividade fotossintética não se correlaciona diretamente com a elevada produtividade de biomassa. A grande capacidade da cana-de-açúcar para a produção de matéria orgânica, reside na alta taxa fotossintética por unidade de superfície de terreno, resultando em alto índice de área foliar (IAF). Além disso, o longo ciclo de crescimento da planta resulta em elevadas produções de matéria seca (RODRIGUES, 1995).

As plantas do tipo C₄ também apresentam características de maior eficiência na abertura e fechamento dos estômatos, em condições de algum estresse (TAIZ e ZEIGER, 2009). Em conhecimento contido em Yordanov et al. (2003) e Inman-Bamber et al. (2005) a redução da condutância estomática é uma estratégia da cana-de-açúcar para evitar a desidratação das folhas.

Em condições de estresse hídrico a condutância estomática (g_s), taxa transpiratória (E) e fotossíntese (A) tende a diminuir, sendo a g_s acompanhada pela taxa transpiratória (E), isso para evitar perdas de água e assim evitar a desidratação das plantas, ajudando a sobrevivência das plantas em condições críticas (MACHADO et al., 2009; GONÇALVES et al., 2010).

Evapotranspiração da cana-de-açúcar

A evapotranspiração é definida como a perda de água de uma cultura, por evaporação do solo e transpiração das plantas. É um processo biofísico que envolve o conteúdo de água do solo, a passagem da água através das plantas, a perda de água por transpiração através dos estômatos das folhas e o transporte de água para a atmosfera, por meio dos processos difusivos e turbulentos (RANA e KATERJI, 2000).

As determinações da água necessária para as culturas resultam em dados básicos para planejar e manejar adequadamente qualquer projeto de irrigação (SOARES et al., 2001). A aplicação de água nas culturas deve ser manejada de forma racional considerando-se os aspectos sociais e ecológicos da região, procurando-se maximizar a produtividade e a eficiência de uso de água e minimizar os custos, quer de mão-de-obra, quer de capital, de forma a tornar lucrativa a atividade. Deve-se fazer irrigação com o objetivo de aumentar o lucro e a produtividade em quantidade e qualidade (BERNARDO et al., 2008).

Com o objetivo de aumentar a eficiência da irrigação no cultivo de cana-de-açúcar, Bernardo et al. (2008) afirmaram ser de extrema importância considerar, na fenologia, os estádios de desenvolvimento da cultura, assim divididos: a germinação e a emergência compreendem o 1º mês; o perfilhamento e o estabelecimento da cultura que tem duração de 2 a 3 meses; o crescimento em biomassa (formação da produção) se estende entre 6 a 7 meses, enquanto a maturação abrange apenas 2 meses. Os dois primeiros estádios são os mais críticos ao déficit hídrico. No terceiro estádio (aumento de biomassa), as plantas respondem à lâmina aplicada, mas o déficit hídrico não causa tantos prejuízos à produtividade quanto nos dois primeiros; no quarto estádio (maturação) é desejável ocorrer déficit hídrico, com reflexos positivos sobre o rendimento de açúcar.

Um suprimento adequado de água é essencial para o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, com uma demanda em torno de 1200 mm/ano (BLACKBURN, 1984).

3.2. Tolerância das plantas à salinidade

Normalmente, solos afetados por sais são encontrados em zonas áridas e semiáridas, onde a evaporação é superior à precipitação pluviométrica. A drenagem interna deficiente em alguns solos dessas regiões, juntamente com a excessiva evaporação, resulta em acumulação de sais solúveis e incremento do sódio trocável na superfície e/ou na subsuperfície dos solos (BARROS et al., 2004).

A salinidade dos solos, com conseqüente prejuízo às culturas, pode ocorrer tanto de forma natural pela constituição geológica do solo, quanto de forma antropogênica. Um exemplo da salinidade natural são as plantações próximas às costas marítimas, onde a água do

mar leva o sal ao solo. Há mais de 800 milhões de hectares de solo em todo mundo atingidos pela salinidade, sendo que a causa pode estar relacionada ao intemperismo físico e químico de rochas, materiais geológicos e biológicos, chuvas, bem como pelas atividades humanas (RENGASAMY, 2010).

O estresse salino é um dos maiores problemas abióticos que causam diminuição na produção e rendimento de culturas (PATADE et al., 2011; SHOMEILI et al., 2011; JAMES et al., 2012; PLAZEK et al., 2013; MUNNS; GILLIHAM, 2015), constituindo sério agravante em áreas irrigadas (HASANUZZAMAN et al., 2014) podendo reduzir a produtividade das culturas em todos os estágios de desenvolvimento (ZIA et al., 2011). Isto, porque a salinidade de solos causa, direta e indiretamente, efeitos prejudiciais para as plantas pelos desequilíbrios fisiológicos (MUNNS, 2002) e atinge a maioria das culturas por serem sensíveis à altas concentrações de sais no solo (HASANUZZAMAN et al., 2014). A chuva e o vento exercem papel importante no carregamento de sais das águas oceânicas e, conseqüentemente, o seu acúmulo, sendo o cloreto de sódio (NaCl) o sal mais solúvel e abundante (MUNNS e TESTER, 2008). Quanto mais distante da costa, menor a quantidade de sais dissolvidos na água da chuva (variando de 6 a 50 mg kg⁻¹ de NaCl). Ainda, o agravamento do aquecimento global por causar aumento do nível de mares e tempestades, contribui para o depósito de sal no solo próximo a costas (JAMES et al., 2012). No entanto, um grande problema na agricultura e no que tange a interferência antropogênica, está relacionado à água de irrigação com alto acúmulo de sais. A qualidade da água de irrigação, principalmente em regiões semiáridas e áridas, é muito pobre, e, quando não é possível descarregar esses sais em um sistema de drenagem, eles rapidamente podem se tornar prejudiciais à espécies sensíveis (RENGASAMY, 2002). Estima-se que o sal atinja um terço de água irrigada no planeta (TAIZ; ZEIGER, 2013) e, em relação a terras agricultáveis, cerca de 2 milhões de km² é atingido pela salinidade em todo o mundo (NEVES et al., 2010). Por isso, a salinidade é um dos estresses mais estudados, tanto pela grande área atingida quanto pelos efeitos causados nas culturas, como os efeitos iônicos, osmóticos, desequilíbrios nutricional e hormonal e produção de espécies reativas de oxigênio (ASHRAF, 2009).

A resposta das plantas à salinidade acontece em duas fases distintas. A primeira fase é rápida, pois ocorre imediatamente após o contato com a salinidade, chamada fase osmótica, em que o sal atinge as raízes diminuindo o potencial osmótico da relação solo-planta, com conseqüente redução do crescimento da parte aérea pela falta de água. A segunda fase, que ocorre lentamente, é a fase iônica, quando o sal atinge a parte aérea da planta em altas concentrações causando toxicidade e, neste caso, se a velocidade da toxicidade e morte foliar for maior que a produção de novas folhas a fotossíntese é prejudicada e, conseqüentemente, a

produção de carboidratos, o que ocasionará a redução do crescimento e produtividade (MUNNS; TESTER, 2008).

De acordo com Larcher (2000), as plantas acumuladoras de sal, por sua vez, têm grande eficiência na compartimentação intracelular de íons, reduzem o potencial osmótico para valores menores do que o da solução do solo, mantendo, desta forma, a absorção de água.

Richards (1954) analisou a tolerância à salinidade conforme os seguintes critérios: a) capacidade da cultura em sobreviver em solos salinos; b) o rendimento da cultura em solos salinos; e c) o rendimento da cultura em solo salino, comparado ao solo não salino, sendo este último critério o melhor para estudos comparativos.

De acordo com Rhoades et al. (1992), na seleção de culturas para solos, deve ser dada atenção particular à sua tolerância à salinidade durante o desenvolvimento inicial, pois baixas produções, frequentemente, resultam de falhas na obtenção de densidades satisfatória de plantas. Algumas culturas tolerantes, em fase posterior às do crescimento, são muito sensíveis na fase inicial.

Salinidade em cana-de-açúcar

O valor limiar da cultura da cana-de-açúcar é de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$, limite abaixo do qual a cana consegue ter seu desenvolvimento normal, sem efeitos generalizados (DIAS e BLANCO, 2010). Segundo Blackburn (1984), a cultura não apresenta perda de produção a uma CE de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$, porém, quando a CE chega a valores de 3,3, 6,0, 10,4 e 18,6 as perdas são respectivamente de 10, 25, 50 e 100%. Fageria (1985) classificou como tolerante à salinidade o genótipo cuja produção se reduz entre 0 e 20%. Rozeff (1995) relatou que um valor acima de 3 dS m^{-1} pode levar a um forte declínio no crescimento, chegando a sobreviver sob valores entre 10 e 15 dS m^{-1} .

Nas variedades de cana PR 692176, tolerante à salinidade, e V 78-1, identificada como sensível à salinidade, foi observada redução significativa em seu crescimento e um notável efeito na morfologia quantitativa do sistema radicular, sendo esse efeito maior na presença de NaCl comparada as plantas submetidas a Na_2SO_4 ; tal comportamento se deve a um efeito iônico do Cl^- como íon mais tóxico na cana-de-açúcar (GARCIA e MEDINA, 2010). Os mesmos autores observaram um menor crescimento de plantas de cana-de-açúcar, irrigadas com NaCl, em relação as da testemunha, e comparando esse sal com o Na_2SO_4 , o efeito foi maior com cloreto de sódio.

Segundo Santana et al. (2007), não há diferença significativa entre a interação da salinidade da água de irrigação e classes texturais para a brotação de estacas de cana, com

tendência de decréscimo na porcentagem de brotação em função da salinidade da água de irrigação. No solo de textura média obteve-se o maior valor de brotação.

Em trabalhos com duas variedades de cana-de-açúcar (CP-77-400 e COJ-84) sob diferentes concentrações de sais, Hussain et al. (2004) observaram diminuição no comprimento de colmos das plantas submetidas à níveis mais elevados de sais. Gomes et al. (2009), em estudos sobre a formação de calos embriogênicos de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), sob a ação de diferentes concentrações de cloreto de sódio, observaram que os tecidos (calos) da variedade 'SP 813250' é mais resistente ao NaCl₂, em comparação aos de 'RB 72454'.

Oca et al. (1996), trabalhando com três variedades de cana-de-açúcar em três concentrações de sais no extrato de saturação de um vertissolo, obtiveram diminuição do peso de folhas frescas e secas, quando a concentração salina aumentou de 0,96 para 8,4 dS m⁻¹ e a planta não sobreviveu quando chegou ao valor de 16,4 dS m⁻¹. García e Medina (2010) registraram diminuição na emissão foliar e aumento de folhas secas, quando plantas de dois genótipos de cana foram irrigados, durante 60 dias, com cloreto de sódio; o número de folhas verdes, em plantas recebendo cloreto de sódio, foi 32 e nas plantas do tratamento testemunha foram 114 folhas verdes.

Em estudos dos efeitos tóxicos e osmóticos do cloreto de sódio no crescimento de folhas e produção econômica de genótipos de cana-de-açúcar, Wahid (2004) observaram diminuição da área foliar das cultivares, sendo o efeito menos evidente na cultivar 'CP-4333', em comparação à cultivar 'CP-71-3002'. Observou-se ainda, por ajustamento osmótico, que a planta regula o balanço da água nas células, devido à acumulação de osmólitos orgânicos e inorgânicos. Maior produção e retenção de osmólitos não tóxicos compatíveis é uma estratégia das plantas tolerantes na luta contra os efeitos prejudiciais da salinidade, por desempenharem várias funções, melhorando o equilíbrio hídrico da célula.

Nadian et al. (2012) relataram diminuição da área foliar das plantas, decorrente de concentrações mais elevadas de sais, acima da salinidade limiar da cana-de-açúcar, cujo valor é 1,7 dS m⁻¹. Em seu trabalho, os autores avaliaram a influência da aplicação de níveis de nitrogênio, com diferentes condutividades elétricas, verificando diminuição do efeito da salinidade sobre as plantas, mesmo em condições mais elevadas de salinidade. Observaram, ainda, associação entre o aumento do nitrogênio e maior acumulação de prolina; trabalharam com condutividade elétrica variando entre 1 e 8 dS m⁻¹.

Lingle et al. (2000), em seus trabalhos de pesquisa avaliando os efeitos de irrigação com águas salinas na cana-de-açúcar, verificaram diminuição no número de entrenós dos colmos, decorrente da aplicação dos sais. Willadino et al. (2011), estudando estresse salino

em duas variedades de cana-de-açúcar ('RB 867515' e 'RB 863129'), observaram em ambos os genótipos, aumento na fluorescência, em paralelo à redução do teor de clorofila, à medida que aumentaram os níveis de salinidade, indicando perturbação no processo fotossintético.

3.3. Qualidade industrial e produtividade da cana-de-açúcar

A irrigação, além de aumentar a produtividade da cana-de-açúcar, promoveu melhorias nos índices de qualidade da matéria-prima (FARIAS et al., 2009). Neste trabalho estudaram-se diferentes lâminas de irrigação e doses de zinco e verificou-se um acréscimo em açúcar com o uso da irrigação em que a diferença em açúcares totais recuperáveis (ATR) da cana-de-açúcar irrigada com 100% da ETc (147,47 kg de ATR t⁻¹ de cana) em referência à cana de sequeiro (112,27 kg de ATR t⁻¹ de cana) foi de 35,20 kg de ATR t⁻¹ de cana (queda de 23,87%); os demais índices tecnológicos possuem o mesmo comportamento, a Pol em sequeiro teve valor de 14,64% enquanto na cana irrigada com 100% da ETc foi de 19,00%, acréscimo equivalente a 29,28%; no que diz respeito à pureza, não foi diferente, com a prática da irrigação esta variável teve melhoria; quando não se irrigou a cana (sequeiro) a pureza do caldo ficou em torno de 80,91%, aumentando para 90,47% com irrigação de 100% da ETc, aumento de 10,56%, com a fibra valor máximo (15,07%) foi encontrado quando a cultura recebeu uma quantidade total de água de aproximadamente 844,40 mm. Dalri et al. (2008), para a variedade RB 72 454, verificaram aumento em ATR de 30.090,20 para 45.597,04 kg ha⁻¹, entre o obtido em regime de sequeiro e irrigado; esses valores afirmam a importância da irrigação na qualidade da cana-de-açúcar.

Em estudos desenvolvidos por Oliveira et al. (2011), no município de Carpina, PE, com 11 variedades de cana-açúcar em dois regimes hídricos (sequeiro e irrigado), a irrigação diminuiu o °Brix, a Pol, o PCC (percentagem de açúcar bruto) e a fibra; o ATR não foi modificado com a irrigação mas o TAH (toneladas de açúcar por hectare) sofreu alteração passando de 12,30 para 30,70 t ha⁻¹, incremento de 151%, isso ocorreu devido ao aumento de produtividade, em que os autores obtiveram 80 t de cana ha⁻¹ em sequeiro, e 196 t de cana ha⁻¹ com irrigação plena, cuja cultura recebeu o total de água de 1.396,60 mm (irrigação + chuva); no ano em que foi realizada esta pesquisa a precipitação ficou em torno de 1.141,40 mm; dentre as variedades estudadas pelos autores estava inclusa a RB 92579, variedade que produziu 90,10 e 255,60 t de cana ha⁻¹, em sequeiro e irrigado, respectivamente; também foram registrados aumentos na produção de açúcar com a irrigação, sendo valores esses da ordem de 13,60 e 42,60 t de açúcar ha⁻¹, respectivamente, nos tratamentos sequeiro e irrigado; os autores indicaram a RB 92579 para estudos de resposta à irrigação pela cana-de-açúcar.

Estudando a qualidade industrial da cana-de-açúcar no Estado do Texas, Wiedenfeld (2008) concluiu não haver influência na qualidade da cana-de-açúcar, variedade CP72-1210, quando esta foi irrigada com água salina de 1,3 e 3,7 dS m⁻¹; o autor reporta, então, que o resultado da pesquisa foi menor que o esperado e as precipitações de verão podem ter lixiviado os sais excessivos existentes na zona radicular, pois houve apenas uma redução de aproximadamente 17% na produtividade da cana-de-açúcar quando irrigada com a água de 3,7 dS m⁻¹ (68,89 t ha⁻¹) em relação à condutividade elétrica de 1,3 dS m⁻¹ (82,90 t ha⁻¹).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área experimental da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (UAEA/CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB, com coordenadas geográficas 07° 13' 50" de latitude sul e 35° 52' 52" de longitude oeste e uma altitude de 551 m (Figura 2).



Figura 2. Imagem de satélite da área experimental. UFCG, Campina Grande, PB, 2013. Fonte: Souto Filho (2013).

De acordo com a classificação de Köppen, o tipo de clima encontrado em Campina Grande-PB é quente e úmido, caracterizando-se pela ocorrência de chuvas de outono - inverno e um período de estiagem de cinco a seis meses. O período seco começa em setembro e se prolonga até fevereiro, sendo mais acentuado no trimestre da primavera, salientando-se o mês de novembro como o mais seco; a estação chuvosa começa em março/abril e se encerra em agosto. As temperaturas do ar variam entre a máxima anual de 28,6 °C e a mínima de 19,5 °C e a umidade relativa é bastante uniforme em toda a região, com médias em torno de 80% (LMRS/PB., 2007).

4.2 Descrição das cultivares da cana-de-açúcar utilizadas na pesquisa

A variedade SP81-3250 tem hábito levemente decumbente com pouco acamamento, despalha média, crescimento vigoroso, apresentando uniformidade e alto perfilhamento. Os entrenós são de cor verde-arroxeadada ao sol e verde-amarelada sob a palha, sendo os brotões também de cor verde-amarelada. O comprimento e diâmetro são médios, do tipo cilíndrico, a secção transversal e circular e o aspecto é liso. Apresenta zigue-zague suave, canaleta rasa, pouca cera e ausência de rachaduras. O anel de crescimento (nó) é de cor verde-amarelada, de largura e saliência média. A zona radicular é de largura média, os poros radiculares são de cor roxo-amarelada, zona cerosa regular e sem enraizamento aéreo. As gemas desta variedade são de tamanho médio e tipo oval, com pouca saliência, com pelos no ápice, poro de posição apical, não ultrapassando o anel de crescimento. As folhas são arqueadas de largura média com poucos pelos e pouco serrilhamento nos bordos, sendo a copa volumosa. O palmito é de cor verde-amarelada com pouca cera, comprimento médio, secção transversal circular e intensidade regular de joçal no dorso. A aurícula é do tipo lanceolada de tamanho médio, presente em um só lado. A lígula é crescente e tem formato curvo, de cor verde. Manchas nas bainhas são eventuais. O florescimento é intenso, com média isoporização (COPERSUCAR, 1995).

Segundo Nogueira (2011), essa cultivar apresenta alta produtividade se adaptada a solos de intermediária fertilidade, alto Pol, maturação média, florescimento médio, ótimo perfilhamento de brotação de soqueiras, colheita mecânica boa.

A variedade RB92579 tem hábito de crescimento ereto, arquitetura foliar com pontas curvas, copa de volume regular e tonalidade intermediária, folhas de limbo largo e fraco serrilhamento das bordas, difícil despalha, palmito curto de seção circular de cor verde-roxa e fraca presença de cera, entrenós cilíndricos de comprimento e diâmetro médios de aspecto manchado com pouca cera, de cor roxa ao sol e amarelo-verde sob a palha e gema do tipo triangular (BARBOSA et al., 2003).

De acordo com Simões et al. (2005), essa cultivar apresenta como características alta brotação, alto perfilhamento em cana-planta e soca, bom fechamento de entrelinhas, maturação média, na safra apresenta alta produtividade agrícola e teor de sacarose alto, com longo PUI, e médio teor de fibra, não apresenta restrição a ambiente de produção.

4.3 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento experimental em blocos ao acaso, constituindo um fatorial 2 x 5 (duas cultivares de cana-de-açúcar x cinco níveis de salinidade da água), resultando em dez tratamentos e quatro repetições, que foram dispostos em 40

lisímetros (Figura 3), cuja parcela foi composta de quatro touceiras por lisímetros. As duas cultivares de cana-de-açúcar utilizadas foram a “SP81-3250” e a “RB92579”. Os cinco níveis de salinidades da água de irrigação foram expressos em termos de condutividade elétrica da água de irrigação e corresponderam a: 0,9; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹. O primeiro nível (0,9 dS m⁻¹) correspondeu à condutividade elétrica da água de abastecimento local (CAGEPA), sendo o controle; os demais níveis foram provenientes da adição de sais à água, utilizando-se de cloreto de sódio, cálcio e magnésio.



Figura 3. Vista do experimento com todos os lisímetros aos 180 dias após o plantio (Primeiro ciclo). UFCG, Campina Grande-PB, 2012.

Após o sorteio dos tratamentos em cada bloco, obteve-se a ordem de distribuição, contida no Quadro 1.

Quadro 1. Disposição dos tratamentos nos quatro blocos. UFCG, Campina Grande-PB, 2012.

Blocos			
B1	B2	B3	B4
NTRB	N1RB	N4SP	N3RB
N4RB	NTRB	N1RB	N4SP
N2SP	N2SP	N1SP	N2RB
N3RB	N2RB	N3SP	N2SP
N1SP	N4SP	N3RB	N3SP
N2RB	N3RB	N2RB	NTSP
N4SP	N4RB	N2SP	N4RB
N1RB	N3SP	NTSP	NTRB
N3SP	NTSP	N4RB	N1RB
NTSP	N1SP	NTRB	N1SP

Legenda: NT = 0,9 dS m⁻¹; N1 = 1,6 dSm⁻¹; N2= 2,6 dSm⁻¹; N3 = 3,6 dSm⁻¹; N4 = 4,6 dS m⁻¹; Cultivares: SP = ‘SP813250’ e RB = ‘RB92579’

4.4 Instalação e condução do experimento

O plantio foi realizado em 22 de dezembro de 2011, após irrigação dos lisímetros, deixando-se a umidade do solo em nível correspondente ao da capacidade de campo. Utilizaram-se de estacas de colmos (toletes, rebolos) com duas gemas bem destacadas, plantadas de modo a ficar uma gema virada para cima e a outra para o lado, dentro da cova de plantio e a uma profundidade de 15 cm. O experimento foi instalado em lisímetros de drenagem com as seguintes dimensões: 1,5 m de comprimento, 1,0 m de largura e 1,0 m de profundidade, contendo na base uma camada de brita de 10 cm e outra de areia sobre ela, de mesma espessura, para contenção do solo em seu interior, e facilitar a drenagem; os lisímetros são conectados a uma tubulação com registros para facilitar a medição da água de drenagem.

As estacas de colmos (rebolo-sementes) das duas cultivares foram obtidas na Usina Central Olho d'água, localizada no município de Camutanga, Pernambuco (Latitude - 07° 25' 07", Longitude - 35° 16' 35" e altitude 109 m), na Zona da Mata. Segundo Lacerda et al. (2006), o clima dessa região é úmido, com chuvas superiores a 1.000 mm em média, iniciando-se as chuvas em março e se estendendo até agosto, sendo a deficiência hídrica notória entre os meses de setembro a fevereiro e excedentes nos demais meses do ano. Antes do plantio, as estacas passaram por um tratamento térmico na própria usina, objetivando-se a destruição dos microrganismos, principalmente os relacionados ao raquitismo-da-soqueira (FERNANDES JÚNIOR et al., 2010). O plantio foi realizado após a irrigação dos lisímetros deixando-se a umidade do solo em nível correspondente ao da capacidade de campo. Utilizou-se de rebolos com duas gemas bem destacadas, plantados de modo a ficar uma gema virada para cima e a outra para o lado, dentro da cova de plantio e na profundidade de 15 cm.

Ao término do primeiro ciclo (cana planta), logo após a colheita, precisamente aos 318 DAP, deu-se início à condução do experimento correspondente ao segundo ciclo de cultivo da cana-de-açúcar (cana soca). Foram realizadas irrigações diárias para favorecer a emergência das novas brotações das soqueiras que formaram as touceiras do segundo ciclo; essas irrigações foram feitas com água de baixa condutividade elétrica durante os 90 dias iniciais de condução do experimento; neste período foram coletadas amostras de solo em cada lisímetro para análise em laboratório, com fins de salinidade e fertilidade. Na Tabela 1, encontra-se o resultado da análise química do solo utilizado no experimento cuja profundidade de coleta foi de 0 – 20 cm.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo utilizado no experimento, na profundidade 0 – 20 cm. UFCG, Campina Grande-PB, 2013.

Atributos químicos do solo	Valores
Cálcio (cmolc kg ⁻¹)	1,72
Magnésio (cmolc kg ⁻¹)	1,42
Sódio (cmol _c kg ⁻¹)	0,61
Potássio (cmolc kg ⁻¹)	0,18
Soma de bases (cmolc kg ⁻¹)	3,93
Hidrogênio (cmolc kg ⁻¹)	0,38
Alumínio (cmolc kg ⁻¹)	0,00
CTC a pH 7,0 (cmolc kg ⁻¹)	4,31
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência
Carbono Orgânico (g kg ⁻¹)	0,63
Matéria Orgânica (g kg ⁻¹)	0,78
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	0,06
Fósforo Assimilável (mg kg ⁻¹)	5,39
pH H ₂ O (1:2,5)	6,63
Cond. Elétrica mmhos/cm(Suspensão Solo-Água)PST	0,26
PST	14,15

A partir do quarto mês de condução do experimento foram iniciadas as irrigações com águas salinizadas, realizadas em intervalos de dois dias, na quantidade de 26,66 mm até a colheita do segundo ciclo, sendo suspensas nos dias em que ocorreu pluviosidade superior a 5 mm dia⁻¹. Foram adicionadas diferentes quantidades de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção de 7:2:1 à água de abastecimento local visando a obtenção de águas com diferentes condutividades elétricas, conforme Rhoades *et al.* (2000), cuja quantidade (Q) foi determinada pela Eq. 1:

$$Q (mg L^{-1}) = 640 \times CEa (dS m^{-1}) \dots \dots \dots \text{Eq. 1}$$

em que: CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água.

Em cada irrigação foram preparadas, em caixas plásticas, as águas com diferentes níveis de salinidade utilizando-se de um condutivímetro para medição e controle da condutividade elétrica da água; foi coletado, a cada dois dias, o volume de água lixiviado nos drenos ligados a cada lisímetro. No segundo ciclo foi realizada a adubação da cultura adaptada de acordo com as recomendações de Alvarez et al. (1991).

4.5 Variáveis analisadas

4.5.1 Variáveis de crescimento

Após o início de aplicação dos níveis salinos foram avaliadas, mensalmente, as variáveis: altura média de plantas (AMP) (cm) e diâmetro médio de colmo (DMC) (mm), ambos por touceira. Aos 68, 107, 147, 182, 225, 256 e 296 dias após a brotação (DAB), segundo ciclo. Na determinação da altura de plantas, a medição foi feita partindo da superfície do solo até a formação auricular visível da última folha (folha +1) (SILVA et al., 2012).

O DMC foi obtido com o auxílio de um paquímetro digital mensurado a 30 cm da superfície do solo de dois colmos de cada touceira dos lisímetros (SANTANA et al., 2010; SOUZA et al., 2011).

4.5.2 Componente de produção

A produção foi avaliada ao final do primeiro e segundo ciclos, cortando-se os colmos na base, rente ao solo, retirando-se as folhas secas e eliminando-se o ponteiro (meristema apical e folhas inseridas nessa parte), também denominado de ‘bandeira’ (RAVANELI et al., 2004). As análises foram realizadas considerando o peso de colmos médio por touceira (kg por touceira).

4.5.3 Índices tecnológicos da cana-de-açúcar

Os colmos da cana-soca e da cana-planta foram encaminhados para o laboratório da Miriri Alimentos e Bioenergia S.A, para o procedimento das análises tecnológicas (°Brix, %Pol, fibra industrial da cana e pureza do caldo, Pol da cana corrigida (PCC) e açúcares totais recuperáveis (ATR)) por metodologia proposta por Caldas (1998).

°Brix

A determinação do °Brix ou sólidos solúveis totais, foi efetuada com um refratômetro digital, da marca Acatec, modelo RDA 8600, provido de correção automática de temperatura e ajuste de campo, com saída para ajuste magnético. O valor será expresso a 20 °C. O funcionamento do equipamento é baseado na relação entre incidência e refração da luz:

$$M = \frac{Seni}{Senr} \dots\dots\dots \text{Eq. 2}$$

em que: M é o índice de refração; $Sen i$ é o seno do ângulo de incidência e $Sen r$ é o seno do ângulo de refração.

Sacarose: Pol do caldo extraído

A determinação da Pol (%) efetuou-se com um sacarímetro automático Acatec, modelo DAS 2500. Os sacarímetros são equipamentos que determinam a concentração de açúcares opticamente ativos, como a sacarose. São baseados em princípios físicos fundamentados na propriedade da luz e na natureza ondulatória. A base para as medidas sacarimétricas é a equação conhecida como a lei de Biot (Caldas, 1998):

$$C = \frac{100.\alpha}{l.\alpha^T.\lambda} \dots\dots\dots \text{Eq. 3}$$

Em que: C é a concentração da açúcares; α é o ângulo de rotação do plano da luz polarizada; l é o comprimento da coluna iluminada de líquido e $\alpha^T.\lambda$ é a rotação específica.

Após a leitura realizada pelo sacarímetro foi feita a correção na leitura sacarimétrica, obtida quando o equipamento estiver com temperatura ambiente interna em torno de 20 °C. A correção foi obtida pela seguinte equação de ajuste:

$$L_{\text{corrigida}} = L [1 + 0,000225(T - 20)] \dots\dots\dots \text{Eq. 4}$$

em que: L é a leitura sem correção; T é a temperatura do laboratório e $L_{\text{corrigida}}$ é a Pol do caldo extraído (%).

Fibra industrial da cana

O cálculo da fibra industrial da cana (%) baseou-se na correlação entre o resíduo fibroso e a fibra industrial da cana, determinada, experimentalmente, pela seguinte equação (CRSPCTS/PB, 1997):

$$FI(\%)_{\text{CANA}} = \frac{(100.Ps).(Pu.b)}{5.(100 - b)} \dots\dots\dots \text{Eq. 5}$$

em que: Ps é o peso do bolo seco em estufa a 105 °C; Pu é o peso do bolo úmido (resíduo fibroso) e b é o °Brix do caldo extraído.

Pureza do caldo extraído

A pureza do caldo (%) é uma variável calculada com a percentagem de sólidos solúveis totais no caldo extraído. Após a determinação os valores de Pol e °Brix foram obtidos pela seguinte equação (Caldas, 1998):

$$Pureza = \frac{Pol\%_{caldo}}{^{\circ}Brix_{caldo}} \cdot 100 \quad \dots\dots\dots Eq. 6$$

Pol da cana corrigida

A Pol da cana corrigida (PCC) é um índice (%) que determina o valor da tonelada de cana. Caso o PCC seja elevado, o preço da cana será mais elevado; ao contrário, se o PCC for baixo o preço da cana pode cair; é o que se denomina ágio ou deságio. Sua determinação será através da seguinte equação:

$$PCC = Lcorrigida (1 - 0,01f) c \quad \dots\dots\dots Eq. 7$$

em que: *Lcorrigida* é a leitura corrigida da Pol do caldo extraído (%); *f* é a fibra industrial (%) da cana e *c* = 0,955, é o fator de transformação da Pol do caldo extraído em Pol do caldo absoluto.

Açúcares totais recuperáveis (ATR)

Os açúcares totais recuperáveis (ATR) serão determinados pelas seguintes equações:

$$ATR = (10 \times 0,88 \times 1,0526 \times PC) + (10 \times 0,88 \times AR) \quad \dots\dots\dots Eq. 8$$

$$AR = (9,9408 - 0,1049 \times Pza) \times (1 - 0,01 \times F) + (1,0313 - 0,00575 \times F) \quad \dots\dots Eq. 9$$

sendo: PC = Pol da cana; AR, açúcares redutores; Pza, pureza do caldo; F é o teor de fibra.

4.6 Análise estatística

A análise estatística constou da análise de variância com a aplicação do teste F ($p < 0,05$ e $< 0,01$). Os dados relacionados ao fator Cultivar (C) por serem de natureza qualitativa, foram submetidos ao teste de Tukey. Os dados do fator salinidade (S), por serem de natureza quantitativa, foram analisados por componentes de regressão polinomial (FERREIRA, 2000).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis de crescimento

5.1.1. Altura de planta por touceira (APT)

Os valores do resumo da análise de variância para altura média de plantas por touceira (APT), estão na Tabela 2, para as avaliações realizadas aos 68, 107, 147, 182, 225, 256 e 296 DAB. A APT foi influenciada significativamente, conforme Tabela 2, pelo fator cultivar, aos 68 e 107 DAB; e pelo fator níveis de salinidade da água de irrigação, aos 68, 107, 147, 182 e 296 DAB, não foi observada interação significativa entre os fatores “Cultivar x Salinidade” em todas as avaliações realizadas. A APT diferiu entre as cultivares; comparando as médias pelo teste Tukey (Tabela 2), verificou-se maior APT para a SP81-3250 em relação a RB92579, sendo o aumento de 9,68 e 7,23%, aos 68 e 107 DAB, respectivamente. Conforme a (Tabela 2), apesar de não haver diferença significativa, aos 147 DAB, observou-se aumento de 6,12%. Aos 182, 225, 256 e 296 DAB houve um aumento da RB92579 em relação a SP81-3250, de 0,57, 1,16, 5,45 e 6,31%, respectivamente. Souto Filho (2013) constatou maior altura nas plantas da cultivar RB92579 em relação à cultivar SP81-3250 em 6,87 e 9,55%, aos 245 e 275 DAP, respectivamente, comportamento semelhante ao desta pesquisa. Capone et al. (2011) avaliando o comportamento de quinze cultivares de cana-de-açúcar, na região sul de Tocantins observaram, que o parâmetro altura total de planta é influenciado pelo potencial genético dos genótipos, enquanto as características °Brix, número de colmos e quilos de cana-de-açúcar por hectare, foram influenciadas pelo ambiente.

Oliveira et al. (2011) estudando o crescimento de variedades de cana-de-açúcar em Janaúba-MG, localizada na região semiárida e com precipitação concentrada em quatro meses do ano em função de diferentes adubações e estresse hídrico, não observaram diferenças significativas para a variável altura de plantas, mas obtiveram média de 3,083 m.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para a altura de planta por touceira (APT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas, avaliado durante o período experimental de 68 a 296 DAB. UFCG, Campina Grande, PB, 2013.

** Significativo com 1%, * significativo com 5%, ^{ns} não significativo, C.V. (%) – coeficiente de variação

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após brotação - DAB)						
	68	107	147	182	225	256	296
Cultivar (C)	461,496**	663,011*	900,914 ^{ns}	10,591 ^{ns}	61,494 ^{ns}	1827,228 ^{ns}	3130,263 ^{ns}
Salinidade (S)	1545,282**	1463,334**	1488,532**	1202,925**	566,406 ^{ns}	1416,408 ^{ns}	4264,439*
Regressão Linear	5848,371**	5646,328**	5447,755**	4275,370**	1598,427*	4325,814*	11463,118**
Regressão Quadrática	315,437*	117,959 ^{ns}	15,687 ^{ns}	139,881 ^{ns}	438,898 ^{ns}	414,949 ^{ns}	1855,146 ^{ns}
Desvio de regressão	8,660 ^{ns}	44,524 ^{ns}	282245,342 ^{ns}	198,225 ^{ns}	114,150 ^{ns}	462,434 ^{ns}	1869,745 ^{ns}
Interação (C) x (S)	82,897 ^{ns}	124,167 ^{ns}	183,777 ^{ns}	320,149 ^{ns}	96,387 ^{ns}	165,034 ^{ns}	693,393 ^{ns}
Bloco	70,076	241,305 ^{ns}	538,683 ^{ns}	465,827 ^{ns}	928,105 ^{ns}	3052,283**	5353,455*
Resíduo	51,043	100,992	229,961	276,383	274,56	623,202	1265,895
C.V. (%)	10,70	9,26	10,10	9,28	7,80	10,36	13,12
Médias para níveis salinos							
0,9 dS m ⁻¹	87,622	126,225	164,828	189,312	215,769	255,927	296,177
1,6 dS m ⁻¹	72,992	118,441	163,890	192,265	222,692	254,820	296,238
2,6 dS m ⁻¹	63,089	105,498	147,906	181,140	215,989	233,523	254,776
3,6 dS m ⁻¹	57,657	97,763	137,869	168,755	207,057	228,090	249,238
4,6 dS m ⁻¹	52,539	94,559	136,578	164,515	201,237	232,525	259,826
Médias para cultivar							
SP 81 3250	70,177a	112,568a	154,960a	178,683a	211,309a	234,218a	262,405a
RB 92 579	63,383b	104,426b	145,468a	179,712a	213,789a	247,736a	280,097a

A irrigação com águas de níveis de salinidade crescente afetou significativamente a APT nas seguintes avaliações, 68, 107, 147, 182 e 296 DAB. Observou-se, na Tabela 2, aos 68, 107, 147, 182 e 296 DAB, que as plantas, quando irrigadas com água de 4,6 dS m⁻¹, tiveram redução de 40,04, 25,09, 17,14, 13,10 e 12,27%, respectivamente, na APT em relação às plantas que receberam água de 0,9 dS m⁻¹. Na Figura 4, a APT se adequou aos modelos de regressão polinomial linear, aos 107, 147, 182, 225, 256 e 296 DAB e quadrático, aos 68 DAB, respectivamente.

Segundo Alves et al. (2009) o estresse salino compromete o crescimento da planta, por baixar o potencial osmótico da solução do solo, favorecendo o estresse hídrico e provocando efeitos tóxicos nas plantas, o que resultam em injúrias no metabolismo e desordens nutricionais. Souto Filho (2013) verificou ter sido maior o decréscimo da altura com o aumento da idade das plantas, um sinal do efeito acumulativo dos efeitos da concentração de sais. A salinização compromete o crescimento e o desenvolvimento das plantas por baixar o potencial hídrico da solução do solo diminuindo a absorção de água pelas raízes e também por efeito de íons tóxicos, principalmente o sódio, desbalanceando o equilíbrio da absorção iônica (TAIZ & ZEIGER, 2009; EPSTEIN & BLOOM, 2006).

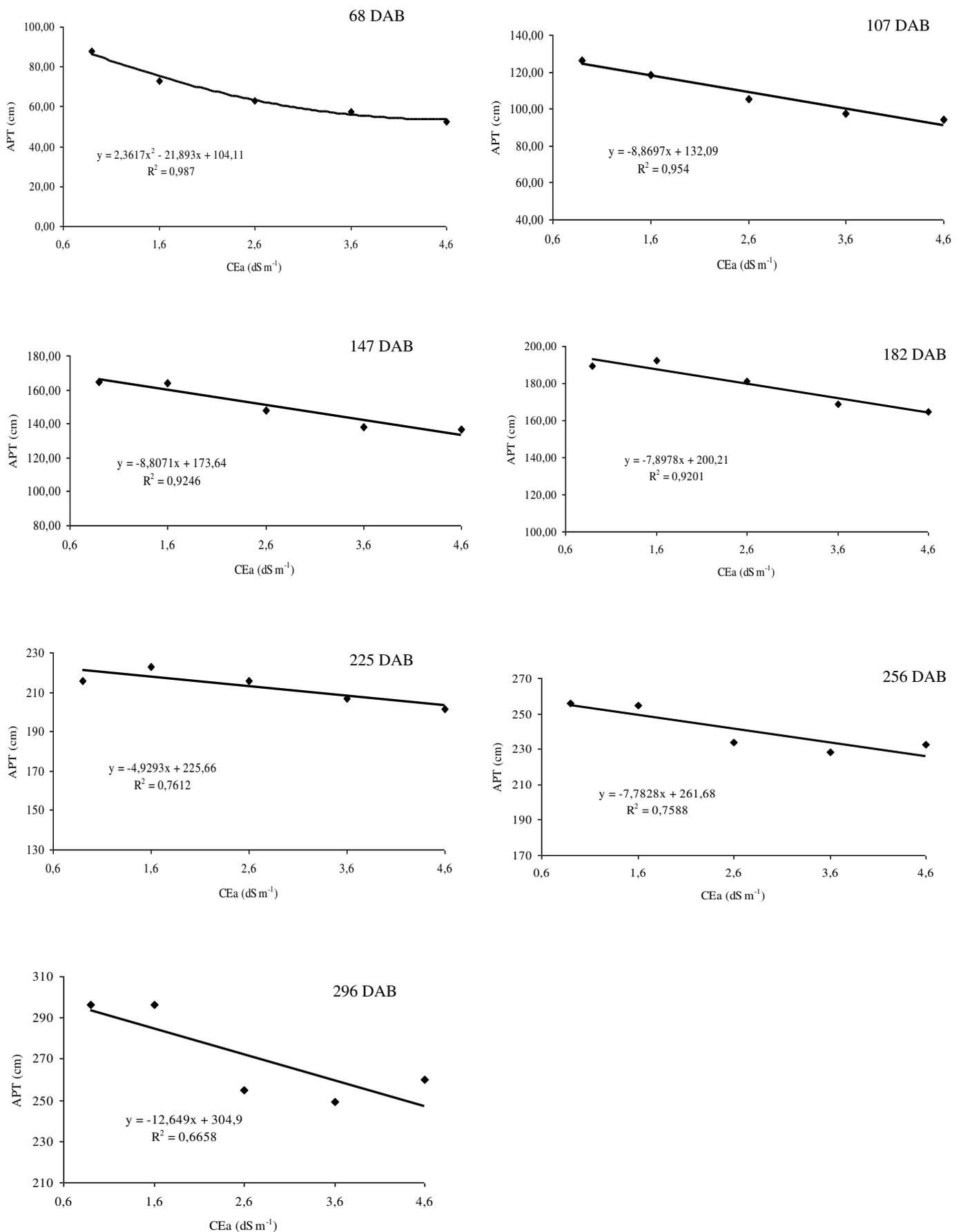


Figura 4. Altura de planta por touceira (APT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas dos 68 aos 296 DAB. UFCG, Campina Grande, PB, 2013.

5.1.2. Diâmetro de colmo por touceira (DCT)

Na Tabela 3 tem-se os dados do resumo da análise de variância relativos ao diâmetro de colmos por touceira (DCT) com avaliações iniciadas aos 68 DAB, época em que começou a ser visível o colmo das plantas, dando continuidade aos 107, 147, 182, 225, 256 e 296 DAB. Analisando-se inicialmente o fator cultivar observa-se diferença entre si ($p < 0,05$). Os dois genótipos, na avaliação de 182 DAB, registrando-se a não diferenciação entre si nas demais avaliações. Relativo ao outro fator em estudo, salinidade da água de irrigação, observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) do DCT em função dos tratamentos de salinidade, em todas as épocas de avaliação, exceto aos 182 e 225 DAB. Não foi observada interação significativa entre os fatores “Cultivar x Salinidade” em todas as avaliações realizadas. Souto Filho (2013) analisando a salinidade da água de irrigação, não encontrou efeito significativo em nenhuma época de avaliação. Oliveira et al. (2011) citam que o diâmetro do colmo de cana é a variável de crescimento com menor variação, já que depende das características genéticas do genótipo, do número de perfilhos, do espaçamento utilizado, da área foliar e das condições ambientais.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o diâmetro de colmo por touceira (DCT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas, avaliado durante o período experimental de 68 a 296 DAB. UFCG, Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	Quadrado médio (Dias após brotação - DAB)						
	68	107	147	182	225	256	296
Cultivar (C)	0,236 ^{ns}	3,281 ^{ns}	3,668 ^{ns}	9,272 [*]	4,965 ^{ns}	4,773 ^{ns}	5,255 ^{ns}
Salinidade (S)	4,025 [*]	5,980 [*]	10,483 [*]	4,982 ^{ns}	3,093 ^{ns}	5,740 [*]	7,815 [*]
Regressão Linear	0,026 ^{ns}	3,221 ^{ns}	22,033 ^{**}	6,746 ^{ns}	0,002 ^{ns}	4,017 ^{ns}	0,082 ^{ns}
Regressão Quadrática	14,320 ^{**}	10,898 [*]	16,954 [*]	2,239 ^{ns}	0,495 ^{ns}	1,077 ^{ns}	4,059 ^{ns}
Desvio de regressão	0,876 ^{ns}	4,901 ^{ns}	1,473 ^{ns}	5,471 ^{ns}	5,937 [*]	8,943 [*]	13,558 [*]
Interação (C) x (S)	0,503 ^{ns}	1,747 ^{ns}	2,955 ^{ns}	2,340 ^{ns}	2,886 ^{ns}	2,485 ^{ns}	1,250 ^{ns}
Bloco	1,131	4,863	7,089	3,381	0,768	9,375	7,5673
Resíduo	0,990	1,884	2,806	2,044	1,648	1,938	2,690
C.V. (%)	4,02	5,26	6,53	5,69	4,99	5,43	6,33
Médias para níveis salinos							
0,9 dS m ⁻¹	25,521	26,909	27,320	25,675	25,498	25,955	25,891
1,6 dS m ⁻¹	24,341	26,329	26,264	26,117	26,536	26,731	27,029
2,6 dS m ⁻¹	24,370	25,901	24,539	24,104	24,832	24,415	24,319
3,6 dS m ⁻¹	24,079	24,729	24,753	24,804	25,728	25,687	25,970
4,6 dS m ⁻¹	25,562	26,705	25,451	24,880	25,931	25,356	26,260
Médias para cultivar							
SP 81 3250	24,698a	25,828a	25,363a	24,634b	25,353a	25,283a	25,531a
RB 92 579	24,851a	26,401a	25,968a	25,597a	26,057a	25,974a	26,256a

** Significativo com 1%, * significativo com 5%, ^{ns} não significativo, C.V. (%) – coeficiente de variação

O DCT diferiu entre as cultivares; comparando as médias pelo teste Tukey (Tabela 3), verificou-se maior DCT para a RB92579 em relação a SP81-3250, sendo o aumento de 3,76%, aos 182 DAB. Apesar de não diferenciarem significativamente, aos 68, 107, 147, 225, 256 e 296 DAB, observou-se aumento de 0,61, 2,17, 2,33%, 2,70, 2,66 e 2,76%, respectivamente. Souto Filho (2013) registrou no genótipo RB92579 maior DCT em todos os períodos de avaliação. O diâmetro é uma característica intrínseca de cada cultivar não se encontrando evidências de sua variação entre cultivares por ordem de fatores externos; como exemplo, salinidade ou adubações químicas e orgânicas, como evidenciado pelas referências encontradas na literatura (CAPONE et al., 2011; COSTA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011).

Pela Figura 5 verifica-se o efeito da salinidade no DCT, em que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados; analisando a mesma figura observa-se que, os maiores DCT 26,90 e 27,32 mm, nas avaliações 107 e 147 DAB, respectivamente, foram encontrados na cana irrigada com a salinidade de 0,9 dS m⁻¹.

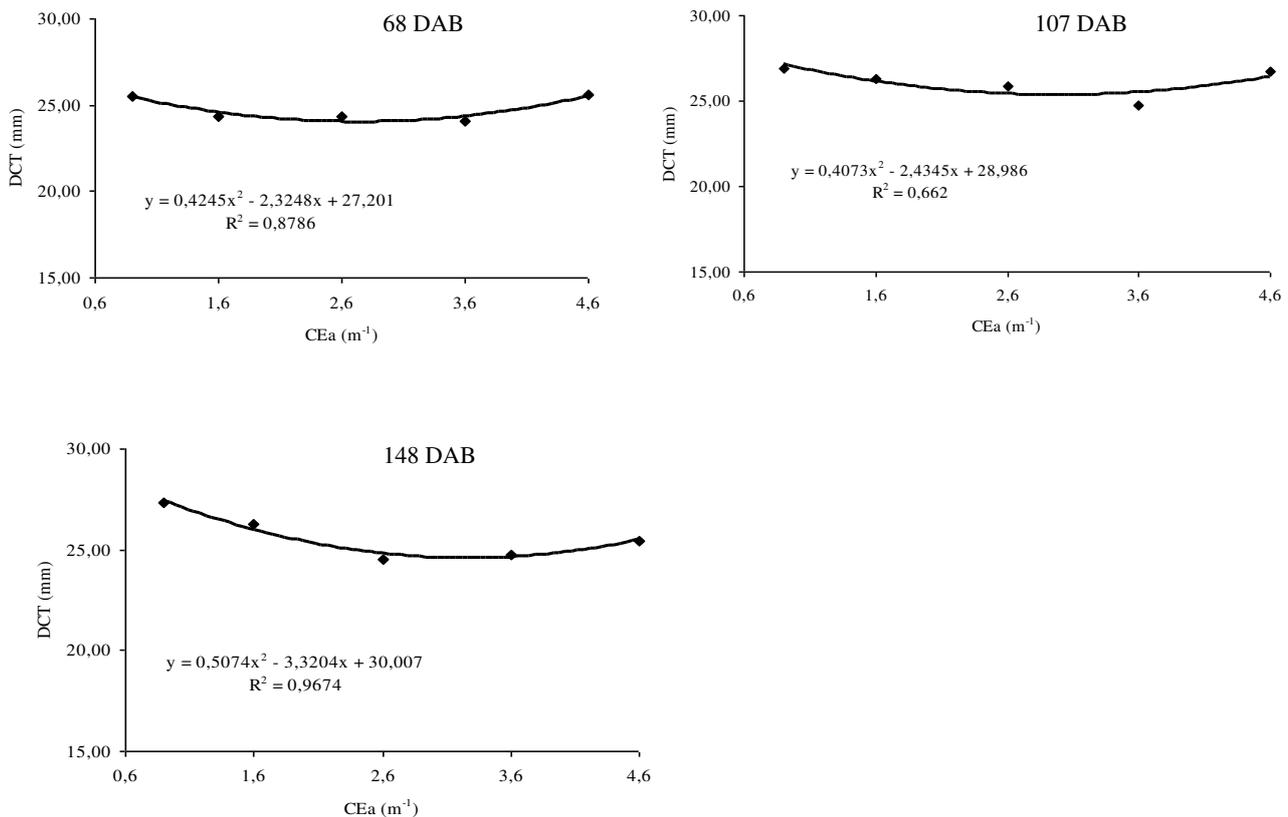


Figura 5. Diâmetro de colmo por touceira (DCT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas dos 68 aos 147 DAB. UFCG, Campina Grande, PB, 2013.

5.2 Componente de produção

5.2.1. Peso de colmo por touceira (PCT)

Os valores do resumo da análise de variância para o peso médio de colmos por touceira avaliados no primeiro e segundo ciclos se encontram na Tabela 4. O PCT foi influenciado significativamente pelo fator cultivar e pelos níveis de salinidade da água de irrigação apenas no primeiro ciclo. Não foi observada interação significativa entre os fatores “Cultivar x Salinidade” em ambos os ciclos. Observou-se em ambos os ciclos de produção que o PCT foi diminuindo a medida que os níveis de salinidade foram aumentando.

Verificou-se no primeiro ciclo, influência do fator cultivar no PCT o nível de probabilidade foi de 5% pelo teste F. Constatou-se conforme a Tabela 4 maior PCT para RB92579 (9,070 kg) em relação à SP81-3250 (8,217 kg), sendo o aumento de 9,4%. Com relação a irrigação com água salina houve significância estatística ($p < 0,01$) na produtividade de colmos, verificou-se que as plantas, quando irrigadas com água de 4,6 dS m⁻¹, tiveram redução de 28,87% (2,884 kg) em relação às que foram irrigadas com água de 0,9 dS m⁻¹; para se ter ideia, as plantas que receberam o menor nível salino (0,9 dS m⁻¹), obtiveram o valor médio de 9,989 kg no PCT; já as plantas que receberam o maior nível salino (4,6 dS m⁻¹) tiveram o valor médio de 7,105 kg. Almeida et al. (2008) verificaram, em trabalho sobre desenvolvimento vegetativo e produção final de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas, que os acúmulos de matéria seca e produção final de colmo das quatro variedades diferiram, haja vista que a variedade RB92579 se mostrou mais produtiva e acumulou 53 e 35 t ha⁻¹ de matéria seca e 167,9 t ha⁻¹ e 136t ha⁻¹ de colmos nos primeiro e segundo ciclos, respectivamente, diferindo estatisticamente de todas as outras variedades.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para o peso de colmo por touceira (PCT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas, por ocasião da colheita, no primeiro e segundo ciclos. UFCG, Campina Grande, PB, 2013.

Quadrado médio		
Fonte de Variação	PCT 1°	PCT 2°
Cultivar (C)	7,265*	11,742 ^{ns}
Salinidade (S)	10,770**	7,947 ^{ns}
Regressão Linear	42,559**	27,223*
Regressão Quadrática	0,356 ^{ns}	4,238 ^{ns}
Desvio de regressão	0,083 ^{ns}	0,163 ^{ns}
Interação (C) x (S)	1,357 ^{ns}	1,093 ^{ns}
Bloco	5,111	20,432
Resíduo	1,050	4,203
C.V. (%)	11,86	22,58
Médias para níveis salinos		
0,9 dS m ⁻¹	9,989	10,569
1,6 dS m ⁻¹	9,398	9,620
2,6 dS m ⁻¹	8,853	8,650
3,6 dS m ⁻¹	7,873	8,209
4,6 dS m ⁻¹	7,105	8,358
Médias para cultivar		
SP 81 3250	8,217b	8,539a
RB 92 579	9,070a	9,623a

** Significativo com 1%, * significativo com 5%, ^{ns} não significativo, C.V. (%) – coeficiente de variação

Observando os valores médios para os níveis salinos (Tabela 4), verifica-se um aumento no PCT de um ciclo para o outro, as plantas que receberam o maior nível salino ($4,6 \text{ dS m}^{-1}$) tiveram no primeiro ciclo o valor médio de $7,105 \text{ kg}$; já no segundo ciclo, obtiveram o valor médio de $8,358 \text{ kg}$ no PCT, um acréscimo de 15% ($1,253 \text{ kg}$). As condições climáticas registradas ao longo do período experimental, principalmente a ocorrência das precipitações, podem ter contribuído para amenizar o estresse salino sobre a cultura devido, possivelmente, ao processo de lixiviação dos sais na água de drenagem, favorecido pela boa drenabilidade do solo, fazendo com o que variáveis de produção, mais precisamente no PCT, tivesse um acúmulo maior no segundo ciclo de cultivo.

O modelo que melhor descreveu o comportamento da planta nas variáveis estudadas foi o linear (Tabela 4). Denota-se, nesta tabela, que a interação não surtiu efeito na produtividade de colmos. Na Figura 6 tem-se o modelo de regressão polinomial referente ao PCT da cana-de-açúcar cultivada com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação no primeiro e segundo ciclos. O modelo que melhor descreveu tal comportamento foi o linear.

Nessas condições, é viável o uso da irrigação com água de níveis de condutividade elétrica crescentes até $4,6 \text{ dS m}^{-1}$, na cultura da cana-de-açúcar, mais precisamente nas cultivares RB92579 e SP81-3250 no segundo ciclo de cultivo, sem que ocorram maiores prejuízos em variáveis de produção. Pelo fato da não significância, tanto dos níveis salinos como da interação entre os fatores “Cultivar x Salinidade”, não foi possível realizar a classificação em referência à tolerância das cultivares, com base em critérios contidos em Fageria (1985); no entanto, notou-se superioridade da RB 92579 para o PCT, conforme já citado.

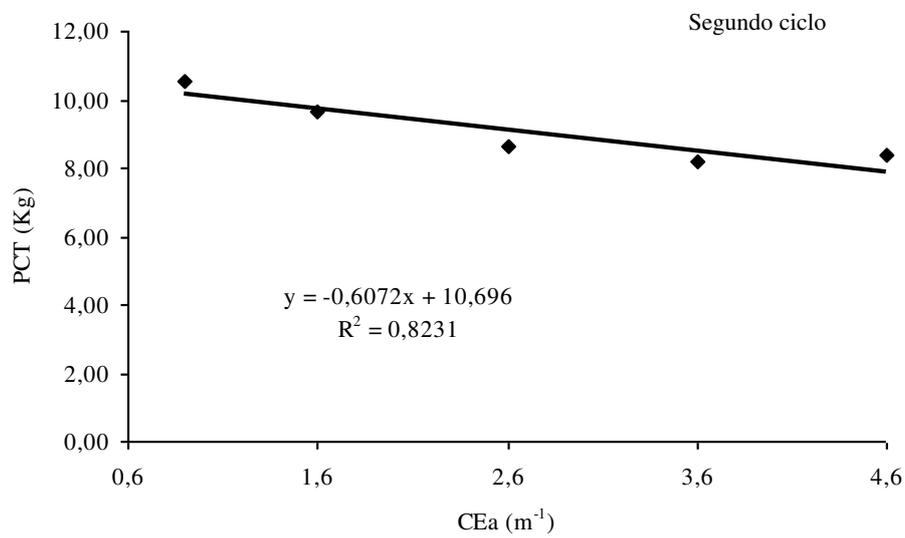
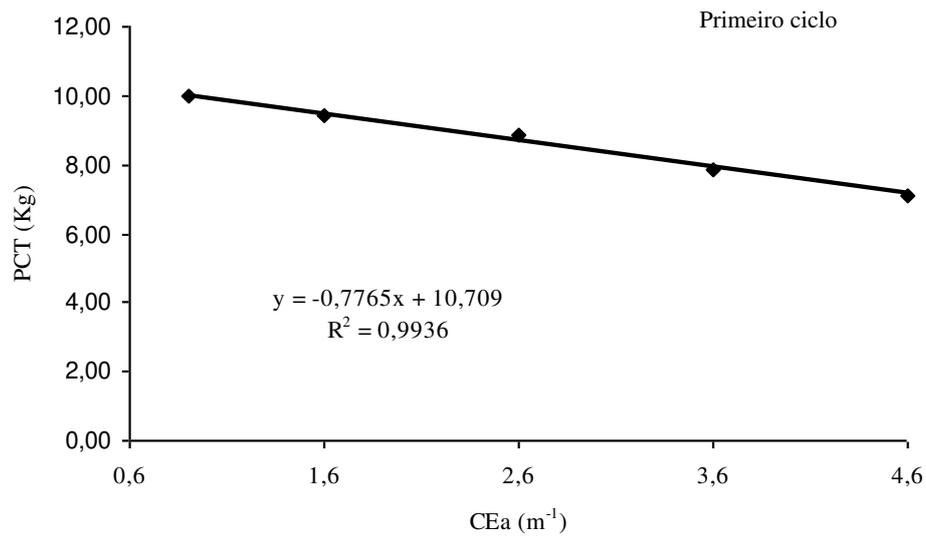


Figura 6. Peso de colmo por touceira (PCT) da cana-de-açúcar irrigada com águas salinizadas no primeiro e segundo ciclos. UFCG, Campina Grande, PB, 2013.

5.3 Índices tecnológicos da cana-de-açúcar

Nas Tabelas 5 e 6 encontram-se o resumo de análise de variância dos índices tecnológicos (qualidade industrial) da cana-de-açúcar no primeiro e segundo ciclos, respectivamente. As variáveis estudadas dos índices tecnológicos foram: °Brix, sacarose polarizada (pol), pureza (PZA), fibra (FIB), pol da cana corrigida (PCC) e açúcares totais recuperáveis (ATR). No primeiro ciclo, verificou-se que houve efeito significativo pelo teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) do fator cultivar no °Brix, na pol, na fibra, PCC e ATR; a pureza não foi influenciada pelo fator cultivar. Portanto a cultivar RB92579 obteve um incremento superior a cultivar SP 81-3250 no °Brix em 4,58% (0,98 °Brix), na pol em 5,60% (1,04% pol), na pureza com 1,03% (0,90% PZA), no PCC com 7,27% (1,15% PCC) e no ATR com 5,78% (8,88 kg t⁻¹), apenas no índice fibra a cultivar SP 81-3250 se destacou em 8,35% (1,05% FIB). As variáveis dos índices tecnológicos não se ajustaram a nenhum dos modelos de regressão polinomial testado, embora foram influenciadas pela cultivar. (Tabela 5).

No segundo ciclo, as variáveis dos índices tecnológicos não sofreram influências no fator cultivar, mas as variáveis fibra e pureza se adequaram aos modelos de regressão polinomial estudados linear e quadrático, respectivamente; as variáveis °Brix, pol, PCC e ATR, não se ajustaram a nenhum dos modelos de regressão polinomial testado. Comparando as médias pelo teste Tukey, verificou-se maior °Brix, pol, fibra, PCC e ATR para a RB92579 em relação a SP81-3250, com um aumento de 1,91, 1,86, 0,90 e 1,92%, respectivamente. (Tabela 6). Em ambos os ciclos, os níveis salinos da água de irrigação e a interação entre os fatores, foram não significativos estatisticamente. Farias (2006) afirmou que em todo o Brasil a cana-de-açúcar tem sido remunerada pela sua qualidade industrial de modo que, quanto melhor as características qualitativas da matéria-prima, maior é o preço pago por tonelada de cana-de-açúcar.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para a qualidade industrial da cana-de-açúcar (°Brix¹, sacarose polarizada², pureza³, fibra⁴, pol da cana corrigida⁵ e açúcares totais recuperáveis⁶) primeiro ciclo. UFCG, Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	Quadrado médio					
	°Brix ¹	Pol ²	PZA ³	FIB ⁴	PCC ⁵	ATR ⁶
Cultivar (C)	9,604*	10,836*	8,082 ^{ns}	11,025*	13,328**	791,299**
Salinidade (S)	0,775 ^{ns}	1,698 ^{ns}	7,661 ^{ns}	0,195 ^{ns}	1,267 ^{ns}	40,419 ^{ns}
Regressão Linear	0,032 ^{ns}	0,307 ^{ns}	4,787 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,180 ^{ns}	4,190 ^{ns}
Regressão Quadrática	0,365 ^{ns}	0,187 ^{ns}	0,244 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,124 ^{ns}	47,906 ^{ns}
Desvio de regressão	1,351 ^{ns}	3,149 ^{ns}	12,808 ^{ns}	0,380 ^{ns}	2,382 ^{ns}	54,790 ^{ns}
Interação (C) x (S)	1,706 ^{ns}	1,840 ^{ns}	3,355 ^{ns}	1,605 ^{ns}	1,163 ^{ns}	64,064 ^{ns}
Bloco	4,575	4,272	1,427	3,006	3,348	219,002
Resíduo	1,989	2,058	4,509	1,518	1,563	98,599
C.V. (%)	6,75	7,93	2,46	10,23	8,17	6,65
Médias para níveis salinos						
0,9 dS m ⁻¹	20,800	17,781	85,361	12,047	15,036	150,077
1,6 dS m ⁻¹	21,275	18,668	87,620	11,998	15,835	151,435
2,6 dS m ⁻¹	20,475	17,517	85,521	11,907	14,866	145,548
3,6 dS m ⁻¹	20,825	18,068	86,751	12,308	15,210	148,883
4,6 dS m ⁻¹	21,125	18,391	87,018	11,960	15,586	150,208
Médias para cultivar						
SP81-3250	20,410b	17,565b	86,005a	12,569a	14,729b	144,783b
RB92579	21,390a	18,606a	86,904a	11,519b	15,884a	153,670a

** Significativo com 1%, * significativo com 5%, ^{ns} não significativo, C.V. (%) – coeficiente de variação

Tabela 6. Resumo da análise de variância para a qualidade industrial da cana-de-açúcar (°Brix¹, sacarose polarizada², pureza³, fibra⁴, pol da cana corrigida⁵ e açúcares totais recuperáveis⁶) segundo ciclo. UFCG, Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	Quadrado médio					
	°Brix ¹	Pol ²	PZA ³	FIB ⁴	PCC ⁵	ATR ⁶
Cultivar (C)	1,892 ^{ns}	1,857 ^{ns}	0,038 ^{ns}	0,114 ^{ns}	1,066 ^{ns}	97,781 ^{ns}
Salinidade (S)	0,648 ^{ns}	0,528 ^{ns}	6,163 ^{ns}	2,702 ^{ns}	0,285 ^{ns}	18,201 ^{ns}
Regressão Linear	1,624 ^{ns}	0,430 ^{ns}	0,273 ^{ns}	7,818*	0,058 ^{ns}	22,940 ^{ns}
Regressão Quadrática	0,280 ^{ns}	1,392 ^{ns}	18,958*	1,515 ^{ns}	0,423 ^{ns}	5,897 ^{ns}
Desvio de regressão	0,344 ^{ns}	0,144 ^{ns}	2,711 ^{ns}	0,738 ^{ns}	0,329 ^{ns}	21,983 ^{ns}
Interação (C) x (S)	1,269 ^{ns}	1,108 ^{ns}	6,193 ^{ns}	1,309 ^{ns}	1,202 ^{ns}	84,331 ^{ns}
Bloco	0,307	0,285	5,321	0,585	0,228	14,843
Resíduo	1,186	1,148	3,650	1,135	0,854	63,301
C.V. (%)	4,83	5,42	2,18	8,98	5,51	4,94
Médias para níveis salinos						
0,9 dS m ⁻¹	22,062	19,348	86,883	11,158	16,623	158,915
1,6 dS m ⁻¹	22,675	19,933	87,896	11,367	17,066	162,455
2,6 dS m ⁻¹	22,487	20,005	88,966	12,171	16,892	160,051
3,6 dS m ⁻¹	22,700	19,840	87,388	12,523	16,650	162,062
4,6 dS m ⁻¹	22,762	19,762	86,845	12,143	16,696	161,788
Médias para cultivar						
SP81-3250	22,320a	19,562a	87,627a	11,819a	16,622a	159,491a
RB92579	22,755a	19,993a	87,565a	11,926a	16,949a	162,618a

** Significativo com 1%, * significativo com 5%, ^{ns} não significativo, C.V. (%) – coeficiente de variação

Nas Figuras 7 e 8 encontram-se os modelos de regressão polinomial, em função dos níveis salinos da água de irrigação disponibilizada para a planta, as que melhor se ajustaram aos índices tecnológicos da cana-de-açúcar, foram pureza e fibra, respectivamente.

Pela Figura 7 verifica-se o efeito da salinidade na pureza, no segundo ciclo de cultivo, em que o modelo quadrático foi o melhor que se ajustou aos dados; analisando a mesma figura denota-se que a maior pureza 88,96 % foi encontrada na cana irrigada com a salinidade de 2,6 dS m⁻¹ e a menor pureza 86,84% foi encontrada com a salinidade de 4,6 dS m⁻¹. Os dados referentes à variável fibra, segundo ciclo de cultivo, se encontram na Figura 8; nos quais o tratamento salino com 3,6 dS m⁻¹ alcançou o maior valor de fibra 12,52% e a irrigação salina com 0,9 dS m⁻¹ obteve a menor porcentagem de fibra com 11,15%. Observa-se que o modelo linear foi que melhor se ajustou aos dados. Com a reposição de 100% da ETc, Farias (2006) verificou valor máximo de pureza de 90,47% e redução de fibra com valor de 13,73%.

O °Brix, pol, PCC e ATR do caldo da cana-de-açúcar em função dos níveis salinos da água de irrigação nos dois ciclos estudados não se ajustaram a nenhum dos modelos de regressão testados; mas houve efeito no fator cultivar, como pode ser observado na análise de variância (Tabela 5), apenas no primeiro ciclo; o °Brix da cana-de-açúcar, com média para os níveis salinos de 20,90% e 22,53%; o pol com 18,08% e 19,77%; o PCC 15,30% e 16,78% e o ATR com 149,23 kg t⁻¹ e 161,05 kg t⁻¹ todos para o primeiro e segundo ciclos, respectivamente.

Sendo assim, nota-se que o segundo ciclo de cultivo apresentou melhor qualidade industrial da cana-de-açúcar devido, possivelmente, a ocorrência de precipitações elevadas durante o ano de cultivo, amenizando o estresse salino sobre a cultura favorecendo o processo de lixiviação dos sais na água de drenagem, favorecido pela boa drenabilidade do solo. Farias (2006), com a reposição de 100% da ETc verificou-se valores máximos de °Brix (20,82%), pol (18,45%), PCC (15,45%), ATR (147,47 kg t⁻¹). Oliveira et al. (2011) encontraram, no ambiente irrigado, que o °Brix foi 20,00%, aumentando para 21,1% no ambiente de sequeiro, comportamento semelhante ao desta pesquisa.

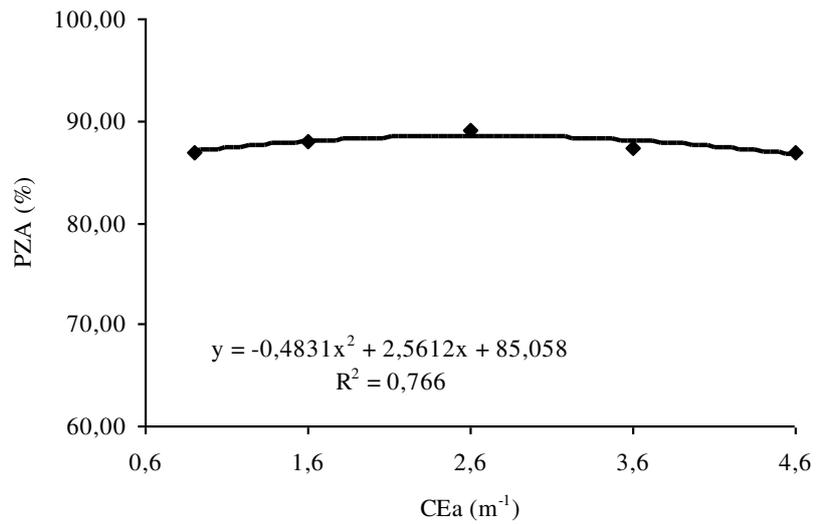


Figura 7. Pureza da cana-de-açúcar, em função dos níveis salinos. UFCG, Campina Grande, PB, 2013.

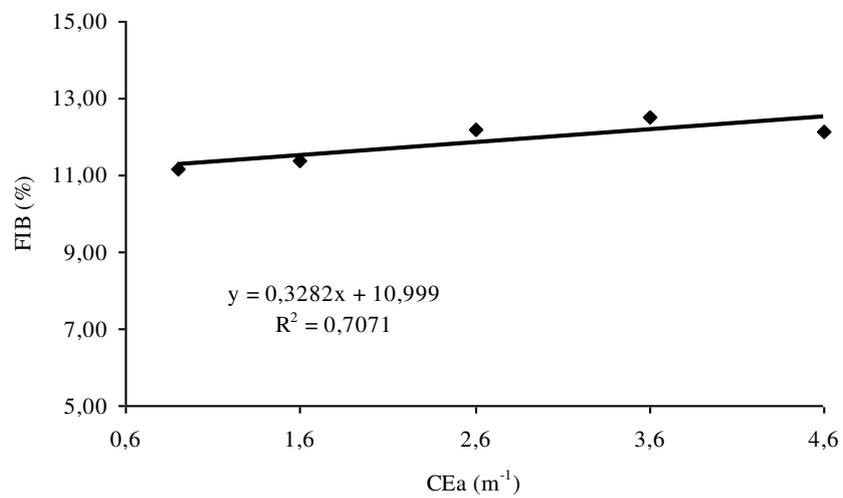


Figura 8. Fibra industrial da cana-de-açúcar, em função dos níveis salinos. UFCG, Campina Grande, PB, 2013.

6. CONCLUSÕES

As cultivares RB92579 e SP81-3250 diferiram em altura de planta por touceira (APT) aos 68 e 107 dias após a brotação (DAB) e diâmetro de colmo por touceira (DCT) aos 182 DAB.

O incremento salino na água de irrigação até 4,6 dS m⁻¹ prejudicou a APT, comprometida aos 68, 107, 147, 182 e 296 DAB; porém o DCT obteve melhores valor aos 107 e 147 DAB com 0,9 dS m⁻¹.

A interação entre os fatores “Cultivar x Salinidade” não foi significativa para nenhuma variável analisada.

O uso da irrigação com água de níveis até 4,6 dS m⁻¹, não prejudica o peso de colmos por touceira (PCT) nas cultivares RB92579 e SP81-3250 no segundo ciclo de cultivo.

°Brix, pol, fibra, PCC e ATR, no primeiro ciclo são os índices tecnológicos da cana-de-açúcar alterados pelo fator cultivar, em que a RB92579 se destaca. No segundo ciclo, nenhum índice tecnológico apresentou diferenciação significativa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALVES, F. A. L.; SILVA, S. L. F.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A.; Mecanismos fisiológicos envolvidos com a diminuição de K⁺ em raízes de cajueiro causada por NaCl. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 04, p. 588-595, 2009.

ALVAREZ, R.; WUTKE, A. C. P.; ARRUDA, H. V.; VAN RAIJ, B.; GOMES, A.C.; ZINK, F. Adubação da cana-de-açúcar: XIV. Adubação NPK em latossolo roxo. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n.2, p 359-374,1991.

ANDREOLI, C.; SOUZA, S. P. de Cana-de-açúcar: a melhor alternativa para conversão da energia solar e fóssil em etanol. **Revista Economia & Energia**, v. 2, n. 59, p. 27-33, 2006.

ASHRAF, M. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. **Biotechnology Advances**, New York, v. 27, p. 84–93, 2009.

AZEVEDO, H. M. **Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. 2002, 110p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2002.

BARBOSA, G. V. S.; SOUZA, A. J. R.; SANTOS, A. V. P.; A. M. C.; RIBEIRO, C.A.G.; BARRETO, E. J. S.; MOURA FILHO, G.; SOUZA, J. L. FERREIRA, J. L. C.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; SILVA, W.C.M. **Três novas variedades RB de cana-de-açúcar**. Rio Largo: UFAL/ CECA/PMGCA; Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar, 2003. 18p.:il (Boletim Técnico, n. 2).

BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. V. H.; RUIZ, H. A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1 ,p. 59-64,. 2004.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625p.

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; SANTOS, F. J. S.; GURGEL, M. T.; NOBRE, R. G. Germinação, formação de porta-enxertos e enxertia de cajueiro anão precoce, sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.420-424, 2002.

BLACKBURN, F. **Sugarcane**. Longman. London, UK.1984. p. 47-52.

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas: para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió-AL, 1998, 438p.

CARVALHO, C. M.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, C. T. S.; GOMES FILHO, R. R. Rendimento de açúcar e álcool submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 1, p. 72-77, 2009.

CARVALHO, C. M.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J.; MELO, E. P.; SILVA, C. T. S.; GOMES FILHO, R. R. Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha da cana-de-açúcar a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 4, p. 337-342, out./dez. 2008.

CAPONE, A.; LUI, J. J.; SILVA, T. R.; DIAS, M. A. R.; MELO, A. V. Avaliação do comportamento de quinze cultivares de cana-de-açúcar na região sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 2, n.3: p. 70-78, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**, quarto levantamento, abril de 2015 – Brasília, 2015.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia da cana-de-açúcar: avanço científico beneficia o país**. 20p. il., 2009.

COPERSUCAR. **Cooperativa de produtores de cana-de-açúcar e álcool do estado de São Paulo Ltda**. Boletim Técnico Copersucar: Edição Especial. São Paulo, 1995. 24p.

COSTA, C. T. S.; FERREIRA, V. M.; MENDES, L.; FERREIRA, D. T. R. G.; GONÇALVES, E. R. 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.

CRSPCTS/PB. **Manual técnico operacional**, 1997, 4 ed., 238p.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade da cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, H. M.; AZEVEDO, C. A. V. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.283–288, 2006.

DANTAS NETO, J.; TEODORO, I.; FARIAS, C. H. A. Fenologia da planta cana-de-açúcar. IN: **Curso de especialização em gestão na indústria sucroalcooleira. Sistema produtivo da cana-de-açúcar**. Campina Grande - PB, 2010. Cap. 3, p 21-38.

DELGADO, A. A.; CÉSAR, M. A. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Vol. II. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1977.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e Aplicados**. Fortaleza - CE: INCTSal, 2010. Cap. 9, p.130-141.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fase de cultivo. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Bioenergia, açúcar e álcool-tecnologia e perspectivas**. Viçosa - MG, 2010. Cap. 2, p 25-49.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 306 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33), 1994.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br/noticias/artigos/>>. Acesso em: 10 julho de 2015.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.Edição Trad.. Londrina: Editora Planta. 2006.392p.

FAGERIA, N. K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, v.88, p.237-243, 1985.

FARIAS. C. H. de A., **Otimização do uso da água e do zinco na cana-de-açúcar em Tabuleiro Costeiro Paraibano**. 2006. 142p. Tese (Doutorado Temático em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2006.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 356-362, 2008.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; DANTAS NETO, J. Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 419-428, 2009.

FERNANDES JÚNIOR, A. R.; GANEM JÚNIOR, E. J.; MARCHETTI, L. B. L.; URASHIMA, A. S. Avaliação de diferentes tratamentos térmicos no controle do raquitismo-da-soqueira em cana-de-açúcar. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n.1, p. 60-64, 2010.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 66 p.

GARCÍA, M.; MEDINA, E. Crecimiento y morfología radical en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) sometidos a salinización con sales simples o suplementadas con cálcio. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.27,n.1, p. 17-38, 2010.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. **Sugarcane**. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. Crop-water relations. New York: John Wiley. 1983. 547p.

GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. In: **Estresses Ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE: Imprensa universitária, 2005, p. 95-105.

GRAÇA, J. P. **Avaliação de parâmetros fisiológicos em cultivares de cana-de-açúcar submetidas ao déficit hídrico**. 2009. 52p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Jaboticabal, 2009.

GOMES, I. A.; DANTAS, C. S; MARQUES, M. F.; MACEDO, C. E. C. Resposta de calos embriogênicos de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) a diferentes concentrações de cloreto de sódio. **Plant Cell Cult. Micropropag.**, v.5, n.2, p. 94-100, 2009.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V. ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.4, p. 378–386, 2010.

HASANUZZAMAN M.; ALAM, M. M.; RAHMAN A.; HASANUZZAMAN M.; NAHAR K.; FUJITA, M. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **BioMed Research International**, Juazeiro do Norte, v. 1, p. 1-17, 2014.

HUSSAIN, A.; KHAN, Z. I.; ASHRAF, M.; RASHID, M. H.; AKHTAR, S. Effect of salt stress on some growth attributes of sugarcane cultivars CP-77-400 and COJ-84. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.6, n.1, p.188-191, 2004.

INMAN-BAMBER, N. G.; BONNETT, G. D.; SMITH, D. M.; THORBURN, P. J. Sugarcane physiology: integrating from cell to crop to advance sugarcane production. **Field Crops Research**, v.92, p.115-117, 2005.

INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO (CENTEC). **Produtor de cana-de-açúcar**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 64p. il., 2004 (Cadernos Tecnológicos).

JAMES, R. A.; BLAKE, C.; ZWART, A. B.; HARE, C. R. A.; RATHJEN, A. J.; MUNNS, R. Impact of ancestral wheat sodium exclusion genes *Nax1* and *Nax2* on grain yield of durum wheat on saline soils. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 39, p. 609–618, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos. Ed. Rima Artes e Textos, 531 p, 2000.

LINGLE, S.; WIEDENFELD, R.; IRVINE, Y. J. Sugar cane response to saline irrigation water. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n.4, p.469-486, 2000.

LMRS/PB. **Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba**. 2007.

MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**, New York, v.1, p.12-36, 1986.

- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**; New York, v.103, n. 2, p.115-134, 1977.
- MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, p.1575-1582, 2009.
- MARCUM, K.B. Salinity tolerance of 35 bentgrass cultivars. **Hortscience**, v.36, n.2, p.374-376, 2001.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environment**, Oxford, v. 25, p. 239–250, 2002.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v.167, p. 645-663, 2005.
- MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops – what is the cost? **New Phytologist**, Cambridge, v. 208, p. 668-673, 2015.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.59, p.651-681, 2008.
- NADIAN, H.; NATEGHZADEH, B.; JAFARI, S. Effects of salinity and nitrogen fertilizer on some quantity and quality parameters of sugar cane (*Saccharum* sp.). **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.10, n.1, p. 470-474, 2012.
- NEVES, G. Y. S.; MARCHIOSI, R.; FERRARESE, M. L. L.; SIQUEIRASOARES, R. C.; FERRARESE-FILHO, O. Root growth inhibition and lignification induced by salt stress in soybean. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v. 196, n. 6, p. 467–473, 2010.
- NOGUEIRA, G. **Uso de variedades por produtores de cana independentes**. 2011. Disponível em: stab.org.br/impurezas/04.pdf. Acesso em: 22 de outubro de 2015.
- OCA, P. M.; MATA, R.; CHAVES, M. A. Respuestas de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp*) a tres concentraciones de sal en um vertisol de guanacaste. **Agronomía Costarricense**, v. 20, n.2; p 135-140, 1996.

OLIVEIRA, F. M.; ASPIAZÚ, I.; KONDO, M. K.; BORGES, I. D.; PEGORARO, R. F.; VIANNA, E. J. Crescimento e produção de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e estresse hídrico. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n.1, p 56, 2011.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, A. C.; SIMÕES NETO, D. U.; ROCHA, A. T.; CARVALHO, L. A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 617-625, 2011.

PADATE, V. Y., BHARGAVA, S., SUPRASANNA, P. Salt and drought tolerance of 4 sugarcane under iso-osmotic salt and water stress: growth, osmolytes accumulation, 5 and antioxidant defense. **Journal of Plant Interactions**, Berlin, v. 6, p. 275-282, 2011.

PADATE, V. Y.; SUPRASANNA, P.; BAPAT, V. A. Effects of salt stress on relation to osmotic adjustment on sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) callus cultures. **Plant Growth Regulation**, v. 55, p. 169-173, 2008.

PINCELLI, R. P. **Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas**. 2010. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Botucatu, 2010.

PLAŽEK, A., TATRZAŃSKA, M., MACIEJEWSKI, M., KOŚCIELNIAK, J., GONDEK, K., BOJARCZUK, J., DUBERT, F. Investigation of the salt tolerance of new Polish bread and durum wheat cultivars. **Acta Physiologiae Plantarum**, Krakow, v. 35, n. 8, p. 2513-2523, 2013.

RANA & KATERJI. Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: A review. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 13, p. 125-153, 2000.

RAVANELI, G. C.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Efeitos do desponte e das épocas de colheita sobre parâmetros tecnológicos em cana-de-açúcar. **Científica**, v.32, n.2, p.185-190, 2004.

RENGASAMY, P. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils, **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 37, p. 613–620, 2010.

RENGASAMY P. Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 42, p. 351-361, 2002.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48).

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000, 117p. Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem.

RIBEIRO, A. M. A.; PINTO, K. S.; SILVA, M. M. A.; MORAIS, M. B.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. G. **Comportamento da cana-de-açúcar, cultivar RB 867515 sob estresse salino**. In: X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX– UFRPE: Recife, 18 a 22 de outubro, 2010.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D. C., U. S. Salinity Laboratory, 1954 160p. (USDA Agriculture Handbook, 60).

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, Instituto de Biociências, 1995.101p.

ROZEFF, N. Sugarcane and Salinity - A Review Paper. **Sugarcane**, n.5, p.8-19. 1995.

SALOMÉ, J. L.; SAKAI, R. H.; AMBROSANO, E. Viabilidade econômica da rotação de adubos verdes com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 116-119, 2007.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. M.; ALVES, G. D. Capacidade de suprimento de nitrogênio e resposta à fertilização de vinte solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19 p.269-279, 1995.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J.; SOUSA, A. M. G.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1470-1476, 2007.

- SANTANA, M. S.; OLIVEIRA, F. J.; MELO, L. J. O. T. Correlações genéticas em alguns clones RB e em variedades de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p.460-467, 2010.
- SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E. NÓBREGA, J. C. M. (org.) **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.
- SHOMEILI, M.; NABIPOUR, M.; MESKARBASHEE, M.; MEMARI, H. R. Effects of gibberellic acid on sugarcane plants exposed to salinity under a hydroponic system. **African Journal of Plant Science**, v. 5, n. 10, p. 609-616, 2011.
- SILVA, A. B.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, H. M. Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar irrigada sob adubações de nitrogênio e potássio em cobertura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 236-241, 2009.
- SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S. CARMO, J. F. A.; SOUZA, L. S.B. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, n.3, p.500-509, 2012.
- SIMÕES, M.S.; ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A.C. Growth indices and productivity in sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 23-30, 2005.
- SOARES, W. R.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. M. N. Coeficientes de cultura no estágio de desenvolvimento ($K_{c_{ini}}$) para diferentes texturas de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 218-226, 2001.
- SOUSA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RAFAEL, V. R. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.6, p.586-592, 2011.
- SOUZA, A. E. R.; OLIVEIRA, F. J.; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J.; MELO FILHO, P. A.; MELO, L. J.O. T.; TABOSA, J. N. Seleção de famílias RB visando à alta produtividade e precocidade na maturação em cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.70, n.4, p.788-795, 2011.

SOUTO FILHO, L. T. **Crescimento e produção de dois genótipos de cana-de-açúcar com suplementação de regas com águas salinizadas**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, Porto Alegre, ARTMED. 5º ed., 2013, 918p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TESTER, M.; BACIC, A. Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. **Plant Physiology**, v.137, p.791–793, 2005.

TESTER M.; DAVENPORT, R. J. Na⁺ transport and Na⁺ tolerance in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, p. 503–527, 2003.

UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=UNICA%20em%20ação&SubSecao=cana-de-açúcar>. Acesso em: 23/09/2007.

VALE, D. W.; PRADO, R. M.; AVALHÃES, C. C.; HOJO, R. H. Omissão de macronutrientes na nutrição e no crescimento da cana-de-açúcar cultivada em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n.2, p.189-196, abr.-jun., 2011.

VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G.; LIMA JÚNIOR, A. R.; QUEIROZ, J. E.; FAUSTO, M. J. M. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p. 216-222, 2001.

WAHID, A. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v.45, p.133-141, 2004.

WIEDENFELD, B. Effects of irrigation water salinity and electrostatic water treatment for sugarcane production. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 95, p. 85-88, 2008.

WILLADINO, L.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; SILVA JUNIOR, E. A.; GOUVEIA NETO, A.; CAMARA, T.R. Estresse salino em duas variedades de cana-de-açúcar: enzimas do sistema antioxidativo e fluorescência da clorofila. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 417-422, 2011.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought and stress tolerance. **Journal of Plant Physiology**, special issue, p.187-206, 2003.

ZIA, A.; GUO, B.; ULLAH, I.; AHMAD, R.; KHAN, M. A.; ABBASI, B. H.; WEI, Y. Salinity tolerance and site of K⁺ accumulation in four maize varieties grown in Khyber Pakhtoonkhwa region of Pakistan. **Journal of Medicinal Plants Research**, Nsukka, v. 5, n. 25, p. 6040-6047, 2011.