

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOSÉ WIBISON FERREIRA DOS SANTOS

**EFICIÊNCIA E UNIFORMIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇUCAR**

RIO LARGO – AL

2021

JOSÉ WIBISON FERREIRA DOS SANTOS

**EFICIÊNCIA E UNIFORMIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇUCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Campus de Engenharia e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Lúgia Sampaio Reis

RIO LARGO – AL

2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana

S237e Santos, José Wibison Ferreira dos.

Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cana-de-açúcar. / José Wibison Ferreira dos Santos. – 2021.

39 f.: il.

Orientador(a): Lígia Sampaio Reis.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Curso de Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio largo, 2021.

Inclui Bibliografia

1. Eficiência de aplicação de água. 2. Irrigação. 3. Gotejamento.

CDU:633.61



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOSÉ WIBISON FERREIRA DOS SANTOS

**EFICIÊNCIA E UNIFORMIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇUCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Campus de
Engenharia e Ciências Agrárias
da Universidade Federal de
Alagoas como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel
em Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 07 de maio 2021.

Banca examinadora

Lúgia Sampaio Reis

Prof.^a Dr.^a Lúgia Sampaio Reis

Orientadora

Reinaldo de Alencar Paes

Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes

Avaliador

Mirandy dos Santos Dias

MSc. Mirandy dos Santos Dias.

Avaliador

JOSÉ WIBISON FERREIRA DOS SANTOS

**EFICIÊNCIA E UNIFORMIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à
Coordenação do curso de Agronomia, da Universidade
Federal Alagoas, e aprovado no dia 07 de maio de 2021.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Lígia Sampaio Reis

Banca Examinadora:



Prof.^a Dr.^a Lígia Sampaio Reis

(Orientadora)



Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes

(Examinador)



Mirandy dos Santos Dias.

Doutorando (Universidade Federal de Campina Grande)

Dedicatória:

Dedico esse trabalho ao meu amigo, José da silva neto tiramos esse sonho incomum.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde e forças para continuar, pelo objetivo alcançado e por me abençoar todos os dias. Aos meus pais, Creuza Maria da Conceição e José Ademar Ferreira dos santos, pelo apoio, o amor concedido e incentivo em todos os momentos.

Aos meus irmãos, irmãs e cunhada! A mais velha Keyla Maria dos Santos Ferreira, pelo amor, apoio e por me ajudar sempre no que eu preciso. Ao meu irmão Walison Ferreira dos santos, pelo amor, apoio e por me ajudar sempre, aos incentivos, conselhos e broncas. José Wilisson Ferreira dos Santos, pelo amor, apoio e pelas palavras de conforto. Maria Jéssika Ferreira dos Santos, pelo amor, apoio e por me emanar forças constantemente. Darlen por toda a força e apoio.

Aos meus amigos e colegas de turma, por me lembrarem das provas, trabalhos e pelo apoio que sempre me deram. Pelo encorajamento, pois precisava sair para pegar ônibus e entender que as vezes a aula a tarde iria cair no dia da minha folga.

A minha orientadora, professora Dr^a. Lígia Sampaio Reis, por me receber como orientado, confiar em meu trabalho e incentivar os estudos. Pelos ensinamentos e conselhos que sempre vieram para somarem.

A Usina Coruripe, por todo o apoio e por ter contribuído com a realização deste trabalho;

A todos os professores do campus de engenharias e ciências agrárias, que sempre me passaram conhecimento, que contribuíram para a minha formação;

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigado!

RESUMO

No início do século XVI, a cana-de-açúcar chega a território brasileiro se tornando um dos mais importantes cultivos desenvolvidos no país. A cultura da cana-de-açúcar apresenta grande importância econômica e social para o Brasil, fazendo com que, se torne o maior produtor e exportador do mundo; ocupando o primeiro lugar no ranking de produção e exportação do planeta. Adequada aos climas tropicais e subtropicais, a cana-de-açúcar se encaixa entre as gramíneas que possui uma capacidade maior de absorção de água, com caules fibrosos e robustos que são abundantes em sacarose. Existem dois produtos essenciais que são produzidos pelo alto teor de sacarose, que são: o açúcar e o álcool. O açúcar é fundamental para a alimentação humana, e o álcool, conhecido também por etanol, é utilizado para abastecer carro, assim como, usado nas bebidas alcoólicas como vinho, cerveja e a cachaça. A produção dessa cultura vem apresentando aumento significativo a cada ano em decorrência da implantação de novas unidades em vários estados brasileiros que necessita de elevada disponibilidade de água no decorrer do estágio vegetativo, a fim de obter o rendimento adequado, a deficiência de água na fase inicial influencia o rendimento da cana-de-açúcar, reduzindo principalmente o porte das plantas; tradicionalmente, as usinas não utilizam irrigação(o que é de elevada importância na redução de impactos ambientais). A produção no território é realizada praticamente sem o uso de irrigação. Entretanto, o uso da eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cana-de-açúcar ainda que limitado está crescendo devido ao déficit hídrico. A adoção de um sistema de irrigação aumenta o benefício do aproveitamento da água, entre eles, destaca-se a irrigação por gotejamento, pela sua capacidade de eficiência da utilização da água, e também, pela capacidade de levar nutrientes para as plantas, aplicação de adubos e produtos químicos.

Palavras chaves: eficiência de aplicação de água. Irrigação. Gotejamento. Superfície.

ABSTRACT

At the beginning of the 16th century, sugar cane reached Brazilian territory, becoming one of the most important crops developed in the country. The culture of sugarcane has great economic and social importance for Brazil, making it the largest producer and exporter in the world; occupying the first place in the production and export ranking of the planet. Suitable for tropical and subtropical climates, sugar cane fits among grasses that have a greater water absorption capacity, with fibrous and robust stems that are abundant in sucrose. There are two essential products that are produced by the high content of sucrose, which are: sugar and alcohol. Sugar is essential for human consumption, and alcohol, also known as ethanol, is used to fuel cars, as well as used in alcoholic beverages such as wine, beer and cachaça. The production of this crop has shown a significant increase every year due to the implantation of new units in several Brazilian states that need high water availability during the vegetative stage, in order to expose the adequate yield, the water deficiency in the initial phase. influences sugarcane yield, mainly reducing plant size; traditionally, plants do not use irrigation (which is of great importance in reducing environmental impacts). Production in the territory is carried out practically without the use of irrigation. However, the use of the efficiency and uniformity of a drip irrigation system in sugarcane culture, although limited, is growing due to water deficit. The adoption of an irrigation system increases the benefit of the use of water, among them, drip irrigation stands out, for its efficiency in the use of water, and also, for the ability to bring nutrients to the plants, application of fertilizers and chemicals.

Keywords: water application efficiency. Irrigation. Drip. Surface.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Localização da Área de estudo	22
Figura 2 - Croqui explicativo da Metodologia Keller	23
Figura 3 – Procedimento de repetição, ao longo de quatro linhas	23
Figura 4 - Pratica I	24
Figura 5 - Repetição I	24
Figura 6 - Repetição II	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Interpretação dos valores do CUC, CUD e CUE	27
Tabela 2 - Valores de determinação de vazão (q) das linhas gotejadoras, para determinação dos coeficientes para cultura da cana de açúcar	28
Tabela 3 - Classificação do sistema de irrigação localizada.....	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	A cultura da cana-de-açúcar.....	16
2.2	Importância econômica.....	18
2.3	Irrigação na cana-de-açúcar	19
2.4	Necessidade hídrica da cana-de-açúcar	19
2.5	Irrigação localizada por gotejamento	21
2.6	Fatores que interferem na uniformidade da irrigação.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	Local e Instalação do trabalho.....	24
3.2	Avaliação	28
4	RESULTADOS E DISCURSÃO	31
5	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma commodity agrícola que mais cresceu nos últimos anos. Além da potencialidade econômica, devido à utilização na produção de etanol e de açúcar refinado, com valor econômico elevado, a cultura ainda desempenha grande importância social na geração de empregos e renda, durante a cadeia produtiva (CRISPIM et al., 2014).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e líder de exportação, responsável por mais de 50% dos produtos derivados que são comercializados no mundo, dentre eles, açúcar e etanol (CORDEIRO JÚNIOR et al., 2019).

A produção dessa cultura vem aumentando significativamente a cada ano em decorrência da implantação de novas unidades (FERNANDES JUNIOR et al., 2010). Segundo IBGE, CONAB, Sindaçúcar-AL, entre outros, a área nacional plantada com cana-de-açúcar em 2020 foi de 8,5 milhões de ha, com produção de 642,7 toneladas. O Nordeste corresponde a 886 mil há em área com uma produção de 2,6 milhões de toneladas. Neste cenário, Alagoas é o Estado do Nordeste de maior participação com 3,88% da área nacional plantada e produção de 17,5 milhões toneladas.

A baixa participação da região nordeste na produção nacional indica que há carência de tecnologias para o cultivo da cana-de-açúcar, elemento este essencial para que o setor sucroalcooleiro possa atender às crescentes necessidades do mercado (ANDRADE JUNIOR et al., 2012).

Dentre esse aporte tecnológico, destaca a irrigação por gotejamento, devido a maior capacidade de eficiência do uso da água na agricultura, aplicando-se a lâmina de água na região da zona radicular das culturas, em pequenas intensidades e com alta frequência de aplicação (turno de rega chegando a quatro dias), mantendo-se a umidade do solo em torno da capacidade de campo (BERNARDO, 2006).

Para que uma irrigação seja mais eficiente é necessário que o sistema apresente um alto índice de uniformidade de aplicação da água, pois, uma vez implantado o projeto de irrigação, seguindo as recomendações do fabricante, é necessário confirmar as características do sistema em campo, avaliando-se vazão, uniformidade de distribuição de água e eficiência de irrigação (Neto et al. (2015),

Levando em consideração a importância do conhecimento desse aporte tecnológico na cultura da cana-de-açúcar, torna-se relevante pesquisas que visem avaliar o desempenho dos sistemas de irrigação utilizados no manejo da cana-de-açúcar. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cana-de-açúcar.

A importância social e econômica da cana-de-açúcar, deste modo se mostra principalmente na produção de álcool (para uso combustível, farmacêutico, etc.) e açúcar, bem como na geração de empregos diretos e indiretos, sendo utilizada também na produção de caldo de cana, melaço, rapadura, aguardente e forragem para alimentação animal (SEBRAE, 2007).

Esta cultura desempenha um papel de extrema importância para a economia do Brasil, sendo o país um dos maiores produtores mundiais, com 8,36 milhões de hectares de área cultivada e produção anual em torno de 558 milhões de toneladas de colmos (SILVA et al., 2012). A produção dessa cultura vem apresentando aumento significativo a cada ano em decorrência da implantação de novas unidades em vários estados brasileiros (FERNANDES JUNIOR et al., 2010), além do aumento da capacidade produtiva devido ao aperfeiçoamento dos sistemas de manejo, seleção de variedades mais produtivas e utilização da irrigação. Implementar a irrigação das culturas pode ser alternativa adequada para minimizar os riscos na produção agrícola no Noroeste Paulista (Schutze et al., 2013). Para a utilização eficiente da irrigação em cana-de-açúcar, é necessário se verificar para cada região produtora, a necessidade de água da cultura e a necessidade de irrigação, para que se possa obter em cada fase do ciclo de cultivo, o máximo em produtividade

Entre os diversos fatores abióticos, a deficiência hídrica deve ser destacada, pelos efeitos prejudiciais causados no desenvolvimento das plantas (VITORELLO et al., 2005). Como a água é limitante para o crescimento e fundamental para a fotossíntese, a produtividade das plantas depende da quantidade disponível deste recurso e da eficiência de seu uso pelo vegetal. Assim sendo, a disponibilidade hídrica do solo é um dos fatores ambientais que mais influenciam a produção da cana-de-açúcar, que necessita de grandes quantidades de água, uma vez que somente 30% do peso se constituem de massa seca e 70% de água, dependendo do estágio fenológico (RHEIN, 2012).

O potencial de viabilização da tecnologia da irrigação para a cana-de-açúcar é promissor. Inman-Bamber (2004), Dalri et al. (2008) e Andrade Junior et al. (2012) verificaram

que a utilização da irrigação na cana-de-açúcar resultou em maior crescimento da planta, densidade de colmo, índice de área foliar, além de acréscimo na produtividade agrícola e rendimento de açúcar o que, economicamente, viabiliza o uso da irrigação na cana-de-açúcar (Santos & Frizzone, 2006).

Cada sistema de irrigação apresenta características específicas no que diz respeito à manutenção da disponibilidade hídrica para a cultura, a qual também dependerá das características edafoclimáticas de cada região. Para a cana-de-açúcar, apesar de poucos estudos realizados e áreas instaladas, a irrigação por gotejamento superficial vem sendo apontado como o mais vantajoso, devido ao melhor aproveitamento de água e nutrientes, à redução da população de plantas daninhas, ao menor acúmulo de sais na superfície e a sua menor interferência nos tratos culturais e na colheita (GONÇALVES, 2010).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma cultura pertencente ao gênero *Saccharum officinarum* L., família Gramineae (Poaceae), classe das monocotiledôneas, típicas de climas quentes tropicais e subtropicais. Constituída formando touceira e composta por uma parte aérea e outra subterrânea dando origem as raízes e rizomas. As flores são pequenas, praticamente destituídas de perianto e protegida por brácteas e bractéolas secas, agrupadas em inflorescências. O fruto é seco, do tipo cariopse e com semente de endosperma numerosa (ARANHA; YAHN, 1987).

Desde épocas remotas que são cultivadas, é originária do sudeste da Ásia, provavelmente de Nova Guiné, onde a exploração canavieira assentou-se, a princípio, em relação à espécie *Saccharum officinarum*. O aparecimento de várias enfermidades e de avançada tecnologia imporaram a criação de novas variedades, as quais decorreram da obtenção do cruzamento da *S. officinarum* com as outras espécies do gênero *Saccharum* e, sucessivamente, através de retrocruzamentos com as ascendentes (AGROBYTE, 2008).

Considerada uma cultura semi-perene e com ciclos longos. É constituída principalmente por água e açúcares que se centralizam nos colmos, sendo o carboidrato principal a sacarose. Com formato cilíndrico, o colmo tem diâmetro e comprimento variado, fibroso e com teor de açúcar múltiplo, sobretudo em decorrência de fatores hídricos e térmicos. É composto por nós e entrenós, possuindo um maior acúmulo da sacarose nos entrenós (QUINTANA, 2010).

O tipo de raiz que a planta apresenta é fasciculada, estando presentes 85% de sua maior contração nas primeiras camadas. A matéria seca do sistema radicular e da parte aérea se variam, devido às condições ambientais (MACHADO, 1987; MOZAMBANI et. al., 2006).

A cana-de-açúcar é cultivada em áreas subtropicais, de 15° e 30° de latitude, sendo capaz de estender até 35° de latitude tanto ao norte quanto sul, sendo comercialmente produzida em territórios e mais de 70 países (LIMA, 2008). Há diversos fatores que interferem nos rendimentos dos canaviais, podem ser citados: ocorrência de pragas e doenças, baixa renovação das lavouras, plantio de variedades ultrapassadas e, o mais importante, deficiência hídrica (ANUÁRIO DA CANA, 2007). É cultivada em áreas de pequenas, médias e grandes propriedades, sendo por isto de grande relevância social e econômica para o Brasil e o mundo. Normalmente, a sua utilização em pequenas propriedades é destinada para a alimentação humana e animal, em contrapartida a produção das médias e grandes lavouras são destinadas a

fabricação de açúcar e álcool (COSTA, 2001; FREIRE, 2001; OLIVEIRA et al., 2002, 2004; GOMES, 2003).

A cultura da cana-de-açúcar tornou-se uma representatividade no agronegócio brasileiro, caracterizando a indústria sucroalcooleira cerca de 2% das exportações nacionais, da mesma forma que conseguiu reunir 6% dos empregos agroindustriais brasileiros e colaborar de maneira ativa para a expansão do mercado interno de bens de consumo (BOLOGNACAMPBELL, 2007; UNICA, 2008). O complexo sucroalcooleiro abrange, e sempre abrangeu lugar de importância no agronegócio brasileiro, fabricando açúcar e álcool combustível, além de vários outros gêneros de significativa relevância na economia nacional (DIAS NETO, 2000).

A importância da cana-de-açúcar para as indústrias brasileiras é irrefutável, apesar do país se sobressair no campo internacional por toda a tecnologia empregada nas distintas etapas de fabricação, a pesquisa científica tem ainda muito a ajudar para a ampliação do processo produtivo, desde a lavoura até a indústria (COSTA et al., 2007).

O desenvolvimento econômico de grande número de municípios brasileiros é decorrente de atividades voltadas ao agronegócio da cana-de-açúcar, por colaborar com a geração de empregos para trabalhadores rurais e por externar enorme competência de acumulação de valor à produção. Ademais, acredita-se que seja a matéria-prima mais favorável para a produção de biocombustível, devido ter potencial para diminuir de 70 a 90% ou mais de gases de efeito estufa (NGUYEN et al., 2007). Com uma demanda crescente, atualmente, por recursos energéticos para com substituição do petróleo, a cultura canavieira está se expandindo no Brasil, rumo até mesmo em regiões m ;Karcantes com déficits hídricos em algumas épocas do ano (GUIMARÃES, 2011).

Devido sua rusticidade, a cana apresenta alta capacidade de adaptação às distintas condições de solo. Contudo, é preferível evitar que o plantio se faça em solos rasos, com profundidade menor que um metro, solos mal drenados, encharcados ou que tenha tendência, excessivamente argilosos, arenosos e com baixa retenção de água, causando lixiviação dos nutrientes. Não é recomendado o plantio em solos que apresentem declividade maior que 15% (SEBRAE, 2007).

Dos inúmeros investimentos prováveis de ser realizada no manejo da cana-de-açúcar visando aumento considerável no seu rendimento, a irrigação requer destaque, podendo aumentar a produção sem a necessidade de expandir as áreas agrícolas (DALRI et al., 2008;

DALRI & CRUZ, 2002 e 2008; MATTIOLI et al., 1998). É necessária a adaptação desse sistema de irrigação para as condições de clima, solo, tratos culturais, mecanização e mão de obra utilizada no Brasil, assim como conhecer a adaptabilidade e o comportamento da cultura em resposta ao seu uso (QUINTANA, 2010).

2.2 Importância econômica

A cana-de-açúcar é cultivada em mais de 130 países, e o Brasil é um dos países de maior produção mundial, das quais a principal finalidade é para a produção de açúcar de diversos tipos para o consumo interno e para a exportação e de etanol para fins combustíveis e como aditivo na gasolina utilizada no país, que neste momento tem 25% de etanol anidro em sua composição, com um produto final mais limpo, contribuindo para a diminuição da poluição (AIA, 2014).

Além desses produtos, outros são alcançados como a aguardente, bebida tipicamente brasileira e que aos poucos vai obtendo mercado a nível internacional, e com ampla importância econômica em poucas regiões do Brasil, a exemplo de Minas Gerais, energia elétrica, por meio da geração de vapor com a queima do bagaço, para utilização na própria indústria e para venda às concessionárias de energia, se tornando neste momento uma fonte de renda relevante para as indústrias sucroenergéticas, e com demais coprodutos, como a vinhaça, gás carbônico, ácido cítrico, levedura, torta de filtro, lisina, gás carbônico, briquetes de bagaço, aglomerados MDF (BNDES/CGEE, 2008). Há conhecimento de mais de 180 produtos derivados da cana-de-açúcar, desde produtos fármacos a produtos de uso em vários segmentos indústrias (ICIDCA, 1999).

Tem enorme importância na composição do PIB brasileiro, que de acordo com Martins et al. (2012) o agronegócio da cana-de-açúcar colabora com cerca de um terço do produto interno bruto, tem destacada a importância social na geração de empregos diretos e indiretos, desenvolvimento de tecnologias através das empresas fornecedoras do setor, que também atendem outros países produtores. Para o estado de Mato Grosso, apesar de que seja um dos maiores produtores de grão do país (CONAB, 2014) a cana-de-açúcar tem dimensão significativa na sua economia, pois sua produção é suficiente para atender a demanda do estado em açúcar e etanol, com preços competitivos, possuindo em vista a distância do estado de Mato Grosso dos grandes polos produtores, e exportando o excedente para os estados da região norte, como Rondônia, Acre e Pará.

2.3 Irrigação na cana-de-açúcar

Os problemas causados pela redução da disponibilidade água do solo são comuns nos canaviais, mesmo ocorrendo em locais consideradas altamente úmidas, existe fator, como a má distribuição de chuvas pode, em alguns períodos, intervir no crescimento, desta forma o manejo de água adequado e estratégico durante todo o ciclo da cana-de-açúcar se torna aspecto de suma importância para ajudar no planejamento da produtividade, determinar a adoção de sistemas de irrigação e, eventualmente, aumentar a eficiência do uso da água no sistema de produção (INMAN-BAMBER & SMITH, 2005; DANTAS NETO et al., 2006).

Para a cultura da cana-de-açúcar, a necessidade hídrica é de 1500 a 2500 mm por ciclo vegetativo, e o manejo da irrigação deve-se analisar as tensões de água no solo, recomendadas para cada época do ciclo fenológico, todavia, precipitações pluviais anuais a começar de 1000 mm, distribuída adequadamente, são suficientes para obter resultados elevados com a produção da cultura (DOOREMBOS & KASSAM, 1979; INMANBAMBER & SMITH, 2005; DANTAS NETO et al., 2006).

Para atenuar o efeito da escassez de água, o uso de irrigação na produção de cana-de-açúcar é uma alternativa ainda pouco empregada nos países produtores (INMANBAMBER, 2004). Com a utilização da irrigação, a época de plantio pode ser expandida para os demais meses do ano (COLETI & STUPIELLO, 2006).

Ademais, é considerada uma ferramenta importante para a elevação da produtividade da cultura, de forma que a uniformidade, eficiência da irrigação e frequência, em conjunto com a precipitação, são as variáveis que determinam a relação entre água e produtividade potencial da cana-de-açúcar (DANTAS NETO et al., 2006).

A irrigação promove a sustentabilidade ambiental, econômica e social além de possibilitar incremento na produtividade das culturas (maiores que 100%) (SALASSIER, 2006; DALRI et al., 2008).

2.4 Necessidade hídrica da cana-de-açúcar

A água é um elemento importante da natureza, responsável por muitos processos fisiológicos indispensáveis para o bom funcionamento e desempenho do vegetal, além disso, em meio aquoso ocorre à difusão de minerais, solutos celulares e gases, tanto entre os órgãos quanto na célula. A relativa elevação da permeabilidade da maioria das paredes e membranas

celulares sucede numa etapa contínua para a difusão e a translocação de solutos na planta. A água é, além do mais, um relevante substrato ou reagente para reações celulares imprescindíveis para todo tipo de vida conhecida, como, por exemplo, a fotólise da água, que é o processo inicial da fotossíntese. (PIMENTEL, 2004).

O crescimento do vegetal resulta da diferenciação e da divisão celular, sendo esses dois processos causados pelo estresse hídrico, apesar dessa interferência nem sempre se dar na mesma proporção (BARLOW et al., 1980). Segundo Kramer (1983), o déficit hídrico acarreta em alterações no desenvolvimento da planta, como a redução do tamanho, da área foliar e da produtividade da cana-de-açúcar.

Em consequência das diversificações locais de variedades e clima, é extremamente difícil estabelecer ou determinar uma relação coerente entre produção e consumo de água para a cana-de-açúcar. Segundo Scardua e Rosenfeld (1987), o consumo hídrico pela cana-de-açúcar também tem suas variações de acordo com função do estágio de desenvolvimento fenológico, do ciclo da cultura, das condições climáticas e da água disponível no solo, entre outros fatores. O consumo anual de água pela cultura varia entre 1.500 e 2.500 mm, de acordo com Doorenbos e Kassam (1994).

De acordo com Scardua e Rosenfeld (1987), o consumo máximo de água da cana-de-açúcar nas diversas regiões do mundo varia de 2,8 a 8,6 mm dia⁻¹ e o consumo médio de 2,5 a 5,8 mm dia⁻¹.

Blackburn e Glasziou (1984), estudando o crescimento e o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, concluíram que o suprimento de água adequado se situa em torno de 1.200 mm.

O consumo diário de água da cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do Brasil tem certa dependência em relação à variedade, do estágio de desenvolvimento da cultura, da demanda evapotranspirométrica em função do mês e da região (variação temporal e espacial), varia de 2,0 a 6,0 mm dia⁻¹. (BERNARDO, 2008). Em condições de campo, a cana planta consome um máximo de 4,5 mm dia⁻¹ de água, um mínimo de 2,3 mm dia⁻¹ e um consumo médio de 3,3 mm dia⁻¹, ao passo que a soca 4,4; 2,2 e 3,2 mm dia⁻¹, respectivamente. (SCARDUA, 1979).

O período crítico da cana-de-açúcar quanto ao déficit hídrico, ou seja, aquele em que há maior exigência da água por parte da planta, relaciona-se ao período máximo de crescimento vegetativo, que decorre nos primeiros oito meses de vida. (VARELA, 2002).

De acordo com Scardua e Rosenfeld (1987) o aperfeiçoamento de potenciais de água do solo entre -10 e -25 kPa proporcionam produções economicamente mais viáveis da cana-de-açúcar, ainda que a partir de -50 kPa já ocorram atenuação na produtividade da cultura. Na irrigação suplementar com turnos de irrigação curtos, pode-se adotar como fundamento para o início das irrigações um fator de depleção de 50% de água disponível em solos argilosos, e 75% em solos arenosos. Para valores de evapotranspiração de 3,5 mm dia⁻¹ os turnos de irrigação variam de 7 a 10 dias para solos arenosos e de 12 a 20 dias para solos argilosos.

2.5 Irrigação localizada por gotejamento

O manejo apropriado de irrigação tem que sempre manter a umidade do solo próxima a sua capacidade de campo e principalmente próximo a profundidade efetiva das raízes. Outro fator de grande importância como forma de monitoramento da irrigação é a eficiência de aplicação da água sendo que, esta eficiência é conceituada pela relação entre a quantidade de água armazenada na profundidade efetiva do sistema radicular e que disponível a cultura e o volume de água aplicada em toda área. Para definir o intervalo e o tempo que existe entre as irrigações e, o volume de água necessário para cada irrigação depende de alguns fatores, como: profundidade efetiva do sistema radicular da cultura e capacidade de retenção de água no solo (THORNE, 1979).

Em locais onde o recurso hídrico é delimitado e o custo de água é alto, a melhoria no manejo agrícola é fundamentada por uma aplicação de água mais eficiente. Contudo, considerando o crescimento industrial, populacional e agrícola, a demanda por recursos hídricos será cada vez maior e o uso racional se faz necessário nas diferentes atividades da sociedade (SILVA, 2014).

Os sistemas de irrigação têm sido aprimorados com a objetividade de se tornarem mais eficientes (FOLEGATTI et al., 2004). Nessa perspectiva, a irrigação localizada é reconhecida por sua característica eficiência elevada no uso da água, redução de perdas de água por escoamento superficial ou percolação profunda, economia de mão-de-obra, energia e água (PIRES et al., 2008).

Neste método de irrigação, água é levada por extensa rede de tubulações até as plantas, sendo sobreposta no solo diretamente na região radicular da planta, umedecendo apenas partes da superfície do solo. A água é aplicada em vazões menores, pressões baixas com alta frequência, permitindo manter a umidade do solo com pequenas flutuações, próximo a capacidade de campo. Pires et al. (2008) correlaciona as principais características vantajosas desse sistema de irrigação: não interfere com tratamentos fitossanitário, fertirrigação, irrigação durante o dia inteiro, energia e mão-de-obra possibilita automação, redução de perdas de água por escoamento superficial ou percolação profunda, alta eficiência no uso de água e boa uniformidade de aplicação. Pires et al. (2008) relatam que um problema que está relacionado com a sucção de partículas do solo pelos emissores é a intrusão de raízes nos gotejadores, além da interferência da frequência da irrigação no sistema radicular. São considerados diretos os benefícios da irrigação obtendo, aumento na produtividade e longevidade das soqueiras, indiretos, redução nos custos da cadeia produtiva agrícola, além da expectativa de executar a fertirrigação, que concede fracionar e elevar a eficiência da adubação ao longo do ciclo da cultura e diminuir o trânsito de máquinas e mão-de-obra (DALRI et al., 2008).

No Brasil, a cana-de-açúcar é em grande parte, cultivada em condição de sequeiro, apenas propriedades grandes e usinas tecnificadas possuem algum tipo de irrigação (DALRI, 2008). Médio e pequeno proprietário não tem empregado nenhum sistema de irrigação, por ser tão inviável economicamente, a princípio pelo elevado custo de implantação e manutenção (COELHO et al. 2009).

2.6 Fatores que interferem na uniformidade da irrigação

No sistema intensivo de agricultura irrigada, quase sempre os produtores não dispõem de tempo para revisar os equipamentos de irrigação, que em geral, são usados durante anos, sem que haja revisão da motobomba ou substituição dos reguladores de pressão, os quais têm vida útil relativamente reduzida (GUERRA, 2004). Esse comportamento é, sem dúvida, uma das principais causas da má distribuição de água no solo, resultando em queda de produtividade nas lavouras irrigadas.

Em sistemas pressurizados, a motobomba deve ser checada constantemente, pois geralmente ocorre o desgaste de suas partes internas, causado por pedregulhos e em função da qualidade da água de irrigação.

Outra situação comumente encontrada é a falta de pressão no final das linhas de distribuição, devido ao envelhecimento e corrosão das paredes internas das tubulações, o que provoca aumento da perda de carga (GUERRA, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Instalação do trabalho

O Presente trabalho foi desenvolvido na Área da Usina Coruripe, mesorregião leste do estado de Alagoas, no bloco tranquilidade de baixo, talhão 1 : 9°59'52"S; 36°17'55"S. A avaliação do projeto de irrigação localizada por gotejamento foi realizada numa área representada por 31,95 ha com o plantio da cultura da cana de açúcar, sendo operado por gotejamento. O espaçamento entre linhas é de 1,30 x 0,50. Variedade RB:92-579.

Figura 1 - Localização da Área de estudo, no município de Coruripe - AL.

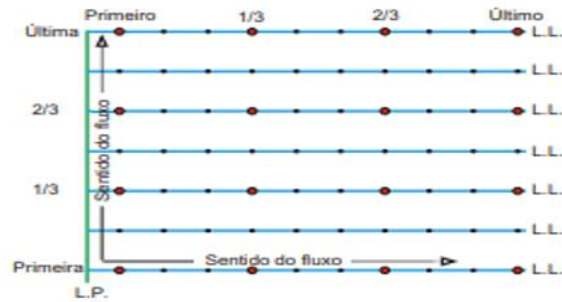


Fonte: Domínio Público (2020)

O sistema de irrigação avaliado foi do tipo gotejamento subterrâneo (autocompensante), com fitas gotejadoras de 16 mm de diâmetro. As fitas foram distribuídas nas linhas do plantio. Os emissores das fitas foram espaçados a cada 0,5 metros. Segundo especificações do fabricante os emissores sob uma pressão de 1,0 kgf. cm⁻² proporcionam uma vazão nominal de 1,0 L/ h.

Para a coleta dos dados utilizou-se o método de avaliação proposto por Keller & Karmeli (1975), os quais recomendam a obtenção de vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral, ou seja, no primeiro gotejador, nos gotejadores situados a 1/3 e a 2/3 do comprimento da linha lateral e no último gotejador de cada unidade operacional do projeto de irrigação em estudo (Figura 1)

Figura 2 - Croqui explicativo da Metodologia



Fonte: Keller e Karmeli (1975).

Em cada linha foram avaliados quatro emissores, localizados no início da fita gotejadora, $1/3$, $2/3$ do comprimento da linha lateral e último emissor, totalizando 16 emissores avaliados, utilizando-se de cronômetro, coletores e uma proveta para a obtenção dos dados (Figura 2). Nesses emissores selecionados, foram coletados os volumes de água durante 3 minutos, com três repetições.

Figura 3 – Procedimento de repetição, ao longo de quatro linhas.



Fonte: wibison ferreira (2020)

Com os volume de água coletado nos emissores selecionados para o teste foram calculados os índices de uniformidades (CUC e CUD), coeficiente de uniformidade estatístico

(CUE), eficiência de aplicação (EA) e uniformidade estatística (UE) de acordo com as equações 1 a 4, respectivamente.

Figura 4 – Prática I



Fonte: wibison ferreira (2020)

Figura 5 - Repetição I



Fonte: wibison ferreira (2020)

Figura 6 - Repetição II

Fonte: wibison ferreira (2020)

3.2 Avaliação

Com esses dados foram calculados os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen - CUC (Equação 1), Coeficiente de uniformidade de distribuição - CUD (Equação 2) e Coeficiente de Uniformidade Estatístico- CUE (Equação 3) Coeficiente de Uniformidade de Hart - CUH (Equação 4) e a eficiência de aplicação (Equação 4) para os 16 gotejadores avaliados.

$$CUC = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - X_{med}|}{n \cdot X_{med}} \right\} \quad \text{Equação I}$$

Em que:

X_i = vazão coletada em cada gotejador (Lh-1);

X = média das vazões coletadas de todos os gotejadores (Lh-1);

n = número de gotejadores analisados.

$$CUE = 100 \left(1 - \frac{Sd}{Xmed} \right) \quad \text{Equação II}$$

Em que:

Sd - desvio-padrão dos valores de precipitação, em (Lh-1);

Xmed = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, (Lh-1)

O Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) determinou-se conforme MERRIAN & KELLER (1978), que é baseada na razão entre as vazões mínimas e médias dos emissores, pela seguinte equação:

$$CUD = 100 \left(\frac{X_{25}}{X_{med}} \right) \quad \text{Equação III}$$

Em que:

X25% = média das menores vazões observadas, em L h-1;

Xm = vazão média dos gotejadores, em L h-1.

A determinação da eficiência de irrigação na irrigação localizada é de muito complexa, mesmo o intervalo de irrigação sendo de vários dias. Entretanto, com manejo adequado as perdas por percolação profunda irão variar em aproximadamente 10% Dantas Neto et al, 2013. Desse modo determinou-se a eficiência de aplicação (Ea) sob irrigação completa segundo MERRIAN & KELLER (1978), pode ser estimada por:

$$Ea = 0.9 \times CUD$$

Em que:

Ea= eficiência do sistema

CUD = Coeficiente de uniformidade de distribuição

$$CUH = \left[1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} * \frac{S_d}{q_{méd}} \right] * 100$$

Em que:

CUH: Coeficiente de Uniformidade de Hart, em %;

Sd: desvio padrão dos valores de precipitação, em L h-1;

qméd: Média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, em L h-1

$$CV = \frac{S_d}{q_{méd}} * 100$$

CV: Coeficiente de Variação, em %;

Sd: desvio padrão dos valores de precipitação, em L h-1;

qméd: Média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, em L h-1.

Análise dos dados

Os dados foram plotados em planilha do Excel. Com os resultados obtidos, os coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) e Christiansen (CUC) foram classificados conforme Keller e Karmeli (1974); Merriam e Keller, (1978); ASAE (1996); Mantovani (2002).

4 RESULTADOS E DISCURSÃO

As interpretações dos valores foram baseadas na metodologia desenvolvida por Merriam e Keller (1978), que adota os seguintes critérios, onde:

Tabela 2- Interpretação dos valores do CUC, CUD e CUE

CLASSIFICAÇÃO	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)
Excelente	>90	>84	90-100
Bom	80-90	68-84	80-90
Razoável	70-80	52-68	70-80
Ruim	60-70	36-52	60-70
Inaceitável	<60	<36	<60

Fonte: Bernardo e Mantovani (2009)

Após a coleta das vazões, pode-se observar na Tabela 2 que a maioria dos gotejadores apresentaram vazões próximas do recomendado pelo o fabricante que é de 1,0 L h⁻¹, o que permite afirmar que a irrigação nesta área está atendendo esperados pelo fabricante. De acordo com (PIMENTEL et al., 2012), as vazões dos emissores são fatores que influenciam no desempenho de eficiência dos sistemas de irrigação, sua operação incorreta causa variações que irão alterar a lâmina de irrigação útil para a cultura.

Segundo BERNARDO et al., (2008) após a instalação do sistema de irrigação e durante o primeiro ciclo da cultura, que no caso da cana de açúcar são 18 meses, se fazem necessárias a análise e a classificação do sistema, a fim de possibilitar sua a melhoria da uniformidade que pode ser obtida por meio da adoção de práticas de manejo, como limpeza periódica mais criteriosa, de modo que as demais irrigações sejam conduzidas com eficiência.

Tabela 2 - Valores de determinação de vazão (q) das linhas gotejadoras, para determinação dos coeficientes para cultura da cana de açúcar.

Emissor por Linha	Linha lateral de Derivação			
	1ª linha	2ª linha	3ª linha	4ª linha
	q (Lh ⁻¹)	q (Lh ⁻¹)	q (Lh ⁻¹)	q (Lh ⁻¹)
1º gotejador	0,985	0,998	0,994	1,006
Gotejador 2/3	1,002	0,999	1,007	1,001
Gotejador 1/3	0,987	1,000	0,990	1,001

Ultimo gotejador	1,002	0,992	1,004	1,006
------------------	-------	-------	-------	-------

Fonte: wibison ferreira (2020)

Esses resultados foram superiores aos encontrados por CAITANO et al., (2011), ao avaliarem o desempenho de sistemas de irrigação por micro aspersão e gotejamento no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, nos quais as variações de vazões nas linhas laterais ultrapassaram o valor de 10% recomendado por (KELLER & KARMELI, 1975).

Para o sistema de irrigação por gotejamento em avaliação, os valores e classificação do CUC, CUD e CUH, encontram-se na Tabela 3

Tabela 3 - Classificação do sistema de irrigação localizada

Coeficientes estatísticos	CUC)	CUD	CUH	CUE	Ea
	------(%)-----				
	96,9576	98,7436	99,088	98,846	88,9737
Classificação	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Baixa
Cv	1,1544				

Fonte: wibison ferreira (2021)

Resultado semelhante ao da pesquisa também foi encontrado por DUARTE et al (2012) que estudou o desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da atemóia (*Annona SSP.*). Assim, quanto maior o valor do CUC, menor é a lâmina de irrigação necessária para alcançar a produção máxima e de acordo com BERNARDO et al., (2008), o limite mínimo de CUC aceitável em um sistema de irrigação por gotejamento é de 80%.

Segundo Keller & Bliesner (1990) citado por Santos et al. (2015), o CUD é o coeficiente mais utilizado em avaliação de sistemas, devido a sensibilidade para perceber variações na distribuição de água de um sistema de irrigação, pois considera a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada, o que favorece a possibilidade de maior atenção as plantas que recebem uma menor lâmina de irrigação.

Segundo AYERS & WESTCOT (1999), os entupimentos dos gotejadores causados por sólidos em suspensão podem, também, diminuir a eficiência do sistema de irrigação, pois, partículas de areia e silte podem ser conduzidas para o interior do sistema de irrigação. Com isto a limpeza dos gotejadores reduz significativamente as variações de vazão ao longo das linhas laterais.

Os resultados de 98,74% de CUD demonstram excelente desempenho do sistema quanto a uniformidade evidenciando que o projeto foi hidráulicamente bem dimensionado. Geralmente o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) é menor que o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) este comportamento é esperado, pelo fato de que o primeiro considera a média das 25% menores lâminas coletadas e o de Christiansen ponderam à média da lâmina coletada em todos os coletores fazendo com que uma vazão compense a outra. Em casos desse coeficiente apresentar valor baixos SANTOS et al., (2015), afirmam que podem representar perda de água por percolação profunda quando a lâmina mínima aplicada corresponde à lâmina necessária ou ainda desuniformidade dos emissores, e se a cultura apresentar potencial econômico e sistema radicular raso, esse valor deve ser superior a 80%

De acordo com Borssoi et al. (2012), quanto menor o CV, significa dizer que houve uma menor dispersão quando comparado a média e conseqüentemente melhor será a distribuição uniforme de água, resultando numa menor variabilidade espacial entre as lâminas

Ainda se pode observar que o Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH) foi superior ao do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC). Na irrigação por aspersão quando a lâmina de água aplicada tem distribuição normal, tem-se que o CUH é igual ao CUC (Hart, 1961). Neste trabalho pode-se observar o mesmo foi ligeiramente superior fato para irrigação por gotejamento. Vale ressaltar que o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é um índice que faz uso do desvio médio absoluto, para expressar a dispersão das lâminas (Rezende et al., 2002).

5 CONCLUSÃO

A análise dos coeficientes de uniformidade é essencial para avaliar o desempenho de sistemas de irrigação. Portanto, quanto à uniformidade e eficiência de aplicação de água, pode-se concluir que este sistema é classificado com bom, porém a eficiência de aplicação está abaixo do recomendado, implicando na baixa disponibilidade de água para atender a demanda hídrica da cultura, sendo recomendando assim, a instalação de um novo sistema de irrigação ou a manutenção do mesmo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; DUARTE, J. A. L.; BRAGA, D. L.; NOLETO, D. H. **Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.76-84, 2012.

ANUÁRIO DA CANA. Ethanol guide. Disponível em: <http://www.jornalcana.com.br>. Acesso em 10/01/14. 2007, p.1.

ARANHA, C.; YAHN, C. A. **Botânica da cana-de-açúcar**. In: Paranhos, S. B. (Coord.) Cana-de-açúcar: Cultivo e Utilização. Campinas, Fundação Cargill, 1987, 431p. cap. 1, 1-18p.

BNDES/CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. 316 p.

BOLOGNA-CAMPBELL, I. Balanço de nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana de açúcar no ciclo de cana-planta. Tese, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007, 112 p.

BORSSOI, A. L., VILAS BOAS, M. A., REISDÖRFER, M., HERNÁNDEZ, R. H., FOLLADOR, F. A. **Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set**. Engenharia Agrícola, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012.

CAITANO, R. F.; LOPES, F.B.; SOUZA, F.; MENDONÇA, M.A.B. Desempenho dos Sistemas de Irrigação na Cultura da Banana no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. **Revista brasileira de agricultura irrigada**, v. 5, p. 113-122, 2011.

CRISPIM, J. G.; RÊGO, M. M.; RÊGO, E. R.; MEDEIROS, G. D. A.; SOARES, W. S.; PESSOA, M. S.; Efeito do benzilaminopurina e da cinetina sobre potencial morfogênico de cana-de-açúcar. Revista AGROTEC – v. 35, n. 1, p 94–99, 2014.

CORDEIRO JÚNIOR, J.J.F.; GUISELINI, C.; PANDORFI, H.; MORAES, A.S.; MENEZES, D.; ALMEIDA NETO, L.A. Sprouting of pre-sprouted sugarcane seedlings and micrometeorological variables under photo-selective nets. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 23, n.8, p.625-629, 2019.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira - Cana-de-açúcar. Quarto levantamento Safra 2013/2014. Brasília: CONAB, abril 2014. 19 p.

- COSTA, M. C. G. et al. Distribuição radicular, estado nutricional e produção de colmos e de açúcar em soqueiras de dois cultivares de cana-de-açúcar em solos distintos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1503-1514, nov./dez. 2007
- COSTA, M. C. G. Eficiência agrônômica de fontes nitrogenadas na cultura da cana-de-açúcar em sistema de colheita sem despalha a fogo. 2001. Dissertação – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, 2001, 79 f.
- CASTRO, P. R. C. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: simpósio internacional de fisiologia da cana-de-açúcar, 2000, Piracicaba. Anais... Piracicaba: STAB, 2000, p.1-9.
- COELHO, R.D.; LELIS NETO, J.A.; BARROS, A.C. Cana irrigada produz mais, mas custo de produção aumenta. In: FNP consultoria & comércio. *Agriannual 2009: anuário da agricultura brasileira*. São Paulo, 2009. p. 240-242.
- COLETI, J.T.; STUPIELLO, J.J. Plantio de cana-de-açúcar. In. SEGATO, S.V. (coord.). *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba, 2006. p.139-153.
- 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*, Campina Grande, v. 10, n. 2, p.283 –288, 2006.
- DALRI, A.B.; CRUZ, R.L. Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *Irriga, Botucatu*, v.7, n.1, 2002. p.29-34.
- DALRI, A.B.; CRUZ, R.L.; GARCIA, J.B.; DUENHAS, L.H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. *Irriga, Botucatu*, v.13, n.1, 2008. p.1-11.
- DALRI, A. B. Irrigação em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (orgs). *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba, 2006. p. 157-169.
- DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. *Irriga, Botucatu*, v. 28, n.3, p. 516-524, 2008.

DIAS NETO, A.F. Aprimoramento de um mecanismo dosador de rebolos de canadeaçúcar para o plantio mecanizado. 2000. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000197851&fd=y>. Acesso em 20 fev. 2014, 115 p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome: FAO, 1979. Irrigation and Drainage Paper, 33, 193p.

DALRI, A. B.; Cruz, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.516-524, 2008.

DALRI, A. B.; Cruz, R. L.; Garcia, C. J. B.; Duenhas, L. H. **Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade da cana-de-açúcar**. Irriga, v.13, p.1-11, 2008.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome: FAO. 1979. 193 p

FERNANDES JUNIOR, A. R. et al. Avaliação de diferentes tratamentos térmicos no controle do raquitismo-da-soqueira em cana-de-açúcar. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n. 1, p. 060-064, 2010.

FREIRE, F. J. Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar. 2001. Tese – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001, 87 f.

FOLEGATTI, M. V.; SILVA, T. J. A.; CASARINI, E. O manejo da irrigação como elemento essencial na utilização racional dos recursos hídricos. In: THAME, L. C. M. (Ed.). A cobrança pelo uso da água na agricultura. Embu: IQUAL Editora, 2004. p.213-219.

GHANNOUM, O. C4 Photosynthesis and water stress. *Annals of Botany*, Londres, v. 103, p. 635-644, 2008.

GOMES, J. F. F. Produção de colmos e exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). 2003. Dissertação – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003, 65 f.

GUIMARÃES, A. C. R. Caracterização de variedades de cana-de-açúcar (*Sacchaum spp.*) submetidas a déficit hídrico. 2011. Dissertação - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011, 66 p.

GIL, M.; Rodriguez-Sinobas, L.; Juana, L.; Sanchez, R.; Losada, A. **Emitter discharge variability of subsurface drip irrigation in uniform soils: Effect on water-application uniformity.** Irrigation Science, v.26, p.451-458, 2008.

GONÇALVES, F. M. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial.** 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

GUERRA, A. F. Adequação e manejo das irrigações por aspersão por pivô central no cerrado. **EMBRAPA/CPAC**, 2004.

HART, W. E. Overhead irrigation pattern parameters. Transactions of the ASAE, Saint Joseph, 1961, 42, 7, 354-355.

INMAN - BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. Field Crops Research, Amsterdam, v. 89, n. 1, p. 107 -122, 2004.

INMAN - BAMBER, N. G., SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. Field Crops Research, Amsterdam, v. 92, p. 185 -202, 2005.

ICIDCA, Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da Cana-de-Açúcar. Diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia. Manual dos derivados da cana-de-açúcar: Brasília - DF: IBIPTI, 1999.

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

KRAMER, P. J. Water relations of plants. New York: Academic Press, 1983. 489p.

LIMA, R. M. P. Caracterização de variedades de cana-de-açúcar quanto à resistência e tolerância ao raquitismo-da-soqueira. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes-RJ, abril – 2008.

LAMM, F. R.; Manges, H. L.; Stone, L. R.; Khan, A. H.; Rogers, D. H. **Water requirement of subsurface drip-irrigated corn in northwest Kansas.** Transactions of the ASAE, v.38, p.441-448, 1995.

- LAMM, F. R.; Trooien, T. P. **Subsurface drip irrigation for corn production: A review of 10 years of research in Kansas.** *Irrigation Science*, v.22, p.195-200, 2007.
- MACHADO, E.C. Fisiologia da produção da cana-de-açúcar: crescimento. In: PARANHOS. S.B. Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargil, 1987. v. 1.
- MARTINS, F.A.; DOS SANTOS, M. L.; FERRERA, DE L.J. Importância do Agronegócio para o Crescimento Econômico de Brasil e Estados Unidos. *Gestão & Regionalidade [On line]*, 28 (Encero-Abril) 2012.
- MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar, In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: ESALQ, 2006. p. 11-18.
- MARTINS, V.A.; BUENO, C.F.R.; CASER, D.V.; HYAKAWA, E.H. Comparision of estimates of area in production of sugarcane in São Paulo state. **ICAS VI - Sixth International Conference on Agricultural Statistics**, p.697, 2013.
- MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA J UNIOR, G. B. **Produtividade agrícola de cultivares de cana-de - açúcar em diferentes solos e épocas de colheita.** *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 295 -301, 2001.
- Neto, R. A. A.; Sarmiento, P. L.; Júnior, R. A. F.; Silva, M. B. P.; Rocha, A. E. Q.; Teodoro, I. **DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM CANA-DE-AÇÚCAR.** *Revista Ciência Agrícola*, v. 13, n. 1, p. 13-20, 2015.
- NGUYENA, P.H.L., KURUPARANA, P., VISVANATHAN, C. Anaerobic digestion of municipal solid waste as a treatment prior to landfill. *Bioresource Technology*, 98(2): 380-387. 2007.
- OLIVEIRA, M. W.; MENDES, L. C., BARBOSA, M. H. P., VITTI, A. C., FARIA, R. O. Avaliação do potencial produtivo de sete variedades de cana-de-açúcar sob irrigação complementar. Anais... In: XXV Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de 77 plantas; reunião brasileira sobre micorrizas, vii simpósio brasileiro de microbiologia do solo, IV Reunião Brasileira de Biologia do Solo. Rio de Janeiro, v. 1, p. 95a, 2002.
- OLIVEIRA, M. W.; OLIVEIRA, T. B. A.; CHAVES, J. B. P.; MENDES, L. C.; GAVA, G. J. C. Tecnologia e custo de produção de cana-de-açúcar utilizada na alimentação de vacas leiteiras. Brasília. Anais... In: Zootec 2004.

PIRES, R.C.M.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E. Irrigação e drenagem. In: DINARDOMIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. Cana-deaçúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, 882p.

PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; SILVA, T. J. A.; Arruda, F. B. Aspectos práticos na utilização da técnica de capacitância. Técnicas eletromagnéticas para o monitoramento ambiental. In: Souza, C. F.; Sato, L. M. Araras, 2011. 26p.

PINCELLI, R. P. Tolerância a deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas. 2010. 65 f. Dissertação - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

QUINTANA, K. A. Irrigação e fertirrigação por gotejamento para cana -de-açúcar na presença e ausência de boro. Tese - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010. 69f.

RAO, C. M.; KUMAR, M. V.; REDDY, L. K. Management of sugarcane clones under limited moisture situations (drought) at formative stage. Indian Sugar, Nova Delhi, p. 949- 953, 2005.

ROSENFELD, U. Período crítico de deficiência hídrica para a cana-planta em cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Dissertação – ESALQ, Piracicaba. 1989. 89p.

ROCHA, F. J.; Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar submetida a diferentes doses de vinhaça - Tese (Doutorado) versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 94 p: il Piracicaba, 2013.

ROBERTSON, M. J.; INMAN -BAMBER, N. G.; MUCHOW, R. C.; WOOD, A.W. Physiology and productivity of sugarcane with early and mid-season water deficit. Field Crops Research, Amsterdam, v. 64, p. 211 -227, 1999.

REZENDE, R.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A.;
TORMENA, C. A.; BERTONHA, A. **Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo.** *Acta Scientiarum.* 2002, 24, 5, 1553-1559.

RHEIN, A. F. L. **Produtividade e qualidade da cana- de- açúcar sob doses de nitrogênio via fertirrigação subsuperficial por gotejamento.** (Tese) Universidade estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. Botucatu–SP. Dezembro, 2012, 117p.

SALASSIER, B. Manejo da Irrigação na Cana-de-açúcar. 2006. Disponível em: Acesso em: 20 fev. 2014.

SEBRAE. Ponto de Partida para Início de Negócio - Cultivo de cana-de-açúcar. Serviço de apoio às micro e pequenas empresas de Minas Gerais. Minas Gerais, 2007. Disponível em: Acesso em: 01 jan. 2014.

SCHLITTLER, L. A. F. S. Engenharia de um bioprocesso para a produção de etanol de cana-de-açúcar. Dissertação. Rio Janeiro: Escola de Química, Universidade Federal do Rio Janeiro, 2006.

STAUT, L. A. Condições dos solos para o cultivo de cana-de-açúcar. 2006. Disponível em: Acesso em: 02 maio. 2014.

SANTOS, M. A. L., SANTOS, D. P., SILVA, D. S., SANTOS SILVA, M., CAVALCANTE, P. H. S. Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em inhame (*Dioscorea cayennensis* L.). **Revista Ciência Agrícola, Ciência Agrícola, Rio Largo**, v. 13, n. 1, p. 7-13, 2015.

SANTOS, M. A. L.; Frizzone, J. A. **Irrigação suplementar da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) colhida no mês de janeiro**: Um modelo de análise de decisão para o litoral sul do Estado de Alagoas. *Irriga*, v.11, p.339-355, 2006.

SILVA, T. G. F. et al. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 64-71, 2012.

Sindaçúcar-AL, construindo o desenvolvimento de Alagoas, <http://www.sindacucar-al.com.br> . Disponível em: <http://www.sindacucar-al.com.br/sindacucar/historico>
Acesso:30 de maio de 2021.

STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop yield response to water**. Rome: FAO, 2012. 503p. Irrigation and Drainage Paper No. 66.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. 3^o ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 798p.

THORNE, D.W. Irrigation and Crop Production. In: THORNE, D.W; THORNE, M.D. (ED). Soil, Water & Crop production. Chap.8. p.96-116. Avi.Publishing, Westport, 1979.

UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. Disponível em: Acesso em 10/01/14. 2008.

VITORELLO, V.A.; CAPALDI, F.R.; STEFANUTO, V.A. **Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants.** Braz. J. Plant Physiol. 17:129-143. 2005.

UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. Disponível em: Acesso em 10/01/14. 2008.