



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR E UNIFORMIDADE DE VAZÃO DO  
SISTEMA DE GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL PULSADO E CONTÍNUO**

BRUNA BRAZ DA SILVA

Relatório final apresentado à Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, referente ao  
Programa Institucional de Bolsas de Iniciação  
Científica (PIBIC).

Orientador: Prof. Dr. Manassés Mesquita da Silva

Recife, setembro de 2022

## **IDENTIFICAÇÃO**

ALUNO (A): **Bruna Braz da Silva**

CURSO: Agronomia

PROGRAMA: (X) PIBIC ( ) PIC ( ) PIBIC-EM

ORIENTADOR (A): Manassés Mesquita da Silva

DEPARTAMENTO/UNIDADE ACADÊMICA: Departamento de Engenharia Agrícola

RELATÓRIO: ( ) PARCIAL (X) FINAL

TÍTULO DO PROJETO: **Uso eficiente da água e energia em cultivos irrigados**

A irrigação por gotejamento subsuperficial no cultivo da cana-de-açúcar proporciona um acréscimo na produtividade e eficiência do uso da água. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a uniformidade de vazão do sistema de irrigação e produtividade da cana-de-açúcar sendo cultivada por gotejamento subsuperficial pulsado e contínuo. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina (EECAC), centro de pesquisa que pertence à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sendo instalado um experimento utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados com esquema fatorial 2 x 5, sendo o primeiro fator a irrigação pulsada e contínua e o segundo fator as lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (40, 60, 80, 100, 120% da ETc), totalizando 40 tratamentos. Cada tratamento contém 4 fileiras duplas e foi realizado o teste de uniformidade na área útil do experimento, que consiste nas 2 fileiras duplas centrais do tratamento. A uniformidade de vazão foi calculada através do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e a produtividade foi avaliada através do peso total dos colmos da área útil. A aplicação da lâmina de irrigação pulsada gerou uma produtividade média de 147,44 mg/ha, ocasionado um acréscimo de 9,20% na produtividade quando comparado com a lâmina de irrigação contínua, sendo esta 135,02 mg/ha. Dentre as lâminas de reposição da ETc foi possível alcançar o máximo rendimento da cultura com a lâmina de 102%. O coeficiente de uniformidade de vazão das lâminas de aplicação pulsada e contínua foi de, respectivamente 97,1% e 91,4%, entretanto não houve diferença significativa entre as vazões.

**Palavras-chave:** *Saccharum*, Gotejamento subsuperficial, cana-de-açúcar, irrigação por pulsos,

## INTRODUÇÃO

O setor sucroalcooleiro apresenta uma grande importância socioeconômica para o Brasil, sendo o principal produtor deste segmento agrícola e exportando, em média, cerca de 70% da sua produção de açúcar. De acordo com previsões feitas pela FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nation*) (2019), o país continuará sendo o principal produtor de açúcar e etanol do mundo até 2028. Neste contexto, o desenvolvimento de novas tecnologias que visam o incremento da produtividade da cultura da cana-de-açúcar é essencial para manter o Brasil na liderança deste setor.

Dentre os cultivos de cana-de-açúcar irrigados, o sistema de gotejamento surge como uma forma de reduzir gastos com os recursos hídricos, devido a sua elevada eficiência no consumo da água, resultado da aplicação localizada da lâmina de irrigação. A irrigação de gotejamento pulsado ou intermitente consiste num método de aplicação alternativo utilizado na irrigação localizada, na qual a lâmina de irrigação será aplicada de forma intervalada. A aplicação gradual da lâmina de água resulta numa menor perda de água por evaporação, além de também reduzir as perdas de água por percolação (NOGUEIRA, COELHO, LEÃO, 2000). Dessa forma, é possível obter uma maior eficiência no uso da água e um acréscimo na produtividade.

De acordo com Zamora et al (2019), a irrigação de gotejamento pulsado pode proporcionar um aumento na produtividade de massa seca de, em média, 41,12% para a cultura do coentro. Assim, torna-se claro a necessidade de maiores investigações sobre o impacto da irrigação por gotejamento pulsado na cultura da cana-de-açúcar. Para que a avaliação do sistema de gotejamento seja feita corretamente é necessário garantir uma uniformidade de distribuição de água adequada. Segundo Merriam e Keller (1978), um sistema de irrigação com o coeficiente de uniformidade de distribuição acima de 90% é classificado como excelente.

Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito da irrigação por gotejamento pulsada na produtividade da cana-de-açúcar e a uniformidade de distribuição de água para garantir que as condições hídricas ideais foram fornecidas para o pleno desenvolvimento da cultura. Esse experimento possibilitará uma maior compreensão dos impactos que a aplicação de lâmina de irrigação fracionada tem na produtividade da cultura

da cana-de-açúcar, através das análises comparativas com os resultados de produtividades obtidos com a utilização da lâmina de irrigação com aplicação contínua.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **1. Cana de açúcar**

#### **1.1 Aspectos gerais e agronômicos**

A cana-de-açúcar é uma das principais commodities energéticas mundiais, sendo utilizada como matéria prima para a produção de açúcar e álcool. Atualmente o Brasil se destaca como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, produzindo 654,5 milhões de toneladas na safra de 2020/2021(CONAB). A cana-de-açúcar surgiu no Brasil por volta do século 16, se adaptando muito bem às regiões Nordeste e Centro-sul, regiões caracterizadas por uma temperatura média elevada. Essa adaptação ocorre pois a cana-de-açúcar é classificada como uma planta C4, condição que lhe garante uma maior eficiência energética em climas tropicais, caracterizados por elevadas temperaturas e alta intensidade luminosa (DIOLA; SANTOS, 2011).

É uma planta alógama, faz parte da classe Monocotiledônea e se desenvolve através de perfilhos em forma de touceira, estruturas que podem ser formadas por colmos eretos, semi-eretos ou decumbentes. O processo de perfilhamento pode ser influenciado por tipo de variedade utilizada, fatores ambientais e fatores endógenos. Ocorre de forma mais lenta na cana-planta, visto que o seu sistema radicular ainda está em desenvolvimento, e mais rapidamente para a cana-soca, pois esta já apresenta raízes bem desenvolvidas.

É possível observar 4 estágios fenológicos bem estabelecidos para a cultura da cana-de-açúcar: brotação e estabelecimento, perfilhamento, crescimento da parte aérea e maturação dos colmos. A brotação e estabelecimento ocorre entre cerca de 25 dias após o plantio, o perfilhamento começa em torno dos 40 dias até cerca de 120 dias, o crescimento da parte aérea ocorre em seguida, a partir dos 120 após o plantio ou corte, perdurando por até 270 dias, a maturação ocorre dos 270 até 360 dias após o plantio, considerando um cultivo de 12 meses (BATISTA et al., 2015).

Condições ambientais adversas, como o déficit hídrico, pode ser danoso para o seu desenvolvimento e consequentemente produtividade da cana-de-açúcar, dependendo do seu estágio fenológico pois afeta negativamente o processo de crescimento do colmo. A etapa de alongamento dos colmos é o momento de maior suscetibilidade ao déficit hídrico, resultando em diminuição no teor de sacarose e produção de fitomassa (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005). Durante a fase de perfilhamento, o déficit hídrico pode afetar a produtividade da cultura devido ao seu impacto no crescimento dos colmos e na divisão celular, processo primordial no perfilhamento. Entretanto, o déficit hídrico tende a intensificar a concentração de sacarose nos colmos durante a fase de maturação (SEGATO et al., 2006).

## **1.2 Irrigação na Cana-de-açúcar**

A escolha do sistema de irrigação empregado numa cultura depende de fatores como disponibilidade financeira, disponibilidade de recursos hídricos, clima da região, topografia, características do solo e características da cultura.

O consumo de água pela cultura da cana-de-açúcar varia de acordo com as condições ambientais, variedade e estágio fenológico em que a planta se encontra. De acordo com Doorenbos e Kassam (1994), a variação do consumo anual de água pela cana-de-açúcar fica em torno de 1.500 a 2.500 mm. Já segundo Inman-bamber et al. (2008) são necessários em média 1.200 a 1.300mm para que a cultura atinja seu máximo potencial produtivo.

A cana-de-açúcar pode ser cultivada por sequeiro, entretanto uma má distribuição de chuvas, principalmente em períodos críticos para a cultura, afetará o seu desenvolvimento foliar, reduzindo a sua capacidade fotossintética, o que pode resultar numa queda na produção de biomassa verde (OLIVEIRA et al., 2016).

Existem diversos estudos que comprovam a vantagem da utilização de um sistema de irrigação para o cultivo de cana-de-açúcar em comparação com o sistema de cultivo por sequeiro. Segundo Pires et al. (2012), o cultivo irrigado de cana-de-açúcar apresentou uma maior produtividade em comparação ao cultivo de sequeiro, além de apresentar um maior teor de açúcares recuperáveis e maior porcentagem de sólidos solúveis. De acordo com Farias et al o cultivo de cana-de-açúcar irrigado torna a cultura mais precoce, tendo o seu crescimento estabilizado em 193,85 dias, já para o cultivo em sequeiro o crescimento da cultura estabiliza a partir dos 236,20 dias.

Segundo FARIAS et al. (2008), a concentração da fitomassa de raízes localizadas nos primeiros 60 cm de profundidade, 280 dias após o plantio é superior a 90% para o cultivo irrigado e 80% para o cultivo de sequeiro. Nesse contexto, o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial surge como uma alternativa que realiza a aplicação da lâmina de irrigação diretamente na raiz, diminuindo as perdas por escoamento superficial, por percolação e evaporação, contando com uma elevada eficiência de aplicação, entre 70% a 90%) e redução no consumo de água (INCID, 2006; YAN et al., 2019).

Segundo Shinde e Deshmukh (2008), a irrigação por gotejamento possibilitou uma economia de 25% dos fertilizantes aplicados via fertirrigação, além de 32% de economia de água e um aumento de 14,8% na produtividade, resultando num aumento de 70% na eficiência do uso da água em comparação com a irrigação de superfície.

## **2. Irrigação por gotejamento subsuperficial pulsados**

A irrigação por gotejamento subsuperficial é um sistema de irrigação desenvolvido em Israel e atualmente é difundido em todo o mundo (MARQUES et al., 2006). O sistema consiste na aplicação da lâmina de irrigação através de gotejadores que estão localizados na zona radicular das plantas. Os tubos gotejadores são enterrados a uma profundidade que pode variar entre 15 a 40 cm, de acordo com a cultura. Segundo Burt e Styles (2011), a irrigação por gotejamento apresenta uma melhor uniformidade de distribuição de água no perímetro irrigado devido às suas características de aplicação de água, que consistem em pequenas vazões e uma elevada frequência. Assim, é possível obter uma maior eficiência no uso da água.

Ademais, dentre outras vantagens podemos citar a redução da área molhada superficial, tornando a umidade do solo mais uniforme (BARROS et al., 2009); menor taxa de evaporação da água; menor interferência aos tratos culturais, maior longevidade do canavial e maior eficiência na aplicação de fertilizantes através da fertirrigação (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

Coelho (2009) em seu estudo alerta para a importância de um bom dimensionamento hidráulico e instalação do sistema, assim os tubos gotejadores devem estar instalados a uma profundidade correta para assegurar o bom funcionamento do sistema. É importante ressaltar que, devido a sua menor vazão de aplicação de água, torna-se imprescindível realizar adequadamente as manutenções do sistema, pois problemas como o entupimento de emissores

podem reduzir a uniformidade de distribuição de água, sendo necessário a limpeza ou substituição dos gotejadores.

A partir disso, surge a necessidade da utilização de técnicas de aplicação que diminuam a taxa de entupimentos dos gotejadores e aumentem a eficiência do sistema. Dessa forma, a irrigação por pulsos surge como uma alternativa, sendo caracterizada pela aplicação intervalada das lâminas de irrigação. O tempo de irrigação permanece o mesmo, entretanto há intervalos durante esse tempo, resultando em períodos com e sem a aplicação de água. Esse método de aplicação resulta numa maior uniformidade de aplicação e maior eficiência pois apresenta uma menor taxa de infiltração.

Abdelraouf et al. (2012), analisou em seu estudo que a irrigação por gotejamento pulsada resultou numa maior taxa de emissão pelos gotejadores e consequentemente uma diminuição nos índices de entupimentos dos emissores. Esse resultado pode ser elucidado por uma maior turbulência nos tubos gotejadores causada pelos pulsos, o que impede o acúmulo de partículas que possam entupir os gotejadores. Ademais, o índice de entupimentos dos gotejadores pode ser reduzido com a utilização de gotejadores com maiores vazões e um maior número de pulsos aplicados (AL-NAEEM, 2008).

### **3. Manejo da irrigação via clima e via solo**

O manejo de irrigação é essencial para que a reposição de água da cultura seja realizada de maneira eficiente. Dentre os métodos mais utilizados se encontra o manejo através do clima, que consiste na análise das variantes climáticas como precipitação, evaporação e radiação solar, umidade relativa e temperatura.

Para saber a taxa de evaporação da cultura pode ser utilizado o método do Tanque Classe “A”, através do qual é calculado a demanda evaporativa do ambiente de forma indireta, através da evaporação da água do tanque. Para realizar este cálculo é necessário utilizar o coeficiente do tanque ( $K_p$ ), coeficiente calculado a partir da equação desenvolvida por Snyder (1992), sendo importante ressaltar que outros fatores ambientais devem ser levados em consideração como a velocidade do vento, umidade relativa do ar e bordadura do tanque (DOORENBOS & KASSAM, 2000; BANDEIRA ET AL., 2011). Assim, o coeficiente  $K_p$  é multiplicado com o valor da evaporação do tanque classe “A” e a partir dessa equação é possível encontrar a evapotranspiração de referência ( $E_o$ ). Existem outros métodos que podem ser utilizados para calcular evaporação de referência como o Penman-Monteith,

modelo mais recomendado pela FAO, devido a sua elevada precisão. Entretanto, o Tanque Classe “A” é o mais utilizado pois é de fácil execução e baixo custo.

Outra forma de avaliar e repor a lâmina de água para a cultura é através do manejo por solo, na qual é avaliado o teor de água no solo. É possível realizá-lo de forma direta e indireta. No método direto é coletado amostras do solo, que são secas em estufas e pesadas antes e após a secagem, avaliando o peso de massa úmida e o peso de massa seca (BERNARDO et al., 2005). Outro método direto de análise do teor de água é a utilização de tensiômetros, através do qual é medido a tensão com que a água está retida no solo. Para calcular a umidade do solo é utilizado uma curva de retenção de água (AZEVEDO et al., 1999).

No método indireto é utilizado sensores TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo), que consiste na medição do tempo de viagem de uma onda eletromagnética até que chegue no solo e seja refletida. A partir disso, é possível avaliar a umidade do solo através constante dielétrica que varia com a quantidade de água presente no solo (MAROUELLI et al., 2011). A adoção deste método não é amplamente empregada devido ao custo elevado dos sensores.

## **OBJETIVOS**

### **Geral**

Analisar o efeito do uso de lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento subsuperficial pulsado e contínuo sobre a uniformidade de distribuição de vazão do sistema de irrigação e sobre a produtividade da cana-de-açúcar.

### **Específicos**

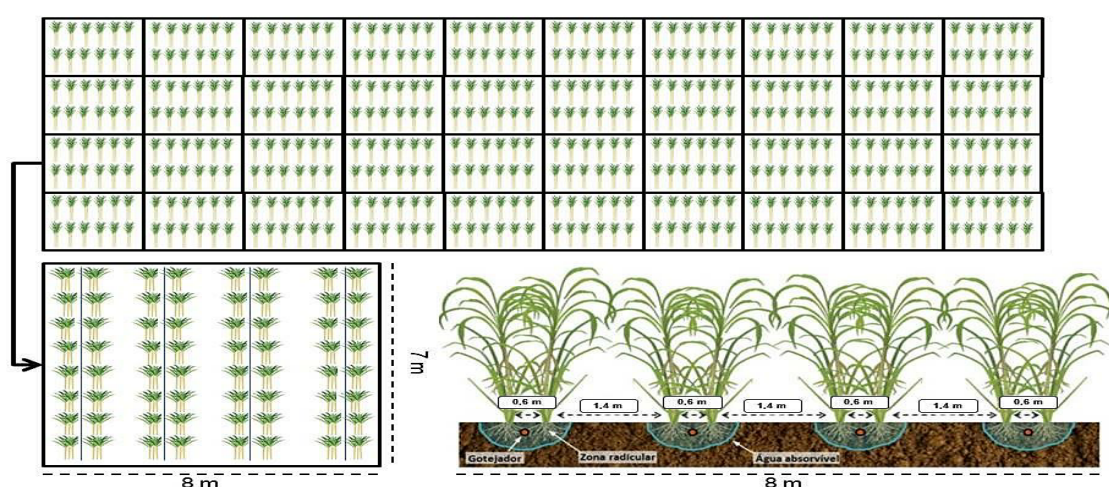
- Caracterizar a uniformidade de distribuição de vazão pelo sistema de irrigação;
- Avaliar o efeito das diferentes lâminas de irrigação aplicadas em dois manejos distintos: gotejamento subsuperficial contínuo e pulsado sobre a produtividade.

## **METODOLOGIA**

O experimento foi conduzido, em condições de campo, na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina (EECAC), centro de pesquisa pertencente à Universidade Federal



Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada na região da Zona da Mata do estado de Pernambuco, a cidade de Carpina tem latitude 7° 50' 45" Sul, e longitude de 35° 15' 18" Oeste. Foi utilizada a variedade RB 041443, desenvolvida pelo programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O delineamento experimental aplicado foi o de blocos casualizados com esquema fatorial 2 x 5, sendo quatro repetições resultando em 40 tratamentos como mostrado na Figura 1. O primeiro fator do esquema fatorial é a irrigação contínua e pulsada e o segundo fator são as lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (40, 60, 80, 100, 120% da ETC).



**Figura 1.** Croqui demonstrando a disposição dos tratamentos no experimento.

Cada tratamento possui 7m de comprimento e 8 m de largura, compostas por quatro sulcos duplos combinados de 1,40m + 0,60m. Os tubos gotejadores serão instalados entre as linhas de plantio. A área útil do experimento consiste nas 2 fileiras duplas centrais, sendo ignorado as extremidades de cada fileira, com o objetivo de respeitar a bordadura.

Para compor o sistema de irrigação foi utilizado linhas laterais formadas por tubos de polietileno de 16mm com gotejadores autocompensantes e anti drenantes do tipo in line com espaçamento de 0,50m entre cada emissor. Para a aplicação das lâminas pulsadas foi estabelecido um intervalo de 40 minutos entre cada pulso. O controle da aplicação das diferentes lâminas e pulsos foi controlado manualmente através do cabeçote de controle, mostrado na figura 2, formado pelo conjunto de válvulas responsáveis pela passagem de água.



**Figura 2.** Cabeçote de controle formado pelo conjunto de válvulas.

O experimento foi realizado num Argissolo Distrófico abrupto e antes da implantação do experimento foi realizada a análise química do solo através da coleta do solo, realizada de forma aleatória pela área, coletando amostras das profundidades 0-20 cm e 0-40. A partir da metodologia de Cavalcanti et al (2008) foi realizada a aplicação de  $0,5 \text{ t ha}^{-1}$  calcário calcítico com a finalidade de corrigir a acidez do solo. Foi executada uma adubação de fundação convencional, na qual foi aplicado  $150 \text{ kg/ha}$  nitrogênio,  $40 \text{ kg/ha}$  de potássio e  $140 \text{ kg/ha}$  de fósforo, sendo utilizados respectivos produtos comerciais de sulfato de amônio, cloreto de potássio e superfosfato triplo. Além disso, foi realizada fertirrigação baseada na análise química do solo e na demanda nutricional apresentada pela cultura (CAVALCANTI et al., 2008). A fertirrigação foi efetuada utilizando os produtos comerciais uréia e cloreto de potássio branco para suprir as necessidades de nitrogênio e potássio, respectivamente. As doses mensais foram aplicadas semanalmente, sendo divididas em 4 vezes. Na Tabela 1 pode-se observar o quantitativo aplicado de nitrogênio e potássio ao longo do ciclo.

**Tabela 1.** Doses mensais de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação.

Mês	Nitrogênio (kg/ha)	Potássio (kg/ha)
Abril	20	20
Maio	10	10
Junho	10	10
Julho	5	10
Agosto	5	10

Para a adubação de micronutrientes foi utilizado o produto comercial Biostim Complex, sendo a dose recomendada para a cana-de-açúcar 2 a 3 L/ha. Dessa forma, foi realizado duas aplicações: 1 aplicação de 2,5L/ha, via foliar e 1 aplicação de 2 L/ha via fertirrigação. Para a aplicação da fertirrigação foi utilizado um injetor de fertilizantes tipo venturi  $\frac{3}{4}$  como mostrado na Figura 3.



**Figura 3.** Injetor de fertilizante tipo venturi  $\frac{3}{4}$  inserido nas tubulações do sistema

O manejo da irrigação foi realizado via clima com base no balanço hídrico climatológico estimado pelo método do Tanque Classe A. Sendo assim, o cálculo da lâmina líquida a ser aplicada será dada pela equação 1:

$$ETc = (ECA * Kc * Kp) - P \quad (\text{eq. 1})$$

Em que, ETc é a evapotranspiração (mm/dia);  
ECA é a evaporação do tanque Classe A (mm);  
Kc é o coeficiente da cultura (adimensional);  
Kp é o coeficiente do tanque Classe A;  
P é a precipitação efetiva (mm).

Os valores do coeficiente do tanque classe A (Kp), foram obtidos através da evaporação dos tanques classe A, velocidade dos ventos e umidade relativa (Doorenbos e Pruitt, 1977). Os valores do coeficiente da cultura (Kc) variam de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, segundo a metodologia estabelecida por Doorenbos e Kassam (1994). A lâmina de irrigação aplicada diariamente foi mensurada pela equação da Etc,

subtraída pela precipitação efetiva ( $Pe$ ) e a eficiência do sistema ( $Ef$ ), sendo calculado pela Equação 2. O tempo de irrigação foi obtido pela Equação 3.

$$L = \frac{(ETc - Pe)}{Ef} \quad (\text{eq. 2})$$

Em que,  $L$  é a lamina de irrigação  
 $Etc$  é a evapotranspiração da cultura (mm/dia);  
 $Pe$  é a precipitação efetiva (mm);  
 $Ef$  é a eficiência do sistema.

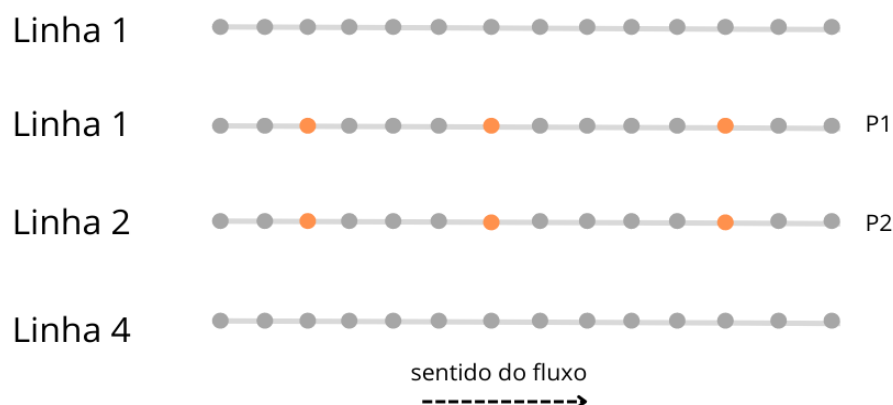
$$Ti = \frac{Lb}{Ia} \quad (\text{eq. 3})$$

Em que,  $Ti$  é o tempo de irrigação (h);  
 $Lb$  é a lâmina bruta (mm);  
 $Ia$  é a taxa de aplicação (mm/h);

A taxa de aplicação foi obtida através da vazão do gotejador dividido pelo espaçamento entre emissores. A vazão de gotejadores foi obtida seguindo a metodologia estabelecida por Merriam e Keller (1978), assim foi realizado a coleta durante 3 minutos do volume de água liberado pelo emissor, sendo coletado o volume líquido de 3 emissores por linha, localizados a  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$  e no final da linha, como mostrado na Figura 4. A água foi coletada em recipientes de plástico e em seguida medida com uma proveta. Os valores encontrados foram mensurados e aplicados na equação 4 de coeficiente de uniformidade de distribuição:

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{\bar{x}q} * 100 \quad (\text{eq. 4})$$

Em que,  $CUD$  é o coeficiente de uniformidade de distribuição (%);  
 $q_{(25\%)}$  é a média do menor quartil observado;  
 $\bar{x}q$  é a média de todas as vazões.

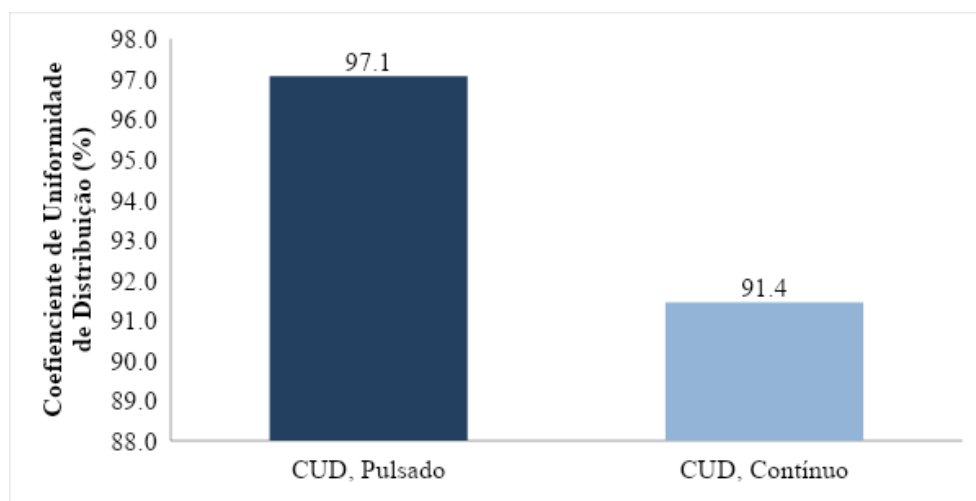


**Figura 4.** Croqui da área, representando um tratamento, com suas quatro linhas e os gotejadores que foram utilizados para realizar a coleta da vazão durante o teste de uniformidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

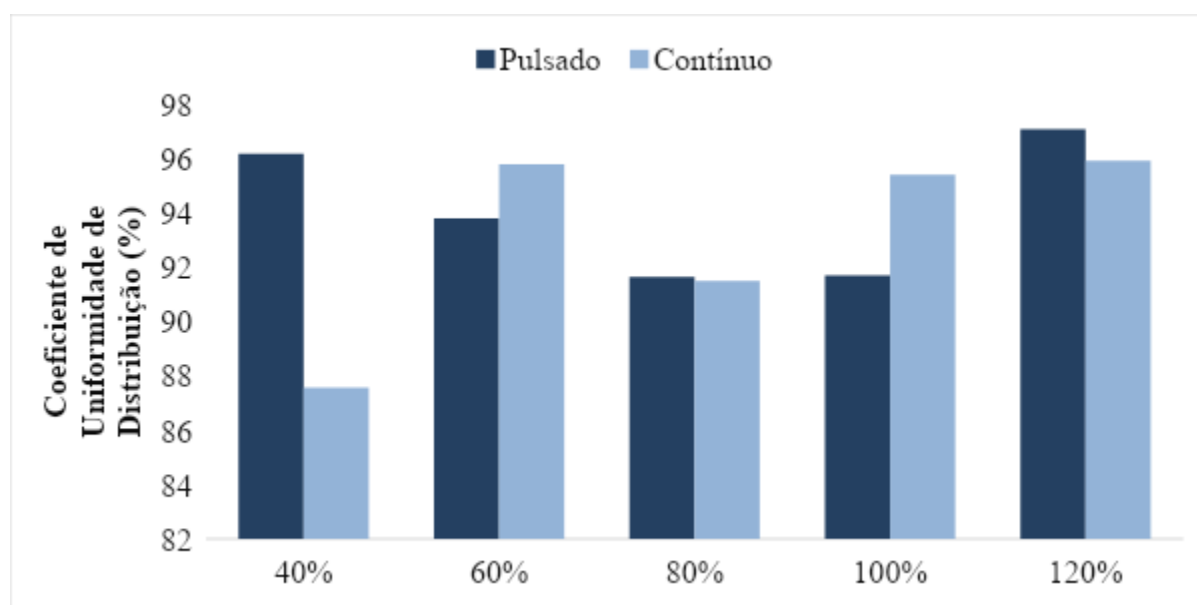
### 1. Uniformidade de vazão

A uniformidade da vazão foi maior para as lâminas de irrigação aplicadas pulsadas em comparação com as lâminas de irrigação contínua. Na figura 5 é possível observar que a uniformidade de vazão das lâminas contínuas é de 91,4% e para as lâminas pulsadas é de 97,1%, ocorrendo um incremento de 5,7%. Segundo Abdelraouf (2009), a aplicação de lâmina de água pulsada diminui a taxa de entupimento dos emissores. Um sistema com maior uniformidade de vazão pode ser considerado mais eficiente no uso da água. Esta maior uniformidade de vazão observada torna as lâminas de aplicação pulsadas mais eficientes em comparação com as lâminas de aplicação contínuas.



**Figura 5.** Uniformidade da vazão medida através do coeficiente de uniformidade de vazão(CUD), em relação a lâminas pulsadas e contínuas.

As diferentes uniformidades de vazão nas diferentes lâminas de reposição podem ser resultado de diferentes elevações da fita gotejadora e entupimentos nos gotejadores. Na figura 6 é possível observar que a lâmina de reposição de 120% de aplicação pulsada apresentou a maior taxa de uniformidade da vazão.



**Figura 6.** Uniformidade de vazão em relação às lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura, medida através do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD).

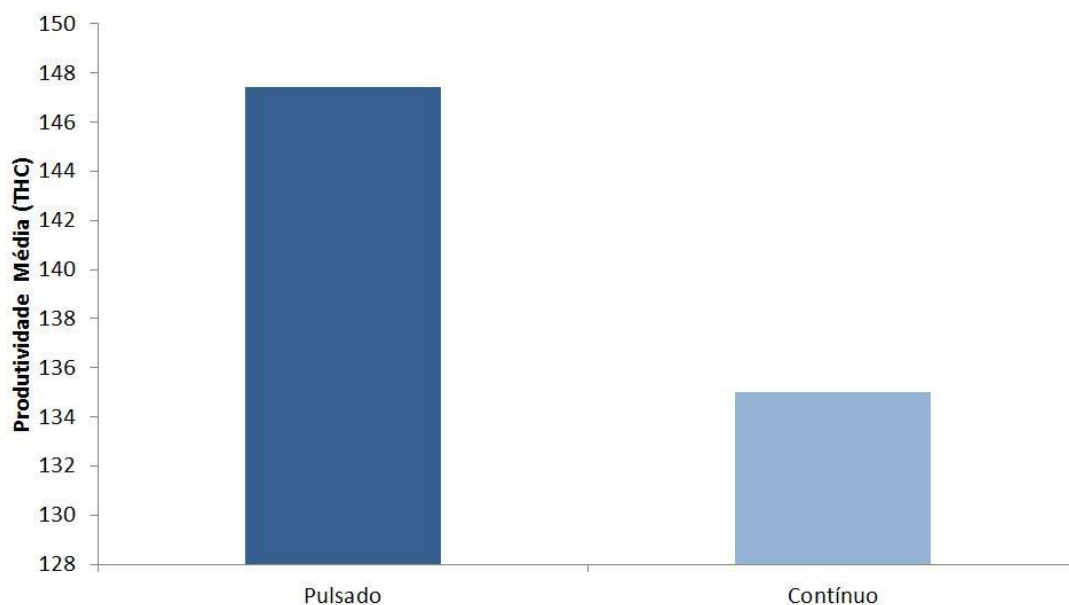
Esta maior uniformidade de vazão observada torna as lâminas de aplicação pulsadas mais eficientes. Após as análises estatísticas foi observado que não houve diferença significativa entre os coeficientes de uniformidade de distribuição.

**Tabela 2.** Análise de variância da uniformidade de vazão do sistema de irrigação.

FV	GL	SQ	QM	FC	PR>FC
Aplicação	1	6	6,239454	0,362	0,5549
Lâmina	4	28,20392	7,05098	0,409	0,7997
Bloco	2	61,16686	30,58343	1,775	0,1979
Aplicação*Lâmina	4	49,97785	12,49446	0,725	0,5863
Erro	18	310,2026	17,23348		
Total corrigido	29	15311,09			
CV (%)	4,35				
Média	95,47				

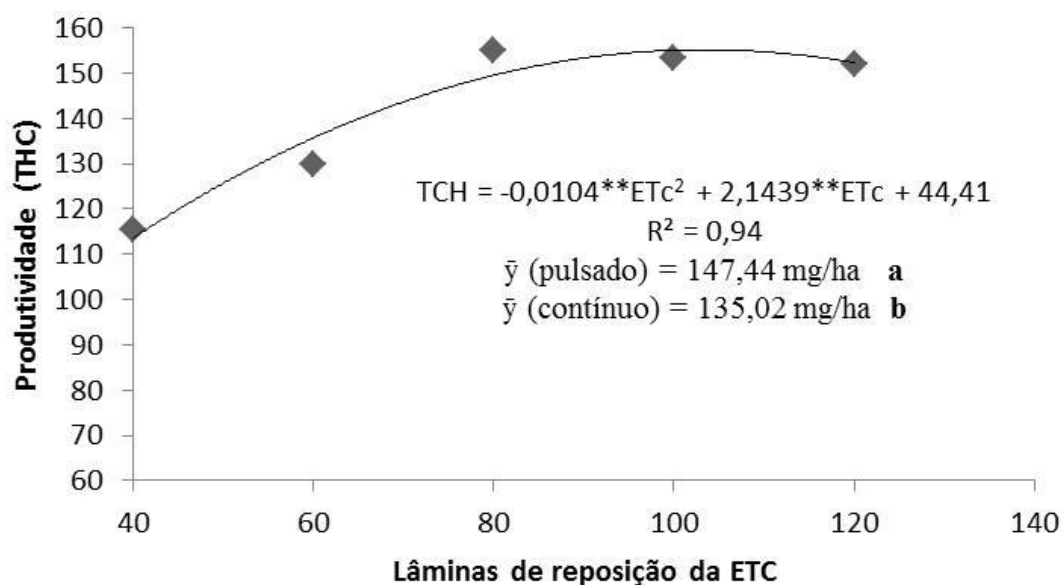
## 2. Produtividade

Através da análise de variância foi constatado que há diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tipos de aplicação da lâmina de irrigação, sendo este pulsado e contínuo. A produtividade média obtida com a aplicação da lâmina pulsada e contínua foi de, respectivamente 147, 44 Mg/ha e 135,02 Mg/ha, sendo equivalente a um incremento de 9,20% na produtividade.



**Figura 7.** Produtividade média obtida com os diferentes métodos de aplicação da lâmina de irrigação.

Houve diferença significativa entre as lâminas de reposição da ETC. A lâmina de máxima eficiência foi a de 102,57%, na qual seria obtido a produtividade de 154,89 mg/ha. Isso equivale a um incremento de 36,44% sobre a lâmina de 40%, cuja produtividade média foi de 125,98 mg/ha.



**Figura 8.** Produtividade dos colmos (THC) em relação às diferentes lâminas de aplicação de ETC(40%, 60%, 80%, 100% e 120%).



**Tabela 3.** Análise de variância da produtividade da cana-de-açúcar.

FV	GL	SQ	QM	FC	PR>FC
Tipo	1	1.543	1543,434	12,172	0,0017
Lâmina	4	10019,139	2504,785	19,753	0
Tipo*Lâmina	4	123,9230	30,98077	0,24	0,9106
Repetição	3	200,8775	66,95918	0,528	0,6668
Erro	27	3423,7171	126,8043		
Total	39	15311,09			
corrigido					
CV (%)	7,97				
Média	141,2322				

Os resultados obtidos estão de acordo com a literatura consultada. Oliveira et al. (2014) realizando estudos no Vale do São Francisco observou que a produtividade da cana-de-açúcar cresce linearmente com o aumento das lâminas de aplicação da ETC de 40%, 60% e 80%. O gotejamento subsuperficial pulsado tem se mostrado eficiente no incremento da produtividade de outras culturas. Segundo Zamora (2018) a irrigação pulsada na cultura do coentro gerou um acréscimo de 2,4% na produção de massa da parte aérea quando comparado com a irrigação contínua. Para a cultura do amendoim, a irrigação pulsada resultou no aumento de 27% e 30% da produção de massa fresca e massa seca, respectivamente, em relação à produção gerada com a irrigação contínua (CRUZ., et al 2021). De acordo com Abuarab, El-mogy, and Lotfy (2011) a aplicação da lâmina de irrigação pulsada gerou um aumento de 180% na produção de massa fresca de feijão verde quando comparado com a aplicação da lâmina contínua.

Não houve interação significativa entre os fatores lâmina e tipo de aplicação. Não houve diferença significativa entre as repetições.

- Atividade 1. Pesquisa bibliográfica.
- Atividade 2. Condicionamento e adaptação da infraestrutura experimental.
- Atividade 3. Ensaio da uniformidade de vazão em emissoras antes e depois do experimento.
- Atividade 4. Tratos culturais e condução do experimento.
- Atividade 5. Colheita e determinação da produtividade.
- Atividade 6. Análise estatística.
- Atividade 7. Elaboração do relatório parcial/final;
- Atividade 8. Elaboração de artigos científicos.

[illegible]

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não houve diferença significativa na uniformidade de vazão dos emissores com diferentes tipos de lâmina de aplicação.

A produtividade dos colmos é afetada pelo tipo de aplicação da lâmina de irrigação, sendo maior com a utilização do sistema de irrigação por gotejamento pulsado quando comparado com a aplicação da lâmina de água contínua, pois estes alcançaram 147, 44 mg/ha e 135,02 mg/ha, respectivamente.

Observou-se que, independente do tipo de aplicação, as lâminas de reposição da ETC influenciaram a produtividade dos colmos, alcançando a produtividade média de 154,89 mg/ha com a lâmina de máxima eficiência de 102%. Assim, fica clara a necessidade de mais estudos sobre a utilização do método de aplicação de lâmina pulsada em sistema de irrigação com gotejamento subsuperficial para a cultura da cana-de-açúcar, pois este método de aplicação de água é uma ferramenta promissora para o incremento da produtividade da cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELRAOUF, R. E. ET AL. **Effect of pulse irrigation on clogging emitters, application efficiency and water productivity of potato crop under organic agriculture conditions.** Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Amman, v. 6, n. 3, p. 807-816, 2012.

ALMEIDA, W. F. **Gotejamento por pulsos e cobertura do solo na formação do bulbo molhado e produtividade da alface americana.** 2012. 80 f. Tese (Doutorado em Engenharia de água e Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 2012.

ALBUQUERQUE, P. E. P., DURÃES, F. O. M. *Uso e manejo de irrigação.* 2ª ed. Brasília: Embrapa, 2013. 528p.

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, Brasília, v. 47, n. 1, p. 78-84, 2012.

ARAÚJO, V. D. B. et al. **Uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por microaspersão no projeto irrigado de Apolônio Sales.** In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25., 2015, Aracaju. Anais... Aracaju: UFS, 2015.

ASSIS, P. C. O., LACERDA, R. D., AZEVEDO, H. M., DANTAS NETO, J., FARIAS, C. H. **A. Resposta dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar a diferentes lâminas de irrigação e adubação.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 4, n. 2, p. 337-342, 2004.

AZEVEDO, J.A., SILVA, E.M. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação.** Planaltina: Embrapa Cerrados. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 001) 33p, 1999.

BARROS, A.C., FOLEGATTI, M. V., SOUSA, C. F., SANTORO, B. L. **Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande – PB, v. 13, n.6, p 700-707, 2009.

BASTOS, A. V. S., OLIVEIRA, R. C., FURTADO, N., TEIXEIRA, M. B., ANTONIO, F., SOARES, L., CABRAL, E. **Productivity and dry matter accumulation of sugarcane crop under irrigation and nitrogen application at Rio Verde GO, Brazil.** American Journal of Plant Sciences, v. 6, n. 14, 2374-2384, 2015.

BATISTA, E. L. S., ZOLNIER, S., RIBEIRO, A., LYRA, G. B., SILVA, T. G. F., BOEHRINGER, D. **Avaliação do efeito do estresse hídrico no crescimento de cultivares de cana-de-açúcar usando um sistema automático de fertirrigação.** Engenharia Agrícola, v. 35, n. 2, p. 215-229, 2015,

CALGARO, M., BRAGA, M. B. Determinação da uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada. Petrolina-PE: **Embrapa Semi-Árido**, 2008. (Instruções Técnicas, 86). Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/249056> >. Acesso em: abril 2022.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. **Série histórica das Safras.** Brasília:2021.Disponível em:  
<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 24 abril 2022.

**Coelho, E. F, Borges, A. L. aspectos básicos da fertirrigação. in: Borges, a.l.; Coelho, E. F. Fertirrigação em fruteiras tropicais. 2. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 9-19.**

DIOLA, V., SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol.** Tecnologia e perspectivas. 2ªedição. Viçosa - MG. 2011. p. 27-49.

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

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nation. **OECD AGRICULTURAL OUTLOOK** 2019-2028. 2019. Disponível em < [https://www.fao.org/3/CA4076EN/CA4076EN\\_Chapter5\\_Sugar.pdf](https://www.fao.org/3/CA4076EN/CA4076EN_Chapter5_Sugar.pdf) > Acesso em: abril de 2022.

**Incid.** Drip Irrigation-Prospects and Coverage in India. Published by Indian National Committee on Irrigation and Drainage, Ministry of Water Resources, New Delhi, 2006. Disponível em: <http://worldcat.org/identities/lccn-no2001001570/>. Acesso em: abril de 2022.

INMAN-BAMBER, N.G., BONNETT, G.D., SPILLMAN, M.F., HEWITT, M.I., JACKSON, J. **Increasing sucrose accumulation in sugarcane by manipulating leaf extension and photosynthesis with irrigation.** Australian Journal of Agricultural Research, v.59, p.13-26, 2008.

MARQUES, P. A. A., FRIZZONE, J. A., TEIXEIRA, M. B. **O estado da arte da irrigação por gotejamento subsuperficial.** Colloquium Agrariae, v. 2, n. 1, p. 17-31, mar. 2006. DOI: 10.5747/ca.2006.v02.n1.a2017.

PIRES, R.C.M., BARBOSA, E.A.A., ARRUDA, F.B., SILVA, T.J.A., SAKAI, E., LANDELL, M.G.A. **Subsurface Drip Irrigation in Different Planting Spacing of Sugarcane; Geophysical Research Abstracts.** In Proceedings of the EGU General Assembly, Vienna, Austria, 22–27 April 2012

MANTOVANI, E. C., BERNARDO, S., PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos.** 3. ed., atual. E ampl. - Viçosa: Ed. UFV, 2013. p. 227 -305

OLIVEIRA, A. R., BRAGA, M. B., SIMÕES, W.L., WALKER, A. M. **Influência de lâminas de irrigação nas características tecnológicas de cana-de-açúcar.** Petrolina: Embrapa Semiárido (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 127), 2016. 22p

OLIVEIRA, A. R. DE; BRAGA, M. B.; SANTOS, B. L. S. **Produção de biomassa de cana-de-açúcar no vale do são francisco. energia na agricultura, [S. l.],** v. 29, n. 1, p. 27–38, 2014. DOI: 10.17224/EnergAgric.2014v29n1p27-38. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/805>. Acesso em: 9 set. 2022.

OLIVEIRA, M. H. R. DE; SOUSA, A. E. C.; ÁVILA, E. A. DA S.; OLIVEIRA, R. S. DE; SILVA, R. M. DA; VENTURA, M. V. A. **Sugarcane productivity under localized irrigation: a systematic review. Research, Society and Development, [S. l.],** v. 9, n. 7, p. e104973966, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.3966. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3966>. Acesso em: 9 sep. 2022.

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

SANTOS, C. S. DOS., SANTOS, D. P., SILVA, P. F., ALVES, E. S., SANTOS, M. A. L. **Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento.** Revista Verde. 2013, 8, 3, 10-16.

SHINDE, P.P., DESHMUKH, A.S. **Sugarcane nutrition through rain gun sprinkler irrigation.** Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 26, 481–484. 2007.

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. Atualização em produção de cana-de-açúcar Piracicaba. 2006a. p.19-36.

MAROUELLI, W. A., OLIVEIRA, A. S., COELHO, E. F., NOGUEIRA, L. C., SOUSA, F. F. **Manejo da água de irrigação.** In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E.F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, A. M. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Embrapa Informação Tecnológica. p. 159 -232. 2011.

MENEZES, Sirleide Maria de. **Estado nutricional e acúmulo de nutrientes em coentro fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado.** 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

NOGUEIRA, C.C.P.; COELHO, E.F.; LEÃO, M.C.S. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n 3, p 315-320. Campina Grande-PB, 2000.

YAN, S., WU, Y., FAN, J., ZHANG, F.; QIANG, S., ZHENG, j., XIANG, Y., GUO, J., ZOY, H. **Effects of water and fertilizer management on grain filling characteristics, grain weight and productivity of drip-fertigated winter wheat.** Agricultural Water Management, v. 213, p. 983-995, 2019.

ZAMORA, V. R. O., Silva, M. M., Silva, G. F., Junior, J. A. S., Menezes, D., Menezes, S. M. **Pulse drip irrigation and fertigation water depths in the water relations of coriander.** Rev. Hort. Bras. 2019.

ZAMORA, V. R. **Gotejamento por pulsos sob cinco lâminas de fertirrigação na produtividade da cultura do coentro** 2018. 90 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

## **ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA**

- Participação como ouvinte de palestra ‘Gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar’ da Inovagri
- Participação como ouvinte da palestra ‘Softwares aplicados à agricultura irrigada’.
- Participação como ouvinte no curso Avaliação de Equipamentos de Irrigação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.
- Participação como ouvinte da palestra ‘Uso de Redes neurais na agricultura irrigada’ da Inovagri.
- Participação como ouvinte da palestra ‘Irrigação por pulsos: eficiência e desafios’ da Inovagri.
- Participação como ouvinte do curso ‘Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para irrigação (SiBCTI)’ da Embrapa.





---

*Emitido em 29/06/2023*

**RELATÓRIO Nº 1971/2023 - DCAA-DAG (11.01.02.06.06)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 29/06/2023 14:45 )*

LEILA DE SOUZA FERRAZ

ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO

DCAA-DAG (11.01.02.06.06)

Matrícula: ###419#2

Visualize o documento original em <https://sigs.ufrpe.br/documentos/> informando seu número: **1971**, ano: **2023**, tipo: **RELATÓRIO**, data de emissão: **29/06/2023** e o código de verificação: **f98feee052**