

Produtividade da cana-de-açúcar sob irrigação localizada: uma revisão sistemática

Sugarcane productivity under localized irrigation: a systematic review

Productividad de la caña de azúcar bajo riego localizado: una revisión sistemática

Recebido: 25/04/2020 | Revisado: 26/04/2020 | Aceito: 27/04/2020 | Publicado: 29/04/2020

Manoel Henrique Reis de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5820-1011>

Instituto Federal Goiano campus Ceres, Brasil

E-mail: manoel.oliveiragro@gmail.com

Antonio Evami Cavalcante Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0244-7143>

Instituto Federal Goiano campus Ceres, Brasil

E-mail: evami.sousa@gmail.com

Eloisa Aparecida da Silva Ávila

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3960-4149>

Instituto Federal Goiano campus Ceres, Brasil

E-mail: eloisa.avila@ifg.edu.br

Rafaela Santos de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0265-7984>

Faculdade Evangélica de Goianésia, Brasil

E-mail: rafaela.oliveiragro@gmail.com

Rafael Matias da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5072-0538>

Instituto Federal Goiano campus Ceres, Brasil

E-mail: rafael.gsia10@gmail.com

Matheus Vinicius Abadia Ventura

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9114-121X>

Instituto Federal Goiano campus Rio Verde, Brasil

E-mail: matheusvinicius10@hotmail.com

Resumo

A cana-de-açúcar é uma das culturas que vem se expandindo cada vez mais no Brasil, aumentando suas áreas plantadas dia após dia e, conseqüentemente, sua produção de açúcar e etanol. Esta revisão tem como objetivo avaliar a produtividade e os aspectos agrônômicos resultantes da produção sob irrigação localizada. Pesquisadores independentes analisaram os bancos de dados; Science Direct e Scopus, sem restrição de idioma, para artigos publicados entre janeiro de 1990 e maio de 2018. Incluímos artigos com as seguintes características: (a) cana e/ou *Saccharum officinarum*, cana-de-açúcar, (b) irrigação e/ou manejo da água, disponibilidade de cana-de-açúcar, disponibilidade de água para irrigação da cana-de-açúcar, cultivo com maior área irrigada, aumento de produtividade, coeficiente de necessidade de água para cultivo (c) irrigação localizada, cana irrigada por gotejamento e irrigação por gotejamento em cana-de-açúcar. Dos estudos analisados, 100% encontraram efeitos benéficos do uso da irrigação localizada na produtividade da cana-de-açúcar, alguns artigos relataram que a influência do custo de implantação é maior que em outros sistemas, no entanto, concluiu-se que a irrigação localizada foi superior em todos os atributos analisados no presente estudo como ganho no aumento do rendimento de caules. Observando que o sistema de irrigação foi mais produtivo em todos os comparativos.

Palavras-chave: Cultivo irrigado; cana irrigada; gotejamento; irrigação; água; *Saccharum officinarum*

Abstract

Sugarcane is one of the crops that has been expanding more and more in Brazil, increasing its planted areas day after day and, consequently, its production of sugar and ethanol. This review aims to evaluate productivity and agronomic aspects resulting from production under localized irrigation. Independent researchers analyzed the databases; Science Direct and Scopus, without language restriction, for articles published between January 1990 and May 2018. We include articles with the following characteristics: (a) cane and/or *Saccharum officinarum*, sugarcane, (b) irrigation and/or water management, availability of sugarcane, availability of water for irrigation of sugarcane, cultivation with a larger irrigated area, increased productivity, coefficient of water requirement for cultivation (c) localized irrigation, cane drip irrigation and drip irrigation in sugar cane. Of the studies analyzed, 100% found beneficial effects of the use of localized irrigation on the productivity of sugarcane, some articles reported that the influence of the implantation cost is greater than in other systems,

however, it was concluded that the localized irrigation it was superior in all the attributes analyzed in the present study as gain in the increase of the stem yield. Observing that the irrigation system was more productive in all comparisons.

Keywords: Irrigated cultivation; irrigated cane; drip; irrigation; water; *Saccharum officinarum*

Resumen

La caña de azúcar es uno de los cultivos que se ha expandido cada vez más en Brasil, aumentando sus áreas plantadas día tras día y, en consecuencia, su producción de azúcar y etanol. Esta revisión tiene como objetivo evaluar la productividad y los aspectos agronómicos resultantes de la producción bajo riego localizado. Investigadores independientes analizaron las bases de datos; Science Direct y Scopus, sin restricción de idioma, para artículos publicados entre enero de 1990 y mayo de 2018. Incluimos artículos con las siguientes características: (a) caña y/o *Saccharum officinarum*, caña de azúcar, (b) riego y/o manejo del agua, disponibilidad de caña de azúcar, disponibilidad de agua para riego de caña de azúcar, cultivo con un área regada más grande, mayor productividad, coeficiente de requerimiento de agua para el cultivo (c) riego localizado, caña riego por goteo y riego por goteo en caña de azúcar. De los estudios analizados, el 100% encontró efectos beneficiosos del uso del riego localizado en la productividad de la caña de azúcar, algunos artículos informaron que la influencia del costo de implantación es mayor que en otros sistemas, sin embargo, se concluyó que el riego localizado fue superior en todos los atributos analizados en el presente estudio como ganancia en el aumento del rendimiento del tallo. Observando que el sistema de riego fue más productivo en todas las comparaciones.

Palabras clave: Cultivo regado; caña regada; goteo; riego; água; *Saccharum officinarum*

1. Introdução

O Brasil continuará sendo o principal produtor de açúcar e etanol de cana-de-açúcar, produzindo 34% da cana-de-açúcar mundial até 2027, que será usada para 20% da produção mundial de açúcar, e 88% do etanol global à base de cana-de-açúcar, contra 22% e 90%, respectivamente, durante o período base (OECD-FAO, 2018). A produção brasileira de cana-de-açúcar, na safra 2018/19 é estimada em 635,51 milhões de toneladas ante os 633,26

milhões da safra 2017/18. Na safra 2018/2019, a média de produtividade estimada foi de, aproximadamente, 73,4 toneladas por hectare.

Batista (2013) expõe que, em determinadas regiões do centro-oeste brasileiro, caracterizado pelo bioma Cerrado, é comum ocorrerem irregularidades de chuvas em associação com altas temperaturas em alguns períodos do ano. Esta irregularidade pode resultar em déficits hídricos (abril-maio até setembro-outubro), sendo considerado um problema para o desenvolvimento do canavial, causando queda de produtividade.

As empresas de pesquisa responsáveis pelo desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar estão fazendo cruzamentos direcionados, ou seja, cruzamentos regionalizados conforme a região produtora (Marafon, 2012; Pinto, 1995). Com a utilização desses materiais regionalizados, obteremos informações relevantes direcionadas para nossa região centro norte do Estado de Goiás, potencializando produtividade e reduzindo custos de produção.

A agricultura irrigada desempenha papel fundamental na segurança e sustentabilidade alimentar mundial. A cana-de-açúcar, sendo uma cultura de ciclo prolongado (360-540 dias) e elevada exigência de água do plantio até a colheita (100-200 cm de água), merece grande atenção no sentido de serem adotadas tecnologias eficientes de gerenciamento de água em todo o mundo (Shannon, 1992).

A água é o insumo mais importante na agricultura e tem feito uma contribuição significativa, fornecendo estabilidade da produção de grãos de alimentos. Devido a falhas de precipitação e rebaixamento de nível do lençol freático, a demanda de água aumenta dia a dia. Por causa do aumento da escassez de água, é de suma importância uma gestão adequada da irrigação, sendo a adoção de sistemas eficientes essencial para alcançar a máxima eficiência do uso da água de irrigação.

O uso de sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial (SDI) pode proporcionar uma melhoria na eficiência no uso da água. Estes sistemas aplicam a água de irrigação diretamente no solo e ao pé da planta em vez de na superfície (Ayars et al., 1999).

Segundo relatado por Shrivastava et al. (2011), a cultura da cana é muito exigente em água no decorrer do seu ciclo. Estudos com lisímetros revelaram que uma planta de cana, do estágio de plântula até a colheita, requer 88-118 kg de água / kg de cana e 884-1157 kg água / kg de açúcar produzido, respectivamente, no ciclo de cana-planta e cana-soca.

Entre as tecnologias necessárias para o incremento produtivo na cultura da cana, a irrigação está sendo grandemente difundida e vem sendo responsável por grandes acréscimos na produtividade. A combinação de variedades e irrigação deve ser avaliada sobre a

possibilidade de promover aumento da produtividade, com definição de sistemas de irrigação que melhor se adaptam ao déficit hídrico e só uso racional dos recursos hídricos.

A irrigação localizada vem crescendo cada vez mais na agricultura irrigada, e isso se deve ao fato de trazer grande economia de água, além de ter uma boa eficiência de aplicação (Ravina et al., 1992). Os sistemas de irrigação localizada são capazes de aplicar água apenas no sistema radicular das culturas, em quantidades pequenas, porém mantendo a umidade do solo sempre ao ponto da capacidade de campo. De acordo com a Carrijo et al. (2004), os principais sistemas da irrigação localizada são o de microaspersão e o de gotejamento.

Sob a circunstância da alta demanda de água, a irrigação por gotejamento na cultura da cana-de-açúcar tem se tornado uma opção estratégica, por economizar uma quantidade substancial de água de irrigação (13,5 a 56,3% em cana-de-açúcar) quando comparado ao método de irrigação por sulco (Alam & Kumar, 2001).

Confirmando estudos feitos por Shrivastava et al. (2011), a cana-de-açúcar é uma importante cultura de alto rendimento, que não só produz 78% do açúcar em todo o mundo, mas também contribui para demandas de energia por cogeração e álcool como combustível, produzindo um grande número de recursos úteis de alto valor agregado, além de milhões de agricultores e trabalhadores estarem envolvidos em sua cadeia produtiva. Entende-se então a necessidade de estudos de métodos de irrigação mais eficientes que contribuam para o aumento de produtividade.

Neste contexto, com o aumento progressivo da utilização do sistema de irrigação localizada, são necessários estudos técnicos e com validação científica para determinado uso. Neste artigo de revisão sistemática, temos como objetivo avaliar a produtividade da cana-de-açúcar sob irrigação localizada, em pesquisas realizadas em âmbito global.

2. Metodologia

O presente estudo embasou-se em uma revisão sistemática de literatura de trabalhos indexados nas bases de dados eletrônicos Science Direct e Scopus, sem idioma de restrição, para artigos publicados entre janeiro de 1990 e maio de 2018, limitando-se apenas a artigos originais, sendo a natureza do trabalho quantitativa (Pereira et al., 2018).

A estratégia de busca dos artigos e as palavras chave utilizadas estão apresentadas no Quadro 1.

Estratégia de pesquisa: (("sugar cane") AND ("irrigation") AND ("localized OR drip OR micro sprinkler"))).

Quadro 1. Estratégia de Busca

2.1. Estratégia de pesquisa e critérios de elegibilidade

Incluimos artigos com as seguintes características: (a) cana-de-açúcar e/ou *Saccharum officinarum*, canavial, cana; (b) cana irrigada e/ou manejo hídrico, cultura da cana, disponibilidade hídrica para irrigação da cana-de-açúcar, cultura com maior área irrigada, incremento de produtividade, coeficiente de necessidade hídrico da cultura; e (c) irrigação localizada, cana irrigada por gotejo, gotejamento superficial em cana-de-açúcar. Neste contexto, a irrigação localizada na cultura da cana foi definida como “um manejo capaz de alavancar os resultados de produtividade da cultura e/ou resposta produtiva da cultura da cana em resposta à irrigação localizada.

Estudos que abordaram irrigação por sulcos, aspersão convencional, aspersão com autopropelido, irrigação superficial ou manejo do lençol freático não foram incluídos na presente pesquisa. Os critérios de exclusão foram: (a) outras culturas irrigadas; (b) sistemas de irrigação; (c) estudos com dados incompletos, livros ou artigos de revisão; (d) rotação ou consorcio de culturas; e (e) culturas não agrícolas.

2.2. Processo de revisão

Depois de executar a estratégia de busca, Figura 1, artigos em duplicata foram removidos. Dois revisores, MHRO e RMS, na sequência, selecionaram de forma independente os títulos e resumos de todos os artigos identificados na pesquisa bibliográfica para inclusão na revisão sistemática.

Desacordos sobre a inclusão do manuscrito foram avaliados por análise de concordância (percentual de concordância) e resolvidos por um terceiro revisor (RSO). Os restantes dos artigos foram lidos na íntegra e avaliados para sua elegibilidade, com base no critério de inclusão e exclusão. Finalmente, os artigos elegíveis foram incluídos na presente revisão sistemática. Além disso, as listas de referência de artigos incluídos foram pesquisadas para identificar estudos perdidos por pesquisas de banco de dados.

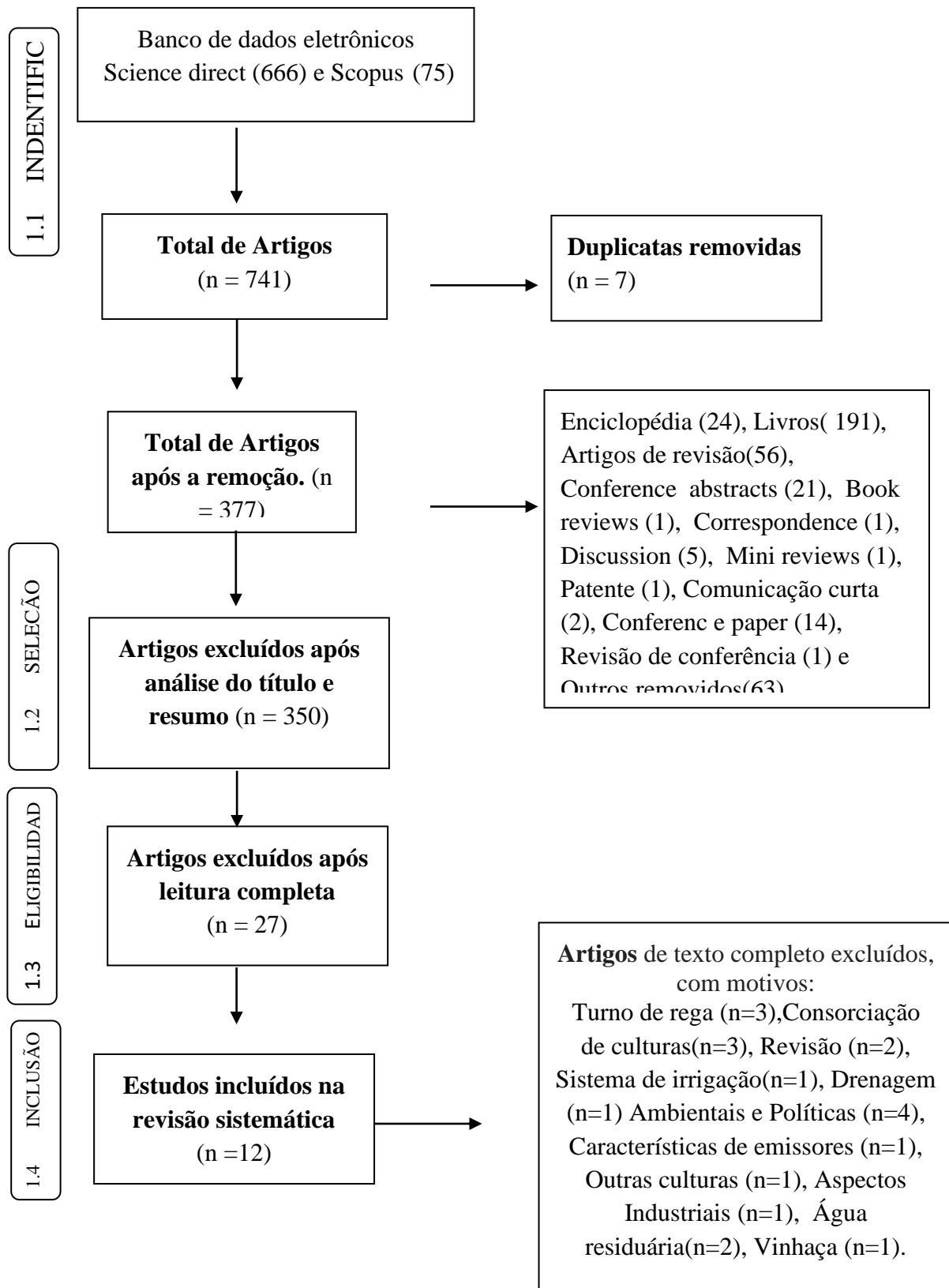
Em relação à extração de dados, avaliação de qualidade e síntese dos artigos selecionados, foram extraídos os seguintes dados: autores, ano de publicação, produtividade, eficiência, consumo, local irrigado, resposta fisiológica, níveis de irrigação, qualidade industrial, equipamentos utilizados, tecnologia e métodos.

3. Resultados e Discussão

3.1. Pesquisa bibliográfica e estudos incluídos

O diagrama PRISMA ilustra o processo de seleção dos estudos (Figura 1). Iniciamos a pesquisa com 741 artigos, 337 artigos completos e sete duplicatas. Após leitura dos títulos e resumos, 350 foram excluídos, pois abordavam assuntos não correspondentes ao objetivo proposto. Após a seleção inicial, os 27 artigos restantes foram lidos na íntegra e mais 15 foram excluídos por não apresentarem os critérios de elegibilidades. Posteriormente, somente 12 artigos foram incluídos na revisão sistemática.

Figura 1. PRISMA diagrama. Análise qualitativa e quantitativa



Os estudos selecionados foram conduzidos em 7 países distintos, entre eles os três maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo: Brasil, Índia e China. Os resultados analisados foram todos positivos, trazendo benefícios agrônômicos, industriais e econômicos para a cultura. As variedades de cana-de-açúcar foram diferentes em cada estudo, trabalhou-se com as variedades NI-4, SAIPAN 17, RB92579, RB 72454, RB867515, RB855536, SP80-3280, MEX 69-290, S-17, PI 96-0843 e Co 86-032, todas regionalizadas para cada país em que foi feita a pesquisa.

As épocas de cada um dos estudos são variáveis, sendo 3 da década de 90 e o restante dos anos 2000, todos foram avaliados em campos experimentais. Em todos os estudos, os tratamentos foram diversificados, sendo trabalhados com diferentes formas de aplicações, diferentes parâmetros de testemunha e diferentes unidades de medidas, além de todos pertencerem a características de solo relacionadas a clima, relevo e localizações distintas entre si (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos Estudos e Principais Resultados em Cana Irrigada por Irrigação Localizada

Titulo	Ano	País	Objetivos	Variedades	Tipo de irrigação	Principais resultados	Tratamentos	Testemunha
An assessment of drip irrigation of sugar cane on poorly structured soils in Swaziland	1990	Suazilândia	Avaliar rendimento e desempenho Agrônômico e operacional	Ni-4	Gotejamento e Superficial	7,5% > TCH (Tonelada de cana/hectare gotejo X Superficial Inundado.	2 SISTEMAS de Gotejo e Superficial por inundação 3 tipos de Fertirrigação 6 repetições	Irrigação Superficial por inundação.
Importance of irrigation regime, dripline placement and row spacing in the drip irrigation of sugar cane	1990	República da Maurícia	Avaliar desempenho e financeiro da irrigação aérea e superficial	Saipan 17	Gotejamento	Nível de 50% ETC > 4 toneladas/hectare X 100% ETC e 10 toneladas/hectares X 150%ETC. Sequeiro produziu 55Ton < irrigado em um espaçamento simples e 37 t/hectare< irrigado espaçamento duplo.	2 espaçamentos 3 níveis de irrigação- 150-100 e 50% ETC 2 Sistemas de Gotejo superficial e sobre a copa 3 repetições	2 tratamentos sem irrigação sendo 1 para cada espaçamento
The control of drip irrigation of sugarcane using 'index' tensiometers: some comparisons with control	1990	República da Maurícia	Efeito da tensão de umidade no solo e produtividade de cana	S-17	Gotejamento	Gotejo enterrado produziu 130,7 t/ha em terceiro ano e o manejo via solo foi mais eficiente no uso da água X Via Clima.	2 Tipo de Gotejo sendo enterrado e superficial. 2 níveis de irrigação 50 e 100% Via Clima ETC e 2 Profundidade de Tensiômetros Via Solo 20 e 30 cm .	Método Via Clima Testemunha

Economic depth of drip irrigation on sugarcane	2015	Brasil	Produtividade agrícola e industrial de cana irrigada	Rb92579	Gotejamento	T7 x Test T0 = 70 TCH>1ºANO 32 TCH>2ºANO 42 TCH>3ºANO	7 Níveis de irrigação (0-25-50-75-100-125-150% ETC)	Sequeiro ETC=0
Isoquantas de produtividade da cana-de-açúcar em função de níveis de irrigação e adubação nitrogenada.	2013	Brasil	Determinar produtividade de cana em relação a lâminas e doses de N	Rb92579	Gotejamento	Viabilidade econômica para produção 160 TCH com 112 kg de N e 390 mm irrigação complementar.	7 Níveis de irrigação (0-25-50-75-100-125-150% ETC) e 5 Doses de N (0-50-100-150-200 KG/HA)	Sequeiro ETC=0
Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com n e k via gotejamento subsuperficial	2008	Brasil	Estudar efeito da fertirrigação e irrigação de gotejo em cana soca	Rb 72454	Gotejamento	43,5 TCH 2º corte e 67,2 TCH 3º corte > TEST	4 NÍVEIS DE ADUBAÇÃO DE N e K. 2 ciclos de cultivo. Irrigação 20 mm.	Sequeiro
Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento	2011	Brasil	Estudar o efeito da irrigação por gotejamento, em cultivares de cana-de-açúcar, em dois ciclos de produção (cana planta e cana soca)	RB867515; RB855536 e SP80-3280,	Gotejamento	Gotejo-TCH 24%>Sequeiro; Gotejo - TAH 23%>Sequeiro	3 variedades e dois manejos de irrigação, Gotejamento subsuperficial e sequeiro	Sequeiro

Soil moisture tension effect on sugar cane growth and yield	2016	México	Avaliar efeito tensão e umidade no crescimento e produção de cana	Mex 69-290	Gotejamento	T3 179 % > Testemunha T2 246% > Testemunha T1 252% > Testemunha em tonelada de cana/hectare TCH (53,37 Test, T1-134,72, T2 128,33 e T3 95,75)	Manejo via solo com 3 tensões de manejo: T1 15 KPA t2 45 kpa e t3 75 kpa	Testemunha sequeiro
Low cost drip irrigation: Impact on sugarcane yield, water and energy saving in semiarid tropical agro ecosystem in India	2016	Índia	Avaliar o desempenho de diferentes métodos de irrigação em cana-de-açúcar	PI 96-0843, Co 86-032	Gotejamento e Sulcos	Gotejamento convencional produção de 120,4 T há ⁻¹ , Gotejamento de baixo custo produção de 118,6 t/ha ⁻¹ e inundaçã ou irrigação por sulco produção de 94,4 t/ há ⁻¹	Gotejo convencional, com espaçamento simples e duplo, inundaçã/sulco com espaçamento simples e duplo e gotejo de baixo custo espaçamento simples, em duas variedades de cana-de-açúcar	Método de Indundaçã/sulco
Management of drip irrigated sugarcane in western India	2008	Índia	Avaliar a produtividade da cultura, e sua eficiência de utilização, uso de água de irrigação para dois anos	CO 7219	Gotejamento e Sulcos	Gotejamento produção 19,7% > que a irrigação por sulco	Gotejo convencional, com espaçamento duplo, com 3 turnos de rega versus método de irrigação convencional por sulco	Método de Indundaçã/sulco

		safra						
Performance of surface and Subsurface drip fertigation on yield and Water use efficieny of sugarcane	2016	Tailândia	Avaliar os efeitos da irrigação por gotejamento maximizar a produtividade da cana e a eficiência do uso da água	-	Gotejamento	Gotejamento superficial 30,73% > Gotejamento subsuperficial economia de água. E Produção de cana por hectare na fertirrigação de 193,94 Toneladas>175,14 Toneladas fertirrigação gotejo superficial>98,38 Toneladas, irrigação gotejo superficial.	Gotejo superficial e gotejo subsuperficial com diferentes níveis de fertirrigação.	Gotejo superficial 100% evapotranspiração
Effects of Sub-soil Drip Fertigation on Sugarcane in Field Conditions	2012	China	Verificar o efeito da irrigação por gotejamento subsuperficial e fertirrigação, o rendimento e qualidade da cana.	ROC 28	Gotejamento	Altura de planta 36,3 cm Gotejo > Sequeiro. Diâmetro 3,35mm < Sequeiro. Toneladas de cana Fertirrigação gotejo 31,9% > Gotejo + adubação convencional 22,8% > Gotejo 8,3% > Sequeiro	Gotejo subsuperficial + fertirrigação, sequeiro, gotejo subsuperficial, adubação convencional, gotejo e subsuperficial	Sequeiro

Nossa revisão sistemática está avaliando a produtividade da cana-de-açúcar sob utilização do sistema de irrigação localizada, sendo que nesse cenário o parâmetro utilizado para avaliar o incremento de produtividade da cana-de-açúcar foi a importância da irrigação, com ênfase na utilização do sistema de irrigação localizada.

As principais forças motrizes por trás da adoção de irrigação por gotejamento pelos agricultores são a escassez de água e a lucratividade (Madhavachandran & Surendran, 2016).

Em todos os estudos, foram constatados a importância e o crescimento de produtividade por hectare com a utilização dos sistemas de irrigação do tipo localizado, principalmente com o método de gotejamento, um dos mais utilizados quando se fala em irrigação localizada na cultura da cana-de-açúcar.

Os rendimentos econômicos em milímetros de água utilizados foram maiores no sistema de gotejo superficial ou convencional, mostrando um lucro médio de 1,61 dólar por milímetro de água utilizada, segundo descrito por Surendran (2016). Este resultado mostra que a lucratividade desse sistema é compensatória em comparação com outros métodos de irrigação utilizados na cultura da cana-de-açúcar, em razão do baixo consumo de água e energia. A lucratividade mostrada pode sofrer alteração de acordo com as tarifas de cada país.

Estudos conduzidos no nordeste brasileiro constataram que, sob diferentes lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial, o rendimento de colmos de cana-de-açúcar obteve crescimento linear, quando comparado com as reposições de 40%, 60% e 80% sendo o as produtividades de 106,24 t/ha⁻¹, 135,42 e de 143,75 t/ha⁻¹, respectivamente, mostrando que vários fatores podem influenciar os rendimentos, porém a reposição hídrica por meio de sistemas mais eficientes e com menores porcentagens de perdas por evaporação contribui grandemente para a evolução das taxas de produtividade da cultura da cana-de-açúcar, segundo Oliveira, Braga & Santos (2014).

Estudos desenvolvidos por Olivier & Singels (2003) na África do Sul com diferentes variedades, espaçamento entre linhas, conseguiram elaborar comparativo de variedades mais sensíveis ao déficit hídrico e também aquelas mais responsivas. Nesses estudos, um dos fatores levados em consideração foi a utilização de sistemas de irrigação com alta eficiência, predominando o sistema de gotejamento. A produção em fileiras com espaçamento duplo atingiu até 196 t/ha⁻¹, com rendimento por 100 mm de água atingindo até 14,7 t/100mm. Isso quando fornecida 100% da evapotranspiração, no espaçamento de linhas duplas de 1,8m.

Ferreira Junior et al. (2014), em pesquisas realizadas no nordeste brasileiro, não verificaram alteração de produtividade, rendimento em açúcar ou mesmo em taxas de

crescimento vegetal, quando compararam os tipos de espaçamento entre linhas da cana-de-açúcar, simples ou duplos, irrigados pelo sistema de gotejamento. Assim, esses resultados não confirmam aqueles encontrados por Olivier & Singels (2003), quando se trata das diferenças entre espaçamentos, porém em relação à produtividade da cultura da cana irrigada, conseguiram obter 47,9 t/ha⁻¹ de cana acima da média do Estado de Alagoas na safra 2012/2013. O que podemos levar em consideração é que os rendimentos obtidos pelo irrigação da cultura pelo sistema de gotejamento têm atingido altas produtividades quando comparados com as médias nacionais e estaduais, porém em relação ao sistema e ao espaçamento entre linhas, estudos mais aprofundados deverão ser feitos, levando em consideração as características e particularidades de cada área em estudo.

Em trabalho desenvolvido por Silva et al. (2014), foi avaliada a produtividade de variedades de cana-de-açúcar irrigadas por gotejamento durante dois ciclos de produção. Neste trabalho, os autores avaliaram características como produtividade de açúcar, cujos resultados mostraram que as variedades IAC91-1099, IACSP96-3060, RB855536, RB867515 e SP85-1115 apresentaram um potencial produtivo elevado utilizando a irrigação localizada por gotejamento.

As diferenças encontradas em diversos estudos sobre a eficiência, a economia de água e o aumento produtivo na cultura da cana-de-açúcar, quando comparados os sistemas de irrigação por gotejamento versus convencionais, principalmente o utilizado inicialmente, por sulco ou inundação, mostram que a irrigação por gotejamento exigia 940 mm de água por hectare contra 2.150 mm no método de inundação convencional de irrigação. O rendimento de cana observado sob o método de gotejamento era de 170 toneladas por hectare contra 128 toneladas hectare utilizando o método convencional. Isso resultou em uma economia líquida de 65% no uso de água e também melhorou o rendimento de produtividade TCH em 33%, segundo Narayanamoorthy (2004) & Anon (2008).

Alguns estudos comparativos sobre irrigação pelo sistema de gotejo superficial e gotejo subsuperficial também fizeram comparação na fertirrigação. Estudos conduzidos por Mahesh et al. (2016) na Índia mostraram que, para a cultura da cana-de-açúcar, o método de microaspersão com o sistema de gotejamento, além de ser um sistema que tem mostrado aumento na eficiência no uso da água, aumentou os rendimentos de produção agrícola e também melhorou a eficiência da fertilidade, com a aplicação de 100% da necessidade da cultura via fertirrigação. Confirmando os estudos desenvolvidos pelo sistema de microaspersão na cultura da cana-de-açúcar em todo o mundo, os resultados foram de 98,38

toneladas por hectare para gotejamento superficial sem fertirrigação, para gotejamento superficial com 100% de fertilidade via fertirrigação, de 175,14 toneladas por hectares e para gotejamento subsuperficial com 100% fertilidade via fertirrigação, de 193,94 toneladas por hectare.

Sánchez et al. (2015) estudaram a produtividade de açúcares totais recuperáveis e de colmos da cultura da cana-de-açúcar submetida a reposições hídricas diferentes (100, 75, 50, 25 e 0%), com e sem aplicação de nitrogênio na água utilizada na irrigação por gotejamento superficial em cana soca e cana planta. Houve incremento na produtividade de colmos e ATR com rendimentos correspondentes a 15,68 e 4,32% para a cana planta e de 31,28 e 1,04% para a cana soca, quando comparados com a reposição hídrica.

Em outro trabalho, Uribe et al. (2013), avaliando a utilização de água e de nitrogênio no manejo de cana-de-açúcar irrigada e em condições de sequeiro, avaliando o potencial produtivo de açúcar e de colmos utilizando diferentes doses do fertilizante nitrogênio com o uso de irrigação por gotejamento superficial, observaram que a cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial apresentou produtividade máxima de 22 t ha⁻¹ de açúcar quando na dose de 140 kg ha⁻¹ de N.

Silva et al. (2015), procurando melhorar a eficiência do uso de irrigação nas socas de cana-de-açúcar, avaliaram sete lâminas de irrigação por gotejamento (0, 25, 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração de referência) em três ciclos de produção da cultura. Os resultados mostraram uma produção quando se utilizou 150% da ETo com média de 48 toneladas por hectare a mais do que a cana cultivada sob condições de sequeiro, observou-se também que a lâmina econômica de irrigação no intervalo de 0 a 150% da ETO está ligada ao incremento do preço do ATR, observando assim a eficiência do uso de irrigação por gotejamento na cana-de-açúcar.

Estudando a tecnologia de irrigação localizada pelo método gotejamento em cultivares de cana-de-açúcar, Gava et al. (2011) avaliaram o efeito de três cultivares de cana-de-açúcar, RB855536, RB867515 e SP80-3280, em dois ciclos de produção, cana soca e cana planta. Os autores utilizaram dois sistemas de manejo de irrigação - irrigação por gotejamento subterrâneo e sistema de sequeiro. Observaram incremento de mais de 23% na produção de cana-de-açúcar e mais de 24% na produtividade dos colmos. Dalri & Cruz (2002), colaborando com os estudos realizados com irrigação por gotejamento, concluíram em seus experimentos que, independentemente da evapotranspiração acumulada da cultura ser de 10

mm, 20 mm ou 30 mm, a cana-de-açúcar teve incremento produtivo de 45% de massa fresca em relação ao tratamento de sequeiro, ou seja, não irrigado.

Já Ferreira Junior et al. (2014), estudando a eficiência de crescimento da variedade de cana-de-açúcar RB98710 irrigada pelo sistema de irrigação por gotejamento, utilizando dois tipos de espaçamento, observaram rendimento na produtividade de colmos de 100,9 t ha⁻¹ com produção de 17,8 t ha⁻¹ de açúcar.

Resultados semelhantes foram observados por Andrade Junior et al. (2017), que avaliaram a produtividade das variedades RB962962, RB 931011, RB931530, RB98710, RB92579, RB867515, RB863129, SP791011, RB72454 e VAT90212 de cana-de-açúcar sob diferentes formas de manejo de irrigação, irrigação plena, sob deficiência hídrica, e gotejamento subsuperficial. Os resultados mostraram que as variedades de cana-de-açúcar RB962962 e RB867515 apresentaram 162,3 t ha⁻¹ e 158,5 t ha⁻¹ de produtividade de colmos, respectivamente, em todos os sistemas de manejo, inclusive no sistema de gotejamento subsuperficial.

Trabalhos desenvolvidos com irrigação por gotejamento na China, com intuito principal de avaliar a economia de água rendimento na cultura da cana-de-açúcar, confirmam os estudos revisados no presente trabalho. A irrigação com economia de água inclui irrigação por gotejamento. Experimentos mostraram que a fertirrigação melhorou a produtividade da cana entre 19,2 e 56,4%, atingindo produtividade entre 150 e 195 t há⁻¹, melhorou a eficiência do uso de fertilizantes em 90% e economizou água entre 30 e 60% (Li 2010; Xu et al., 2010; Chen et al., 2012).

Estudos de 24 variedades de cana-de-açúcar no sudeste brasileiro revelam aumento de produtividade de todas as variedades estudadas, variando de 116,5 t ha⁻¹, em variedades rústicas, como a cana Caiana, até 216,6 t ha⁻¹ em variedades mais cultivadas comercialmente, como a RB867515. Assim podemos entender que, em razão da redução da disponibilidade hídrica e energética do país, a busca por aumento produtivo com sustentabilidade exige um alto nível tecnológico e um manejo sustentável da água, confirmando, assim, todos os estudos já mencionados em diversas regiões do Brasil e do mundo, principalmente nos três países que lideram a produção de cana-de-açúcar, ou seja, o uso contínuo da irrigação e principalmente de sistemas com menores gastos energéticos e eficiência do uso da água, como a irrigação por gotejamento, superficial ou subsuperficial (Mascgio, 2011).

4. Conclusão

Verificou-se com os trabalhos avaliados o crescimento da irrigação localizada na cultura da cana-de-açúcar. Visto que, de acordo com os trabalhos avaliados, foi possível observar a eficiência e também o incremento de produtividade quando utilizado este tipo de sistema de irrigação. Observou-se também que, quando se fala em irrigação localizada em cana-de-açúcar, os principais métodos são o do tipo de gotejamento. Porém um dos fatores que podem dificultar a implantação desse tipo de sistema de irrigação é o alto custo de implantação, que pode ser ainda um dos empecilhos que tornarão um pouco mais difícil seu crescimento.

Referências

- Alam, A. & Kumar, A. (2001). Micro irrigation system – past, present and future. In: Singh, H. P., Kaushish, S. P., Kumar, A., Murthyand, T. S. & Samuel, J. C. *Micro-irrigation*, New Delhi: Central Board of Irrigation and Power.
- Andrade Junior, A. S. D., Bastos, E. A., Ribeiro, V. Q., Athayde Sobrinho, C. & Silva, P. H. (2017). Stalk yield of sugarcane cultivars under different water regimes by subsurface drip irrigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(3), 169-174.
- Anon. (2008). *Agricultural Data Data Book*, New Delhi: ICAR.
- Alamilla-Magaña, J. C., Carrillo-Ávila, E., Obrador-Olán, J. J., Landeros-Sánchez, C., Vera-Lopez, J. & Juárez-López, J. F. (2016). Soil moisture tension effect on sugar cane growth and yield. *Agricultural Water Management*, 177, 264-273.
- Ayars, J. E., Phene, C. J., Hutmacher, R. B., Davis, K. R., Schoneman, R. A., Vail, S. S. & Mead, R. M. (1999). Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. *Agricultural water management*, 42(1), 1-27.
- Batchelor, C. H., Soopramanien, G. C., Bell, J. P., Nayamuth, R. A. & Hodnett, M. G. (1990). Importance of irrigation regime, dripline placement and row spacing in the drip irrigation of sugar cane. *Agricultural water management*, 17(1-3), 75-94.

Batista, L. (2013). *Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos*. 125p (Dissertação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária).

Carrijo, O. A., de Souza, R. B., Marouelli, W. A. & Andrade, R. J. (2004). Fertirrigação de hortaliças. *Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.

(Autores. Por gentileza: corrijam todas as citações do modo semelhante como exemplificamos em vermelho. Agradecemos)

Chen, G. F., Tang, Q. Z., Li, Y. R., Huang, Y. Y., Liu, B., Xu, L. & Huang, H. R. (2012). Effects of sub-soil drip fertigation on sugarcane in field conditions. *Sugar Tech*, 14(4), 418-421.

Conab. (2017). Cana-de- açúcar. Safra 2017/18 - Terceiro levantamento. *Acompanhamento Da Safra Brasileira*, 4(3), 77.

Dalri, A. B. & Cruz, R. L. (2008). Productivity of sugarcane fertigation with NK by subsurface drip. *Engenharia Agrícola*, 28(3), 516-524.

Dalri, A. B., & Cruz, R. L. (2002). Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *Irriga*, 7(1), 29-34.

Dodsworth, G. H., Nixon, D. J. & Sweet, C. P. M. (1990). An assessment of drip irrigation of sugar cane on poorly structured soils in Swaziland. *Agricultural water management*, 17(1-3), 325-335.

Ferreira Junior, R.A.; Souza, J.L.; Escobedo, J.F, Teodoro, I.; Lura, G.B. & Araújo Neto, R.A. (2014). Sugarcane with drPi irrigation in two row spacing. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 798-804.

- Gava, G. J. D. C., Silva, M. D. A., Silva, R. C. D., Jeronimo, E. M., Cruz, J. & Kölln, O. T. (2011). Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(3), 250-255.
- Hodnett, M. G., Bell, J. P., Koon, P. A., Soopramanien, G. C., & Batchelor, C. H. (1990). The control of drip irrigation of sugarcane using “index” tensiometers: some comparisons with control by the water budget method. *Agricultural Water Management*, 17(1-3), 189-207.
- Li, Y.R. 2010. *Modern sugarcane science*. Beijing: China Agriculture Press.
- Madhavachandran, K. & Surendran, U. (2016). Study on factors influencing adoption of drip irrigation by farmers in humid tropical Kerala. *Int. J. Pl. Prod.* 10(3), 347–364.
- Marafon, A. C. (2012). Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: Uma introdução ao procedimento prático. *Embrapa Tabuleiros Costeiros*, 168(1), 31.
- Mashio, R. (2011). Produtividade da água em biomassa e energia para 24 variedades de cana-de-açúcar. 88f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade de São Paulo.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269.
- Narayanamoorthy, A. (2004). Avaliação do impacto da irrigação por gotejamento Índia: o caso da cana-de-açúcar. *Dev. Política Rev.*, 22(4), 443– 462
- OECD. (2018). *FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2018-2027* (2018). Disponível em <http://www.fao.org/3/i9166e/i9166e_Chapter5_Sugar.pdf>. Acesso em 27 mai. 2019
- Olivier, F. & Singels, A. (2003). Water use efficiency of irrigated sugarcane as affected by row spacing and variety. In: *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass.*, 77, 347-351.
- Oliveira, A. R., Braga, M. B., Santos, B. L. S. (2014). Produção de biomassa de cana-de-açúcar no vale do São Francisco. *Energia na agricultura*, 29(1), 27-38.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 26 abril 2020.

Pinto, L. (1995). Melhoramento genético e manejo varietal em cana-de-açúcar: histórico, variabilidade, seleção, obtenção de cultivares, conceitos de manejo varietal e principais cultivares. Disponível em: <

http://www.infobibos.com/cursocana/alunos/aulas/Aula8/Aula8_Melhoramento2013.pdf>. Acesso em 22 mai. 2019.

Mahesh, R., Asoka, R. N. & Archana, H. A. (2016). Performance of surface and subsurface drip fertigation on yield and water use efficiency of sugarcane. In *Proceedings of the 2nd World Irrigation Forum, Chiang Mai, Thailand*, 6-8.

Ravina, I., Paz, E., Sofer, Z., Marcu, A., Shisha, A. & Sagi, G. (1992). Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. *Irrigation Science*, 13(3), 129-139.

Román, R. M. S., Da Silva, N. F., Cunha, F. N., Teixeira, M. B., Soares, F. A. L. & Ribeiro, P. H. P. (2015). Produtividade da cana-de-açúcar submetida a diferentes reposições hídricas e nitrogênio em dois ciclos. *Irriga*, 1(1), 198-210.

Shanan, L. (1992). Planning and management of irrigation systems in developing countries. *Agricultural Water Management*, 22(1-2), 3-234.

Shrivastava, A. K., Srivastava, A. K. & Solomon, S. (2011). Sustaining sugarcane productivity under depleting water resources. *Current Science*, 101(6), 748-754.

Silva, S., Neto, J. D., Teodoro, I., Silva, S. S., Nascimento, R., Barbosa, G. V. D. S. (2015). Economic depth of drip irrigation on sugarcane. *Irriga*, 1(2), 37-46.

Silva, M. D.; Arantes, M. T.; Rhein, A. F. D.; Gava, G. J. C. & Kolln, O. T. (2014). Potencial de produtividade da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos de cultivo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 241-249.

Singandhupe, R. B., Bankar, M. C., Anand, P. S. B. & Patil, N. G. (2008). Management of drip irrigated sugarcane in western India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 54(6), 629-649.

Surendran, U., Jayakumar, M. & Marimuthu, S. (2016). Low cost drip irrigation: Impact on sugarcane yield, water and energy saving in semiarid tropical agro ecosystem in India. *Science of the Total Environment*, 573, 1430-1440.

Teodoro, I., Dantas, N., de Souza, J. L., Lyra, G. B., Brito, K. S., Sá, L. D. A., Santos, M. A. L. & Sarmento, P. D. S. (2013). Yield isoquants for sugar cane as a function of irrigation and nitrogen fertilization. *IRRIGA*, 18(3), 387-401.

Uribe, R. A. M., Gava, G. J. C., Saad, J. C. C. & Kölln, O. T. (2013). A cana-de-açúcar produzida irrigação por gotejamento e fertilização nitrogenada. *Engenharia Agrícola*, 33(6), 1124-1133.

Xu, L., Huang, H. R., Yang, L. T. & Li, Y. R. (2010). Combined application of NPK on yield quality of sugarcane applied through SSDI. *Sugar Tech*, 12(2), 104-107.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Manoel Henrique Reis de Oliveira – 40%

Antonio Evami Cavalcante Sousa – 20%

Eloisa Aparecida da Silva Ávila– 10 %

Rafaela Santos de Oliveira– 10 %

Rafael Matias da Silva– 10 %

Matheus Vinicius Abadia Ventura – 10 %