

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

THIAGO HERBERT SANTOS OLIVEIRA

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DENSIDADE DE PLANTIO NA
PRODUÇÃO DE CEBOLA NOS TABULEIROS COSTEIROS
DE SERGIPE

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2020

THIAGO HERBERT SANTOS OLIVEIRA

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DENSIDADE DE PLANTIO NA
PRODUÇÃO DE CEBOLA NOS TABULEIROS COSTEIROS
DE SERGIPE**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

O48l Oliveira, Thiago Herbert Santos
Lâminas de irrigação e densidade de plantio na produção de
cebola nos tabuleiros costeiros de Sergipe / Thiago Herbert Santos
Oliveira ; orientador Raimundo Rodrigues Gomes Filho. – São
Cristóvão, SE, 2020.
70 f. : il.

Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade
Federal de Sergipe, 2020.

1. Recursos hídricos. 2. Irrigação por gotejamento – Sergipe. 3.
Cebola – Populações. 4. Produtividade agrícola. I. Gomes Filho,
Raimundo Rodrigues. II. Título.

CDU 556.18:631.674.6(813.7)

THIAGO HERBERT SANTOS OLIVEIRA

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DENSIDADE DE PLANTIO NA
PRODUÇÃO DE CEBOLA NOS TABULEIROS COSTEIROS DE
SERGIPE**

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Recursos
Hídricos, como um dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Recursos
Hídricos.

Aprovada em: 17 de fevereiro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Raimundo Rodrigues Gomes Filho
Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho
(Orientador)



Dr. Clayton Moura de Carvalho

Rychardson Rocha de Araujo

Dr. Rychardson Rocha de Araujo

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2020

RESUMO

A cebola (*Allium cepa* L.) é a terceira hortaliça mais importante economicamente na horticultura brasileira. O uso da irrigação aliado ao espaçamento adequado entre plantas pode promover eficiência na produtividade total e comercial de bulbos, que são essenciais para o sucesso econômico da atividade olerícola. Desta forma, através do presente estudo, objetivou-se avaliar o efeito de lâminas de irrigação por gotejamento aliado a densidade populacional, sob o desenvolvimento e produção da cebola, visando definir a quantidade de água e o espaçamento entre plantas que proporcionem maior produtividade e qualidade de bulbos de cebola. Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados e o fator lâmina de irrigação disposto em faixas, sendo utilizados vinte tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de cinco lâminas de irrigação, correspondendo a 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura (ETc) e quatro espaçamentos entre plantas, correspondentes a 0,08, 0,10, 0,12 e 0,14 m. As características avaliadas foram: produtividade total de bulbos, produtividade comercial de bulbos, massa média de bulbos comercializáveis, eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos, eficiência no uso da água para produtividade comercial de bulbos, determinação do pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável e relação de formato de bulbos. A lâmina de reposição de água estimada em 114% da ETc promoveu as maiores produtividades de bulbos totais e comerciais, 55,03 e 54,41 t ha⁻¹, respectivamente. O espaçamento de 0,08 m entre plantas proporcionou maior produtividade total de bulbos (56,00 t ha⁻¹) e maior produtividade comercial de bulbos (52,46 t ha⁻¹), no entanto, o maior espaçamento entre plantas avaliado (0,14 m) proporcionou bulbos com a maior massa média (70,30 g bulbo⁻¹). O maior teor de sólidos solúveis (9,86 °Brix) foi encontrado na menor lâmina (50% ETc).

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Irrigação por gotejamento. População de plantas. Produtividade.

ABSTRACT

The onion (*Allium cepa* L.) is a third most important vegetable, economically, in Brazilian horticulture. The use of irrigation, combined with the adequate spacing between plants, may be promoted the total and commercial performance of the bulbs, which are essential for the economic success of the olericultural activity. Thus, through this study, the objective is to evaluate the effect of drip irrigation depths combined with population density, under onion development and production, to define the amount of water and the spacing between plants that improve and improve performance. and quality of onion bulbs. The controls were discarded in randomized blocks and the irrigation factor arranged in bands, was used twenty times with four repetitions. The procedures consisted of a combination of five irrigation depths, corresponding to 50, 75, 100, 125 and 150% of the crop evapotranspiration (ET_c) and four spaces between plants, corresponding to 0.08, 0.10, 0.12 and 0.14 m. The evaluated characteristics were: total bulb quantities, quantities of commercial bulbs, medium marketable bulb, water use efficiency for total bulb quantities, water use efficiency for commercial bulb, pH determination, soluble solution, titratable acidity, flexible / titratable acidity ratio and bulb shape ratio. A water replacement filter estimated at 114% of ET_c promotes the highest productivities of total and commercial bulbs, 55.03 and 54.41 t ha⁻¹, respectively. The 114% ET_c replacement water depth promoted the highest total and commercial productivity of onion bulbs, 55.03 and 54.41 t ha⁻¹, respectively. The spacing of 0.08 m between plants provided a greater total amount of onion bulbs (56.00 t ha⁻¹) and greater commercial productivity of onion bulbs (52.46 t ha⁻¹), however, the greater spacing between the plants studied (0.14 m) resulted in onion bulbs with greater average mass (70.30 g of bulb⁻¹). The highest content of soluble solids (9.86 °Brix) was found in the lowest selected (50% ET_c).

Keywords: *Allium cepa* L. Drip irrigation. Plant population. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fases de crescimento vegetativo da cebola.....	14
Figura 2 - Mapa de localização do experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	22
Figura 3 - Cultivar utilizada no Experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	24
Figura 4 - Preparo do solo sementeira - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	25
Figura 5 - Preparo do solo Área definitiva - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	25
Figura 6 - Distribuição das sementes nos sulcos - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	26
Figura 7 - Capina Manual - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	26
Figura 8 – Esquema experimental	27
Figura 9 - Esquema de uma parcela experimental.....	27
Figura 10 - Sistema de irrigação localizada por gotejamento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	28
Figura 11 - Cavalete de tomada de água com registro de gaveta e manômetro analógico - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	28
Figura 12 - Gabaritos usados no transplantio- São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	29
Figura 13 - Utilização de gabaritos para diferentes espaçamentos - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	29
Figura 14 - Tombamento de cebolas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	31
Figura 15 - Processo de cura à sombra - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	32

Figura 16 - Cebolas classificadas comercialmente - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	33
Figura 17 - Temperaturas médias diárias máxima e mínima da área experimental, no período da condução do experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	35
Figura 18 - Umidade relativa diária média (UR _{méd}) do ar ocorrida no período do experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	36
Figura 19 - Produtividade total de bulbos de cebola em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	38
Figura 20 - Produtividade comercial de bulbos de cebola em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	42
Figura 21 - Massa média de bulbos comercializáveis em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	45
Figura 22 - Eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	48
Figura 23 - Eficiência no uso da água para produtividade comercial de bulbos em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	51
Figura 24 - Sólidos solúveis em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	53
Figura 25 - Sólidos solúveis / Acidez titulável em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	57
Figura 26 - Relação de formato de bulbos em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo utilizado no experimento para fins de fertilidade - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	23
Tabela 2 – Reposição de água de cada tratamento e as correspondentes lâminas de irrigação na sementeira, de precipitação, de irrigação por gotejamento e totais aplicadas durante a condução do experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	37
Tabela 3 - Análise de variância para produtividade total de bulbos de cebola em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	38
Tabela 4 - Valores médios da produtividade total de bulbos (PT), produtividade comercial de bulbos (PC), massa média de bulbos comercializáveis (MMC), eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos de cebola (EUAT) e eficiência no uso da água para produtividade comercial de bulbos de cebola (EUAC) - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	40
Tabela 5 - Análise de variância para produtividade comercial de bulbos de cebola, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	41
Tabela 6 - Análise de variância para massa média de bulbos comercializáveis de bulbos de cebola, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	44
Tabela 7 - Análise de variância para eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	48
Tabela 8 - Análise de variância para eficiência no uso da água para produtividade comercial de bulbos, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019	50

Tabela 9 - Análise de variância para sólidos solúveis, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	52
Tabela 10 -Valores médios de sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) de bulbos de cebola e relação formato de bulbos de cebola (C/D) - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	53
Tabela 11 - Análise de variância para potencial hidrogeniônico, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019 ...	54
Tabela 12 - Análise de variância para acidez titulável, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	55
Tabela 13 - Análise de variância para sólidos solúveis / acidez titulável, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019 ...	56
Tabela 14 - Análise de variância para relação de formato de bulbos de cebola, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019.....	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	12
2.1	A CEBOLA	12
2.2	PRODUÇÃO DE BULBOS	13
2.3	DENSIDADES DE PLANTIO.....	14
2.4	NECESSIDADE HÍDRICA DA CULTURA DA CEBOLA E A IRRIGAÇÃO	16
2.5	EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA	17
2.6	EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA	18
2.7	IRRIGAÇÃO.....	19
2.8	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO.....	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA	22
3.2	AMOSTRAGEM E ANÁLISE DO SOLO.....	22
3.3	CULTIVAR EMPREGADA.....	23
3.4	PREPARO DO SOLO E SEMEADURA	24
3.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	26
3.6	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	27
3.7	TRANSPLANTIO DE MUDAS E CONDUÇÃO	29
3.8	COLHEITA E VARIÁVEIS ANALISADAS	31
3.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1	VARIÁVEIS CLIMÁTICAS:.....	35
4.1.1	Temperatura.....	35
4.1.2	Umidade relativa do ar.....	36
4.2	LÂMINA TOTAL DO CICLO DA CULTURA.....	37
4.3	PRODUTIVIDADE TOTAL DE BULBOS	37
4.4	PRODUTIVIDADE COMERCIAL DE BULBOS	41
4.5	MASSA MÉDIA DE BULBOS COMERCIALIZÁVEIS.....	44
4.6	EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA PARA PRODUTIVIDADE TOTAL DE BULBOS	47
4.7	EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA PARA PRODUTIVIDADE COMERCIAL DE BULBOS	50

4.8	SÓLIDOS SOLÚVEIS	51
4.9	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)	54
4.10	ACIDEZ TITULÁVEL	55
4.11	RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS / ACIDEZ TITULÁVEL	55
4.12	RELAÇÃO DE FORMATO DE BULBO	57
5	CONCLUSÕES.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas em todo o mundo. No Brasil é a terceira espécie olerácea mais importante em valor econômico, superada apenas pelo tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e a batata (*S. tuberosum* L.), com uma área plantada de 48.629 ha, no ano de 2018, correspondendo a uma produção de 1.549.597 t e produtividade média de 31,95 t ha⁻¹. A região Sul foi responsável por 48% da produção nacional, seguida pela região Sudeste (24%), Nordeste (19%) e Centro-Oeste (9%) (IBGE, 2020).

No Nordeste brasileiro, esta hortaliça é predominantemente produzida no Vale do São Francisco, sendo os estados de Pernambuco e Bahia os maiores produtores, respondendo por 97% da produção regional em 2018, com produtividade média de 25,89 e 44,19 t ha⁻¹, respectivamente. Neste cenário, Sergipe aparece com uma produção média anual de 18,11 toneladas, destacando-se o município de Areia Branca como o maior produtor do Estado, com produção anual de 12,65 toneladas (IBGE, 2020).

A região Nordeste do Brasil, oferece além de outros favorecimentos, grandes vantagens quando comparada às demais regiões produtoras de cebola do Brasil, devido as suas características edafoclimáticas, que permitem a realização do plantio durante o ano inteiro, inclusive com possibilidade de ter mais de um ciclo ao ano. Por se tratar de uma atividade praticada, principalmente, por pequenos produtores, já que sua importância socioeconômica está fundamentada na rentabilidade e na grande demanda por mão de obra, a cultura contribui para a viabilização de pequenas propriedades (HENRIQUES *et al.*, 2014).

Todavia, na região Nordeste, o cultivo da cebola necessita do uso de irrigação, já que é uma hortaliça sensível ao déficit hídrico, pois os bulbos apresentam cerca de 90% de água, com enraizamento superficial e pouco desenvolvido, necessitando de boa disponibilidade de água no solo, recurso essencial para garantir o crescimento e desenvolvimento de espécies cultivadas (LOPES *et al.*, 2011).

Por outro lado, nessa região, a água é um recurso limitado, já que o balanço hídrico é negativo, ou seja, a precipitação é menor que a evapotranspiração potencial, sendo o manejo correto da irrigação indispensável, podendo ser ajustado às condições momentâneas da cultura (Vilas Boas *et al.*, 2011b), o que pode garantir rendimentos economicamente viáveis e maior eficiência no uso da água.

Em decorrência da preocupação, em nível mundial, com a questão do gerenciamento, conservação e economia dos recursos hídricos, tem-se recomendado, para a grande maioria das

culturas, o uso da irrigação localizada por gotejamento, por ser mais eficiente na aplicação de água. Ganhos em produtividade têm sido atribuídos ao fato de o gotejamento ser capaz de manter tanto a umidade quanto a fertilidade do solo relativamente constantes e próximas ao ótimo requerido pela cultura, sem provocar problemas de aeração. Adicionalmente, a eficiência no uso da água pela cebola irrigada por gotejamento é maior que nos demais sistemas (MAROUELLI; COSTA; SILVA, 2005).

Além da irrigação, a densidade de plantio é uma condição de extrema importância para a cultura, podendo alterar a produtividade total e comercial de bulbos. O uso de populações adequadas pode contribuir para uma melhor exploração do ambiente e da cultivar. Para isso, torna-se necessário estabelecer uma população ótima que explore ao máximo os fatores de produção (água, luz e nutrientes), evitando a forte competição entre plantas pelos mesmos e permitindo o uso mais eficiente da terra (BAIER *et al.*, 2009).

A escolha do espaçamento pode ser definida de acordo com a adaptação da cultivar ao adensamento, bem como do tipo de bulbo exigido pelo mercado, a época de plantio e as condições de temperatura, luminosidade e fotoperíodo da região. Ainda assim, a produtividade e o tamanho dos bulbos podem sofrer variações de acordo com a população de plantas na área, sendo necessário estabelecer uma população que explore ao máximo os fatores de produção garantindo, assim, maior produtividade (HENRIQUES *et al.*, 2014).

Desta forma, através do presente estudo, objetivou-se avaliar o efeito das diferentes lâminas de irrigação por gotejamento aliado a densidade populacional, visando definir a lâmina de irrigação e o espaçamento entre plantas que proporcionem maior produtividade e qualidade de bulbos de cebola.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 A CEBOLA

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma planta originária das regiões que compreendem o Afeganistão, Irã e partes do Sul da antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) (KUNZ *et al.*, 2011). Não existem relatos da ocorrência de populações dessa hortaliça em condições naturais ou fora da esfera da domesticação humana, caracterizando-a como uma “clutigem”. No entanto, diferentemente da maioria das plantas cultivadas, o centro exato de origem de *Allium cepa* L. ainda permanece obscuro (BOITEUX; MELO, 2015).

Trata-se de uma das hortaliças de maior importância econômica no mundo, assumindo o terceiro lugar em termos de produção, sendo a China, Índia, Estados Unidos, Turquia e o Iran os principais produtores mundiais em 2018 (FAOSTAT, 2020). No Brasil, destacou-se ao lado da batata e do tomate, como as hortaliças economicamente mais importantes, tanto pelo volume produzido como pela renda gerada, no ano de 2018 (IBGE, 2020).

Devido à diversidade climática das diversas regiões do Brasil, a produção de cebola ocorre ao longo de todos os meses do ano, com maior ou menor intensidade, dependendo do estado produtor (TRANI; BREDA JÚNIOR; FACTOR, 2014). A região Nordeste tem a vantagem de ser a única região brasileira com condições de ofertar o produto durante todos os meses do ano devido às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura, como temperatura e fotoperíodo elevados. Isso permite que os produtores programem suas safras para os meses em que ocorre menor oferta do produto no mercado interno pelas regiões Sul e Sudeste, e conseqüentemente, o produto atinja preços mais elevados devido à menor oferta nessas regiões (COSTA; RESENDE, 2007).

No Nordeste brasileiro a cebola é predominantemente produzida no Vale do São Francisco, onde é cultivada durante todo o ano (COSTA; ANDREOTTI, 2002). A produção no Vale se desenvolve nos municípios pernambucanos de Belém do São Francisco, Cabrobó, Itacuruba, Floresta, Lagoa Grande, Orocó, Parnamirim, Petrolândia, Petrolina, Salgueiro, Santa Maria da Boa Vista e Terra Nova e nos municípios baianos de Abaré, Casa Nova, Curaçá, Itaguaçu, Juazeiro e Sento Sé. Fora do Vale, a cebola é produzida no município baiano de Irecê (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Neste cenário, Sergipe aparece com uma produção média anual 18,11 toneladas, destacando-se o município de Areia Branca como o maior produtor do estado, com produção anual de 12,65 toneladas (IBGE, 2020).

2.2 PRODUÇÃO DE BULBOS

A formação de bulbos relaciona-se com a combinação entre a temperatura e o fotoperíodo, determinando os limites de adaptação das diferentes cultivares para uma faixa extensa de latitudes. A escolha de cultivares inapropriadas para o local e a época resulta numa produtividade baixa e qualidade dos bulbos ruim. A bulbificação é prejudicada quando as condições climáticas não satisfazem às exigências da cultivar, acarretando em plantas que não produzem bulbos (OLIVEIRA, 2018).

As cultivares disponíveis no Brasil pretendem atender as exigências dos consumidores brasileiros, que têm preferência por bulbos de tamanho médio (50-90 mm de diâmetro), com formato globular, película externa de cor bronzeada, uniforme e escamas internas de cor branca (LEITE, 2014). A definição da cultivar para o plantio deve ser realizada observando-se a região de cultivo, o tipo de bulbo exigido pelo mercado e a época de plantio (RESENDE; COSTA, 2005). No Nordeste, tradicionalmente recomenda-se o plantio das cultivares amarelas Vale Ouro IPA-11, Pêra IPA-4, Texas Grano 502 PRR, Granex 429, Alfa Tropical e cultivar da cor roxa Franciscana IPA-10 (CANDEIA *et al.*, 2004).

Conforme Vilas Boas *et al.* (2011a), o ciclo produtivo da cebola muda de acordo com a cultivar utilizada, sistema de produção, e suas exigências climáticas, especialmente o fotoperíodo (FILGUEIRA, 2013), em resumo classificados como:

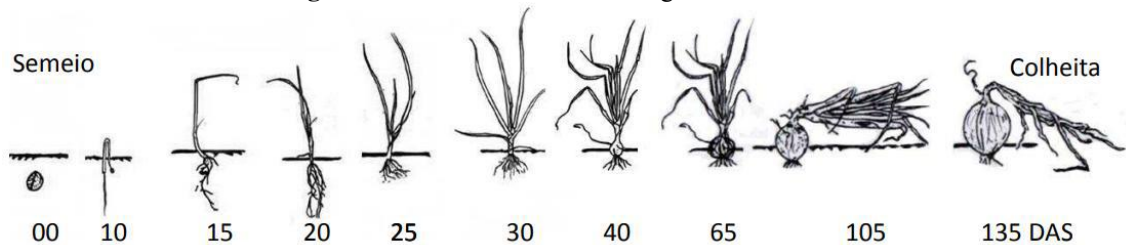
- Ciclo precoce – apresentam ciclo curto, de quatro a cinco meses, e fotoperíodo de 10 a 11 horas de luz;
- Ciclo mediano – apresentam ciclo médio de quatro a cinco meses, e fotoperíodo de 11 a 13 horas de luz; e
- Ciclo tardio – apresentam ciclo mais longo que as demais, de seis a oito meses, e fotoperíodo acima de 13 horas de luz.

No Brasil normalmente são utilizados quatro sistemas de produção de cebola: transplante de mudas, semeadura direta, bulbinho e soqueira. O transplante de mudas é o sistema mais utilizado. As mudas são produzidas em canteiros e transplantadas em torno de 40

dias após a emergência das plantas, quando as mudas apresentam de 0,18 a 0,20 m de altura. A semeadura direta está em expansão principalmente em São Paulo e Minas Gerais. Já os métodos do bulbinho e de soqueira são utilizados para a produção de cebola na entressafra, em algumas regiões de São Paulo (MAROUELLI; COSTA; SILVA, 2005).

As fases de crescimento vegetativo da cebola podem ser observadas na Figura 1. Os números são dias aproximados a partir do semeio, considerando cultivares com ciclo vegetativo em torno de 135 dias, que se dividem em quatro estádios: inicial, vegetativo, bulbificação e maturação.

Figura 1 - Fases de crescimento vegetativo da cebola



Fonte: UPOV (1999).

Dependendo da cultivar utilizada, do clima e do sistema de plantio, o estágio inicial compreende o período que vai da semeadura, até o estabelecimento inicial das plantas. O estágio vegetativo compreende o período entre o estabelecimento inicial das plantas e o início do estágio de bulbificação, que é muito sensível ao déficit hídrico. A deficiência de água durante o período de rápido crescimento do bulbo reduz drasticamente o rendimento e o tamanho do mesmo (COSTA; RESENDE, 2007).

O estágio final é o de maturação, é compreendido entre o início da maturação dos bulbos e a colheita, onde há uma sensível redução no uso de água pelas plantas (20% a 30% menor que no estágio de bulbificação), devendo as irrigações serem gradualmente reduzidas até sua completa paralisação. O primeiro sinal de amadurecimento é o tombamento do pseudocaule, seguindo-se o secamento da parte aérea da planta (MAROUELLI; COSTA; SILVA, 2005).

2.3 DENSIDADES DE PLANTIO

O aumento da densidade de plantio pode contribuir para melhorar a exploração tanto do ambiente, quanto da cultivar, obtendo como consequência o aumento da produtividade

(COSTA; RESENDE; DIAS, 2000). No entanto, quando se aumenta a densidade populacional por unidade de área, eleva-se a competição entre plantas pelos recursos naturais, como luz, água, CO₂, oxigênio e nutrientes minerais, alterando, desta forma, os padrões de bulbificação das cultivares como a aceleração da maturação dos bulbos. Além disso, o plantio em altas densidades pode levar ao menor crescimento da planta, diminuição da massa média de bulbos, podendo influenciar de modo direto na produtividade da cultura, quando se adota uma densidade inadequada (MASCARENHAS, 1993).

Na cebola, o uso de maiores ou menores densidades populacionais interfere em diversos parâmetros qualitativos e quantitativos. Dentre esses, a produtividade, o diâmetro e a massa fresca dos bulbos e sua classificação comercial, o que se refletirá diretamente na rentabilidade do cultivo (MENEZES JÚNIOR; KURTZ, 2016).

May *et al.* (2007), em seu experimento, adotaram o adensamento populacional de plantas através de distribuições espaciais visando à obtenção de bulbos uniformes de tamanho médio (50 a 70 mm) considerados de melhor padrão de qualidade. Segundo Menezes e Vieira Neto (2012), para a obtenção de bulbos de cebola entre 50 e 70 mm de diâmetro transversal, a população de plantas deve variar entre 500 e 1.000 (mil) plantas ha⁻¹, enquanto que para a produção de bulbos maiores, deve-se trabalhar com uma população entre 250 e 500 mil plantas ha⁻¹. Contudo, de acordo com Ferreira (2000), algumas cultivares de cebola permitem o aumento da densidade de plantio, enquanto em outras, tal procedimento aumenta a produção de bulbos de menor tamanho.

No sistema de transplântio por mudas, diferentes autores relataram que em geral o aumento na densidade de plantas proporcionou maior produtividade total, menor produtividade comercial e menor massa de bulbos (RESENDE; COSTA, 2005; BAIER *et al.*, 2009; MENEZES JÚNIOR; VIEIRA NETO, 2012; HENRIQUES *et al.*, 2014).

Baseados na necessidade de produção de bulbos médios, pertencentes à classe 3 (51 a 60 mm de diâmetro), os produtores têm buscado novas distribuições espaciais de plantas, objetivando colheita de bulbos de acordo com o tamanho exigido pelo consumidor (HARMS *et al.*, 2015).

Yuri, Resende e Costa (2018) observaram em seu estudo que o aumento da população de plantas reduziu de forma linear a produtividade total de bulbos na cultivar Vale Ouro IPA-11, onde o maior espaçamento entre plantas (0,14 m) proporcionou incrementos da ordem de 64,0 %, quando comparado ao menor espaçamento, 0,08 m. Houve um comportamento igual para a produtividade de bulbos comerciais, onde o maior espaçamento entre plantas (0,14 m) proporcionou incrementos da ordem de 75,3 % superior ao espaçamento de 0,08 m.

2.4 NECESSIDADE HÍDRICA DA CULTURA DA CEBOLA E A IRRIGAÇÃO

Necessidade hídrica da cultura é a quantidade de água demandada em determinado período de tempo do seu ciclo fenológico, a fim de não limitar seu crescimento, o seu desenvolvimento e sua produção, nas condições climáticas locais, ou seja, é a quantidade de água imprescindível para atender a evapotranspiração da cultura (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Assim, tanto a deficiência de umidade como a umidade excessiva, trazem prejuízos às plantas. A carência de água concorre para o decréscimo de produtividade e acelera a maturação do bulbo. A umidade excessiva favorece o engrossamento das hastes, tornando os bulbos aquosos e de pouca duração além de promover a incidência de doenças. É necessário monitoramento e controle para manter as camadas superficiais do solo com umidade ideal para estimular o crescimento da raiz, e fornecer suprimento d'água adequado à planta (OLIVEIRA, 2018). Shock, Feibert e Saunders (2000) afirmam que o correto manejo da irrigação da cebola colabora intensamente para a boa produtividade e enfatizam que o teor de água quando decresce progressivamente abaixo da capacidade de campo pode causar a redução da produtividade, ou a inviabilização da cultura.

A cultura de cebola é extremamente dependente da disponibilidade da água (VILAS BOAS *et al.*, 2012). Essa dependência se deve, principalmente, à formação dos bulbos, que apresentam cerca de 90% de água, com enraizamento superficial (COSTA; RESENDE, 2007). De acordo com Anisuzzaman *et al.* (2009), a cebola requer irrigações frequentes porque a maior parte da demanda hídrica da cultura é extraída nos primeiros 0,20 a 0,30 m de profundidade do solo e muito pouca água em profundidades superiores entre 0,40 a 0,60 m.

Segundo Marouelli, Costa e Silva (2005), a necessidade total de água da cultura de cebola depende das condições climáticas e do ciclo da cultivar, variando de 350 a 650 mm. A demanda aumenta proporcionalmente ao crescimento das plantas, atingindo o máximo no estágio de bulbificação e diminuindo no de maturação.

Existem diversos métodos para estimativa do consumo de água pelas culturas. Bernardo, Soares e Mantovani (2006) afirmam que a quantidade de água evapotranspirada depende principalmente da planta, do solo e do clima, sendo este último fator predominante sobre os demais, de modo que a quantidade de água requerida por uma cultura varia com a extensão da área coberta pelo vegetal e com as estações do ano.

A necessidade de saber o quanto e quando deverá se fazer corretamente a reposição hídrica nos cultivos agrícolas não é uma tarefa simples, pois envolvem diferentes fatores, como

as condições climáticas da região, balanço hídrico do solo e as características fisiológicas das plantas (CARVALHO; OLIVEIRA, 2012).

Portanto, é importante que o manejo adequado de irrigação seja apoiado por um método eficiente de estimativa da evapotranspiração de referência, que é um elemento indicativo da demanda hídrica das culturas de um determinado local e período (ALENCAR *et al.*, 2011).

2.5 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

A perda de água de um solo ou de um reservatório de água é um processo controlado por leis físicas, à medida que a perda de água por uma planta sofre influência por fenômenos físicos atmosféricos, e biológicos. A perda total é designada de evapotranspiração, a qual pode ser conceituada como uma combinação da transferência de água do solo para atmosfera, compreendendo a evaporação da água do solo de maneira direta e o processo de transpiração desta por meio dos tecidos vegetais. A evapotranspiração pode ser explicada como quantidade equivalente de água evaporada por unidade de tempo, comumente expressa como lâmina d'água por unidade de tempo, mm dia^{-1} (BURMAN *et al.*, 1983).

Conforme Pavani (1985), a determinação da evapotranspiração tem grande importância para o planejamento e dimensionamento de projetos e do manejo de água em áreas irrigadas. As técnicas de irrigação são empregadas para prover as demandas ou necessidade hídrica das culturas, mesmo na ausência de precipitação, onde os riscos de quebra de safra podem ser minimizados, com maior garantia de produção. Nesta perspectiva, a irrigação constitui na tecnologia que permite grande eficiência da agricultura.

A partir de elementos meteorológicos obtidos de estação meteorológica ou outros instrumentos, os valores de evapotranspiração podem ser estimados indiretamente de maneira prática e com custo reduzido, utilizando cálculos de equações de vários métodos empíricos para tal fim (OLIVEIRA, 2015).

Após realizar diversos estudos no Brasil e no mundo e comprovar uma enorme precisão, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) passou a recomendar o método padrão FAO Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) com parâmetros meteorológicos e climáticos, sendo eles: temperatura do ar,

umidade relativa do ar, radiação solar, vento e precipitação por chuva (JABLOUN; SAHLI, 2008).

2.6 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA

A evapotranspiração da cultura (ET_c) é uma variável básica da irrigação e depende dos elementos meteorológicos, da cultura e do solo e pode ser medida direta ou indiretamente. Uma forma de estimá-la é a partir da evapotranspiração de referência (ET_o), aplicando-se os coeficientes determinados para cada cultura (K_c) (CHAVES *et al.*, 2005).

De acordo Allen *et al.* (1998), o K_c representa a integração dos efeitos de quatro características primárias que assinalam uma cultura específica de referência, sendo essas: altura, albedo, propriedades aerodinâmicas e da folha e evaporação do solo. A diferença dessas características resulta no coeficiente da cultura (K_c), devendo ser aplicado junto com a ET_o para a aquisição da evapotranspiração da cultura ET_c.

Grande parte dos efeitos das condições climáticas são considerados na estimativa de ET_o, podendo ser explicada como um índice de demanda climática. Por outro lado, o K_c varia predominantemente com as características específicas da cultura, e com menos influência do clima. O que permite a determinação de valores de K_c para culturas específicas, em certo nível de padrão, em diferentes locais e climas. Presume-se que por este motivo, no mundo, a aceitação e utilização da aproximação dos coeficientes de culturas (K_c) tenham sido desenvolvidos para diferentes pesquisas (OLIVEIRA, 2018).

Conforme Oliveira (2018), com o desenvolvimento da cultura, da altura das plantas e da área foliar, ocorre o aumento da cobertura do solo e conseqüentemente, haverá diferenças na evapotranspiração durante os estádios de crescimento. Assim, o K_c para uma determinada cultura será diferente para cada estágio de crescimento desta.

Marouelli, Costa e Silva (2005) afirmam que os valores de K_c estão diretamente ligados ao sistema e a frequência de irrigação escolhidos. O autor recomenda para cada estágio de desenvolvimento da cultura da cebola, com uso da irrigação por gotejamento, os seguintes valores 0,60 (inicial); 0,80 (vegetativo); 0,95 (bulbificação) e 0,65 (maturação).

Desde o plantio até a colheita, uma cultura vai progressivamente crescendo e ocupando a área disponível. Evidentemente, nessas condições, o conhecimento de ET_c representa a

quantidade de água a ser adicionada ao solo, para manter o crescimento e a produção em condições ideais (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

2.7 IRRIGAÇÃO

Nas regiões semiáridas do mundo, incluindo o Brasil, a ausência de precipitação em pelo menos seis meses do ano, resulta em carência hídrica no solo tornando inviável o sistema produtivo. Neste contexto a irrigação se apresenta como importante fator de produção de cereais e hortifrutigranjeiros para atender a atual e futura demanda da população humana e o suporte forrageiro para alimentação dos rebanhos. Por consequência dessas exigências e da adversidade climática, a expansão das áreas irrigadas tanto no mundo quanto no Brasil torna-se um recurso de sobrevivência (SILVA FILHO *et al.*, 2000).

Segundo Oliveira (2018), o Brasil aparece entre os dez países com maior área equipada para irrigação do mundo. Porém a irrigação brasileira é considerada pequena diante do seu potencial estimado, à área agrícola total, à extensão territorial e ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis, inclusive a boa disponibilidade de água. Esse cenário é o contrário do observado nos países líderes em irrigação, pois, os mesmos estão mais próximos do aproveitamento total do seu potencial estimado.

Apesar de pesquisas e evoluções terem ocorrido na agricultura irrigada, ações para o aumento da eficiência e a consequente redução do desperdício, devem continuar sendo uma meta constante a ser atingida, pois nas práticas em campo, geralmente, o desperdício de água com manejo da irrigação no Brasil é ainda um desafio, a ser vencido (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2008).

Nas fases de dimensionamento, implantação e operação dos sistemas de irrigação, critérios técnicos e científicos apropriados devem ser observados. A utilização de sistemas impróprios para o controle eficiente da irrigação muitas vezes é fruto de desinformação para aquisição e implantação de sistemas e informações atualizados (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2006).

A eficiência no uso da água na irrigação, compreendida como a relação entre o volume de água demandado pelas plantas e o volume captado nos corpos hídricos, tem relação com o sistema de irrigação adotado, porém sofre influência das práticas de manejo e uso da água e do solo local (ANA, 2017).

Para Wutke *et al.* (2000), técnicas racionais de manejo conservacionista do solo e da água são essencialmente importantes para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, e para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade. Soluções que visam o aumento da produtividade com qualidade das culturas e o interesse pela irrigação eficiente tem aumentado, já que o correto manejo da água possibilita aos agricultores irrigantes maiores produtividades em épocas onde a distribuição natural de chuvas não acontece uniformemente de acordo com a necessidade da cultura.

2.8 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

A preocupação mundial com a questão do gerenciamento, conservação e economia dos recursos hídricos, tem chamado a atenção para o manejo da grande maioria das culturas. O método utilizado de irrigação localizada por gotejamento, tanto para novas áreas, quanto para a substituição dos métodos de irrigação por superfície e por aspersão, tem se tornado frequente por este ser mais eficiente na aplicação de água, nas mais distintas condições ambientais (NOGUEIRA; NOGUEIRA; MIRANDA, 1998).

A irrigação localizada por gotejamento é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular, em baixas intensidades, porém com alta frequência, de modo que conserve a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo. Dentre os principais benefícios da irrigação localizada por gotejamento, destacam-se: a maior eficiência no uso da água, maior produtividade, maior eficiência na adubação e controle fitossanitário. Além disso, não acarreta em interferências nas práticas culturais, economia de mão de obra, energia elétrica e tem adaptação a diversos tipos de solo e topografia (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Conforme Vilas Boas *et al.* (2011b), embora apresente inúmeras vantagens, o sistema por gotejamento não tem sido muito utilizado para irrigação da cultura da cebola no Brasil, exceto em algumas pequenas áreas de observação. Porém, nos Estados Unidos, já existem grandes áreas, em escala comercial, cultivadas com a cebola e irrigadas pelo sistema de gotejamento. Uma das principais limitações é seu alto custo inicial, apesar de se apresentar como um sistema viável para o agricultor, sobretudo, quando se leva em consideração a economia no uso da água, de fertilizantes, de defensivos e de mão de obra, aliada a um possível aumento da produtividade, pois, de acordo com Testezlaf *et al.* (1997), trata-se de uma técnica

de irrigação no qual a água é colocada diretamente sobre a raiz das plantas com pequena intensidade e alta frequência, desse modo haverá uma redução da área molhada diminuindo as perdas por evaporação direta da água no solo para atmosfera, alcançando um melhor aproveitamento e uso dos recursos hídricos e uma eficiência de aplicação maior.

Shock, Feibert e Saunders (2000) descreveram em seu trabalho que importantes benefícios podem ser obtidos, já que o sistema por gotejamento tem a capacidade de manter a umidade do solo, relativamente, constante e próxima ao ótimo necessário para a cultura, sem acarretar em problemas de aeração.

A mudança para utilização de sistemas de irrigação mais eficientes, como a irrigação por gotejamento para culturas de alto valor econômico, a exemplo da cebola, é um meio de reduzir o excesso do uso de água da cultura e diminuir o potencial de lixiviação de $\text{NO}_3\text{-N}$ (SHOCK; FEIBERT; SAUNDERS, 2004; TROUT; KINCAID, 2007).

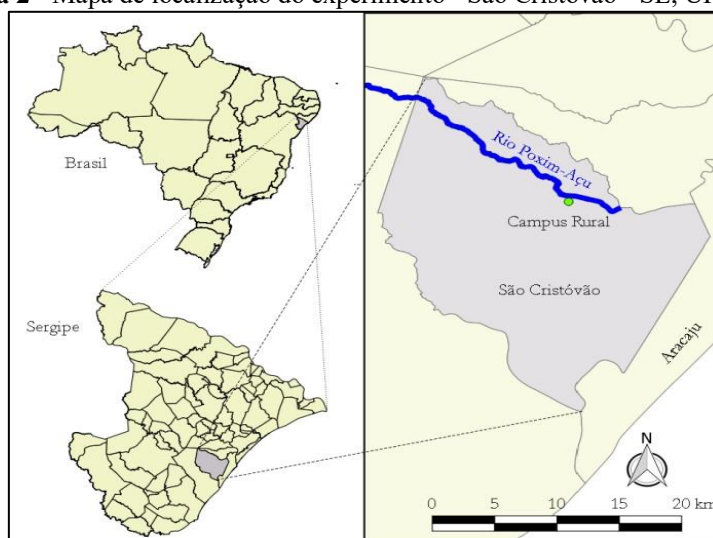
No distrito de Colorado nos EUA, houve uma mudança de áreas de cebola irrigadas por sulco para o sistema de irrigação por gotejamento e foi observada a diminuição das necessidades de fertilizantes, insumos e água, além do aumento na eficiência no uso da água e eficiência no uso do nitrogênio (HALVORSON *et al.*, 2008). O uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola em Lavras -MG mostrou que essa é uma técnica economicamente viável. No entanto, quando a produção é realizada em grandes áreas esse tipo de irrigação pode não ser o mais econômico para o produtor, sendo necessários novos estudos para melhores orientações aos agricultores (VILAS BOAS *et al.*, 2011b).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O experimento foi implantado na fazenda experimental do Centro de Ciências Agrárias e Aplicada da Universidade Federal de Sergipe, denominada “Campus Rural” situado nas coordenadas 10°55’S e 37°11’O e altitude de 18 metros em relação ao nível médio dos mares, no município de São Cristóvão – Sergipe (Figura 2). O solo da área de estudo foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO (EMBRAPA, 2013). O clima foi classificado, segundo Köppen, como subtropical, com verão seco (As’) com precipitação média anual de aproximadamente 1.200 mm, com chuvas concentradas (70%) entre os meses de abril a setembro (ALVARES *et al.*, 2013).

Figura 2 - Mapa de localização do experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



Fonte: Adaptado de SERGIPE, 2013.

O experimento teve início com a sementeira, no dia 01/11/2018 e o transplântio das mudas foi realizado no dia 10/12/2018.

3.2 AMOSTRAGEM E ANÁLISE DO SOLO

Antes da implantação do experimento foram coletadas 20 amostras simples do solo na camada de 0 – 0,20 m, formando uma amostra composta para realização da análise química no ITPS – Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, segundo metodologias descritas pelo Manual de Análise Química de Solos, Plantas e Fertilizantes da EMBRAPA (1999). Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo utilizado no experimento para fins de fertilidade - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

Sigla	Método	Valor	Unidade
pH	H ₂ O	6,33	----
Ca ²⁺	KCl	1,28	cmolc dm ⁻³
Al ³⁺	KCl	<0,08	cmolc dm ⁻³
Na ⁺	Mehlich ⁻¹	3,30	mg dm ⁻³
K	Mehlich ⁻¹	27,10	mg dm ⁻³
P	Mehlich ⁻¹	12,60	mg dm ⁻³
MO	WB (calorimétrico)	11,70	g dm ⁻³
Mg ²⁺	KCl	0,93	cmolc dm ⁻³
H + Al	SMP	1,43	cmolc dm ⁻³
SB	----	2,29	cmolc dm ⁻³
CTC	----	3,72	cmolc dm ⁻³
PST	----	0,38	%
V	----	61,60	%

Legenda:

MO: Matéria Orgânica; SB: Soma de Bases Trocáveis; CTC: Capacidade de Troca de Cátions; PST: Porcentagem de Sódio Trocável; V: Índice de Saturação de Bases; WB: Método Walkley-Black; SMP: Shoemaker, Mac lean e Pratt.

Com base nesses resultados, foram executadas a interpretação e recomendação da calagem e adubação para a cultura da cebola, conforme recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe (SOBRAL *et al.*, 2007).

3.3 CULTIVAR EMPREGADA

A cultivar empregada no experimento foi a Vale Ouro IPA 11, pois é menos exigente a baixas temperaturas que as cultivares desenvolvidas para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, além do alto nível de resistência a algumas doenças (BETTONI *et al.*, 2013). Segundo Costa e Resende (2007), a cultivar Vale Ouro IPA-11 apresenta plantas com folhagem vigorosa, moderadamente ereta, de cor verde escuro e muito cerosa (Figura 3-A). Os bulbos têm formato globular alongada, de conformação simétrica, casca fina e coloração amarela intermediária e pungência elevada (Figura 3-B). Em condições de campo, esta cultivar tem proporcionado excelente desempenho agrônômico, com uma capacidade produtiva superior a 30 t ha⁻¹ e boa conservação pós-colheita. O ciclo, após o transplântio, é de 90 dias, aproximadamente.

Figura 3 - Cultivar utilizada no Experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019
(A) – Folhagem das mudas; (B) – Bulbo de cebola, cultivar IPA-11



3.4 PREPARO DO SOLO E SEMEADURA

A área de cultivo foi dividida em duas partes: sementeira (Figura 4) e área definitiva (Figura 5). Primeiramente foi realizada a aração do solo na profundidade de 0,20 m para inversão de camadas. Nesta etapa o calcário dolomítico e a matéria orgânica (em forma de esterco) foram incorporados ao solo. O calcário foi aplicado na dose de 680 kg ha⁻¹ a fim de elevar a saturação por bases a 80%. Foi distribuída matéria orgânica no teor de 20 toneladas por hectare. Posteriormente, foram construídos canteiros com rotoencanteirador mecânico, na largura de 1,20 m e altura de 0,20 m.

Figura 4 - Preparo do solo sementeira - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



Figura 5 - Preparo do solo Área definitiva - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



As sementes foram distribuídas na sementeira em sulcos com profundidade de 5 mm e distanciados 0,15 m entre si (Figura 6). Cada sulco possuía 1,20 m de comprimento e foram espalhadas uniformemente 80 sementes por sulco. Em seguida os sulcos foram cobertos com solo e recobertos com folhas de coqueiro. Decorridos 7 dias, as folhas de coqueiro foram retiradas da sementeira. Nesta etapa a umidade foi mantida por irrigação por microaspersão com frequência de 2 vezes ao dia. O controle de plantas concorrentes foi executado semanalmente, através de capina manual, até o quadragésimo dia após a semeadura (Figura 7).

Figura 6 - Distribuição das sementes nos sulcos - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



Figura 7 - Capina Manual - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

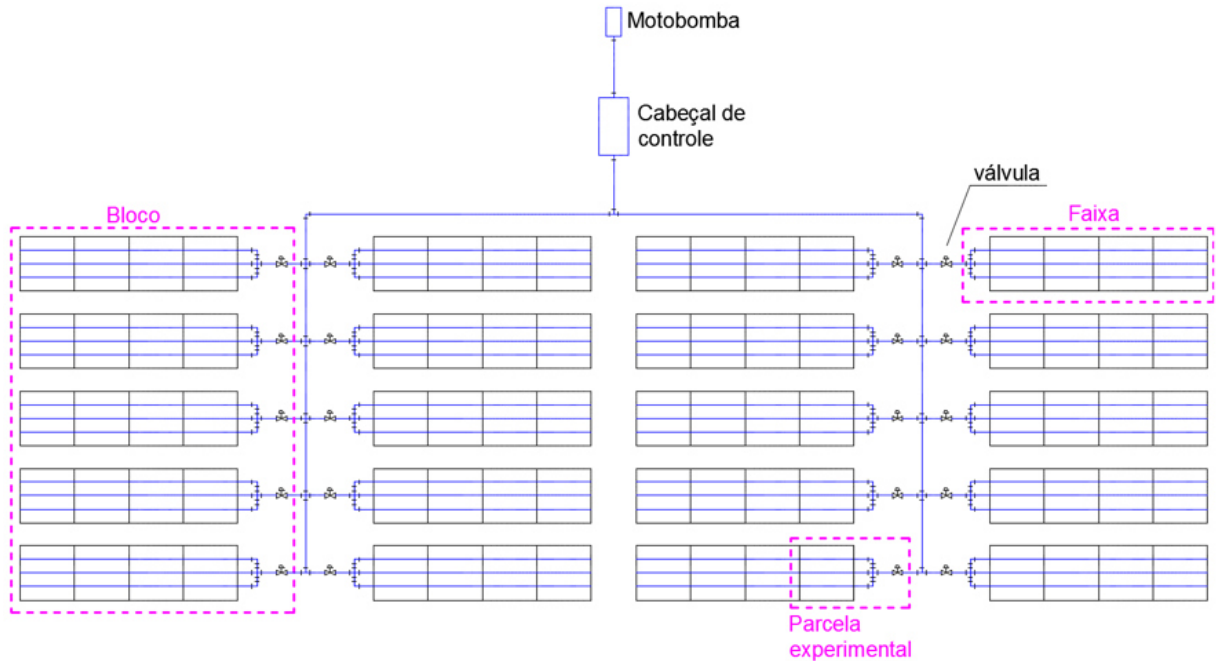


3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com fator lâmina de irrigação disposto em faixas, constituído de 20 tratamentos com 4 repetições (Figura 8). Os tratamentos consistiram da combinação de cinco lâminas de irrigação correspondendo a 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura (ET_c) e quatro densidades de plantio, correspondentes a 125, 100, 85, 70 plantas m^{-2} , satisfazendo aos espaçamentos de 0,10 m x 0,08

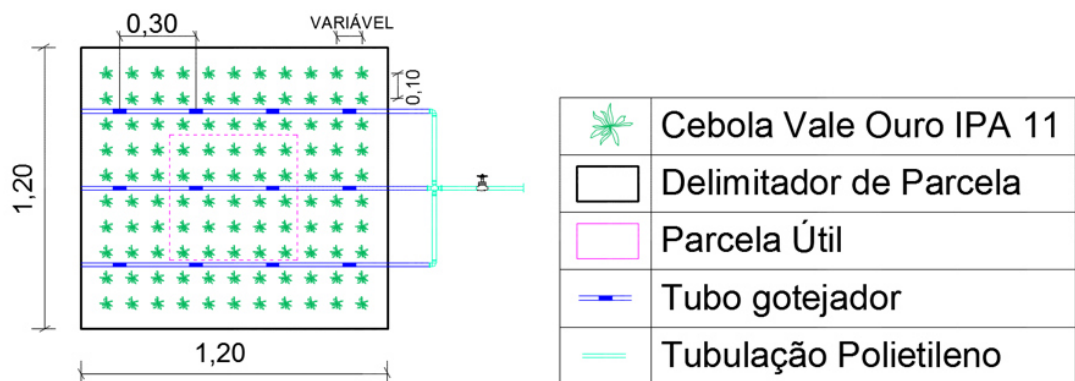
m; 0,10 m x 0,10 m; 0,10 m x 0,12 m e 0,10 m x 0,14 m entre linhas e entre plantas respectivamente.

Figura 8 – Esquema experimental



As parcelas experimentais tiveram dimensões de 1,20 m de largura por 1,20 m de comprimento (1,44 m²). Foi considerado como sendo útil, a parte central da parcela, conforme Figura 9.

Figura 9 - Esquema de uma parcela experimental



Obs: medidas em metro.

3.6 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

As irrigações foram realizadas utilizando-se tubos gotejadores com emissores espaçados de 0,30 m e vazão de $1,8 \text{ L h}^{-1}$ (Figura 10). Em cada faixa (canteiro) foram instalados três tubos gotejadores espaçados 0,30 m sendo o turno de rega diário. As linhas de gotejadores foram conectadas à linha de derivação de polietileno, tendo, em cada início de linha lateral, um registro. A pressão de serviço foi de 1,8 bar (25,6 psi) conforme as recomendações do fabricante dos tubos gotejadores, em conformidade com a faixa de pressão recomendada por Marouelli, Braga e Andrade Junior (2012). A pressão era aferida com auxílio de manômetro analógico e regulada manualmente através de registro de gaveta (Figura 11).

Figura 10 - Sistema de irrigação localizada por gotejamento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



Figura 11 - Cavalete de tomada de água com registro de gaveta e manômetro analógico - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



3.7 TRANSPLANTIO DE MUDAS E CONDUÇÃO

Após 40 dias da semeadura foi realizado o transplântio das mudas. Com o intuito de padronizar o espaçamento, foram utilizados gabaritos pré-fabricado de madeira e pregos (Figuras 12 A e B), tendo suas medidas conferidas posteriormente (Figuras 12 C e D). Os gabaritos eram pressionados no solo formando pequenos orifícios que serviam como orientação para garantir os espaçamentos propostos (Figura 13 A e B).

Figura 12 - Gabaritos usados no transplântio- São Cristóvão - SE, UFS, 2019
(A e B) - Montagem; (C e D) - Visão geral



Figura 13 - Utilização de gabaritos para diferentes espaçamentos - São Cristóvão - SE, UFS, 2019
(A) – Marcação no solo; (B) – Mudras no espaçamento prefixado



As lâminas de irrigação para cada tratamento foram obtidas mediante diferentes tempos de funcionamento das linhas laterais. Esse tempo foi obtido através do cálculo pela equação 1.

$$T = \frac{L_i \cdot E_g \cdot E_l}{q} \quad (1)$$

em que:

T = Tempo de irrigação para cada tratamento, h;

L_i = Lâmina de irrigação para cada tratamento, mm;

E_g = Espaçamento entre emissores para cada tratamento, m;

E_l = Espaçamento entre linhas, m;

q = Vazão média dos gotejadores, L h⁻¹.

As lâminas de irrigação aplicadas foram obtidas através de dados climáticos, aferidos por estação meteorológica automática, localizada a 27 metros da área de cultivo definitivo. Os parâmetros climáticos utilizados foram: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, vento e precipitação por chuva. Através software de domínio livre, disponibilizado pela FAO, denominado ET₀ Calculator, baseado no método de Penman-Monteith-FAO (PM-FAO), foi possível obter a Evapotranspiração de referência diariamente durante o período experimental.

De posse da estimativa da ET₀ multiplicado pelo coeficiente da cultura da cebola (Kc) proposto por Marouelli, Costa e Silva, (2005), obtinha-se a lâmina líquida. Esta, quando associada ao fator de eficiência do sistema de irrigação, resulta na lâmina bruta.

Os valores de Kc estão relacionados com cada estágio de desenvolvimento da cultura da cebola, que segundo Marouelli, Costa, Silva (2005), estão divididos em quatro níveis: inicial, desenvolvimento, bulbificação e maturação, recomendando os seguintes valores: 0,60; 0,80; 0,95 e 0,65, respectivamente, quando utilizada a irrigação por gotejamento.

Foram usados para adubação, 80 kg ha⁻¹ de Nitrogênio (Sulfato de amônio, 380 kg ha⁻¹), 120 kg ha⁻¹ de Fósforo na forma de P₂O₅ (Superfosfato simples, 666,67 kg ha⁻¹), 160 kg ha⁻¹ Potássio, K₂O, (Cloreto de potássio, 266,67 kg ha⁻¹). O superfosfato simples foi aplicado em dose única aos canteiros no local de cultivo definitivo antes do transplantio. O cloreto de potássio e o sulfato de amônio foram divididos em duas parcelas iguais, correspondente a 50%

do total da recomendação e foram aplicados da seguinte forma: 10 dias e 45 dias após do transplântio, distribuídos a lanço.

Foram executadas capinas manuais para controle de plantas concorrentes semanalmente e quando necessárias.

3.8 COLHEITA E VARIÁVEIS ANALISADAS

A colheita foi realizada quando, em média, 90% das plantas estiveram em estado de tombamento/estalo (Figura 14), foram colhidas para fins de avaliação 25 plantas e posteriormente submetidas ao processo de cura. Estas permaneceram por três dias expostas ao sol e cinco dias à sombra (Figura 15), efetuando-se, em seguida, o corte da parte aérea e raízes (MAROUELLI; COSTA; SILVA, 2005).

Figura 14 - Tombamento de cebolas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



Figura 15 - Processo de cura à sombra - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



As variáveis analisadas foram:

- Produtividade total de bulbos: Obtida pelo somatório da produtividade comercial e não comercial, considerando a produção da parcela útil e sua respectiva área, sendo estimada a produtividade por hectare e os resultados expressos em $t\ ha^{-1}$, vale ressaltar que a área utilizada para estimar a produtividade foi estimada em 80% do valor de um hectare, uma vez que foi considerada a área entre os canteiros;
- Produtividade comercial de bulbos: Os bulbos foram classificados conforme a Portaria Ministerial nº 529, de 18 de agosto de 1995 (BRASIL, 1995), usando os critérios descritos no Quadro 1. Tais normas estabelecem que bulbos acima de 35 mm de diâmetro transversal estão categorizados como comerciais (Figura 16). A produtividade de bulbos comerciais foi obtida pela razão da produção da massa de bulbos (classificados como comerciais) pela área, expressa em $t\ ha^{-1}$.

Quadro 1 - Classificação dos bulbos

CLASSES	DIÂMETRO TRANSVERSAL DO BULBO (mm)
1	≤ 35
2	> 35 até 50
3	> 50 até 70
4	> 70 até 90
5	> 90

Figura 16 - Cebolas classificadas comercialmente - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



- Massa média de bulbos comercializáveis: obtida pela divisão da produção comercial pelo número de bulbos comercializáveis colhidos na parcela, expressa em g bulbo⁻¹;
- A eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos foi determinada por meio da relação entre os valores de produtividade total de bulbos (kg ha⁻¹) e as respectivas quantidades de água fornecidas (mm), em cada tratamento, durante o período de cultivo da cultura. Resultados foram expressos em kg ha⁻¹ mm⁻¹;
- A eficiência no uso da água para produtividade comercial de bulbos foi determinada por meio da relação entre os valores de produtividade comercial de bulbos (kg ha⁻¹) e as respectivas quantidades de água fornecidas (mm), em cada tratamento, durante o período de cultivo da cultura. Os resultados expressos em kg ha⁻¹ mm⁻¹.
- Sólidos solúveis: determinado por refratometria segundo o método da AOAC (1992), por leitura direta em refratômetro digital, sendo os dados expressos em °Brix.
- Acidez titulável: determinada utilizando-se extrato aquoso obtido por diluição de 1 mL do suco, em 19 mL de água destilada, adicionando três gotas de fenolftaleína 1%. Por meio de titulação com solução de NaOH (0,1 N), previamente padronizada, sendo os dados expressos em percentual de ácido pirúvico.
- Relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável: determinada pelo quociente entre os sólidos solúveis e acidez titulável, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005).
- Relação de formato de bulbo: a determinação foi realizada em todos os bulbos da parcela útil, com auxílio de paquímetro digital determinado o comprimento

longitudinal e o diâmetro transversal do bulbo. A relação de formato de bulbo será determinada pela razão do comprimento e diâmetro de cada bulbo, individualmente.

- Potencial Hidrogeniônico (pH): segundo o método da AOAC (1992) e uso de potenciômetro digital em imersão.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e posteriormente a análise de variância. As variáveis afetadas significativamente aos níveis de 1 e 5% de probabilidade pelos tratamentos foram analisadas por teste de média (Tukey) para espaçamento entre plantas e regressão para lâminas de irrigação. Foram gerados gráficos no software estatístico R (R Core Team, 2019) com o pacote ExpDes.pt (FERREIRA, CAVALCANTI, NOGUEIRA, 2018).

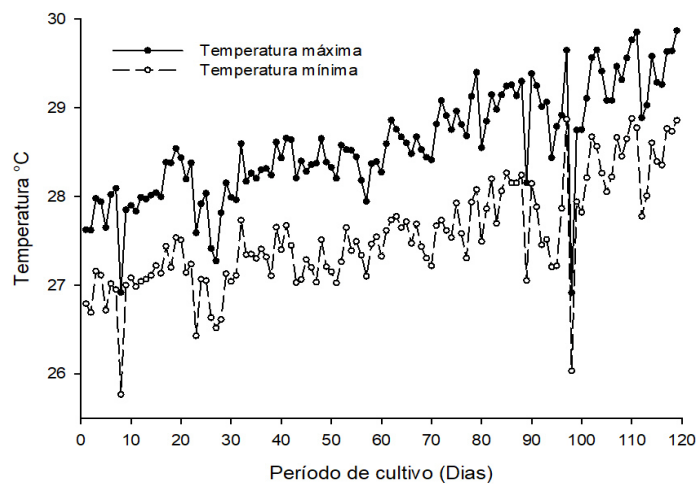
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS:

4.1.1 Temperatura

O experimento foi conduzido durante 119 dias, na Figura 17 podem ser observadas as temperaturas máximas e mínimas durante o período experimental, sendo a média das temperaturas igual a 28 °C.

Figura 17 - Temperaturas médias diárias máxima e mínima da área experimental, no período da condução do experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



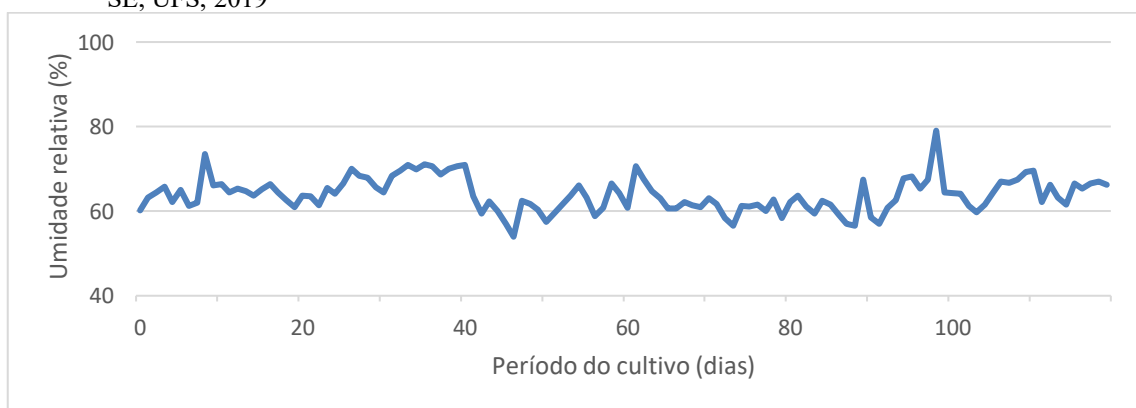
Costa *et al.* (2012) afirmaram que a temperatura influencia na cultura da cebola, fatores relacionados a nutrientes, fotoperíodo, ciclo, indução do florescimento. Temperaturas acima de 30 °C podem causar bulbificação precoce, assim como, temperaturas abaixo de 12 °C podem ser fator de indução para florescimento precoce da cebola, fato não observado no presente estudo. Filgueira (2013) afirmou que o desenvolvimento normal da cebola só é alcançado quando a temperatura é favorável, ressaltando ainda que a temperatura deve ser fria durante o crescimento vegetativo e ligeiramente elevada na bulbificação, assim como ocorreu durante o período experimental, onde notou-se amplitude de 11,4 °C e temperatura máxima de 34,3 °C.

Silva *et al.* (2015) asseguraram que em cultivos comerciais de cebola expostos a prolongados períodos de frio podem emitir floração prematura, afirmando ainda que a passagem da fase vegetativa para produtiva é a mais influenciada pela temperatura. Os autores enfatizam que as cultivares devem ser selecionadas por região demográfica, pois cultivares selecionadas para o sul do país apresentam baixa adaptabilidade para o Nordeste, gerando baixa produtividade, porém cultivares selecionadas para essa região e cultivadas na região sul têm predisposição ao florescimento precoce.

4.1.2 Umidade relativa do ar

A umidade relativa trata-se de uma variável meteorológica que reflete no cálculo da evapotranspiração da cultura, sendo observado, durante o período experimental, média diária de umidade relativa do ar durante o experimento atual 64,9% (Figura 18). Costa e Resende (2007) afirmaram que altos índices de umidade relativa do ar, apesar de não influenciar diretamente na bulbificação e florescimento, podem favorecer incidência de doenças foliares, que podem comprometer a produção de bulbos, não foi observado nenhuma doença no experimento, pode-se atribuir a baixos índices de umidade relativa do ar.

Figura 18 - Umidade relativa diária média (UR_{méd}) do ar ocorrida no período do experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



4.2 LÂMINA TOTAL DO CICLO DA CULTURA

Na Tabela 2 está exposto o detalhamento do fator lâmina de irrigação, o qual permaneceu 40 dias na sementeira sem diferenciação de lâminas, precipitação efetiva durante todo o ciclo e as lâminas aplicadas a partir do 41º dia conforme porcentagens da ETc, aplicados por gotejamento e posteriormente o total, composto pela soma de toda a água no ciclo.

Tabela 2 – Reposição de água de cada tratamento e as correspondentes lâminas de irrigação na sementeira, de precipitação, de irrigação por gotejamento e totais aplicadas durante a condução do experimento - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

Reposição da ETc	Lâmina (mm)			
	Sementeira	Precipitação	Aplicado	Total
L1 = 50 % ETc	141,6	54,9	172,6	369,1
L2 = 75 % ETc	141,6	54,9	258,8	455,3
L3 = 100 % ETc	141,6	54,9	345,1	541,6
L4 = 125 % ETc	141,6	54,9	431,4	627,9
L5 = 150 % ETc	141,6	54,9	517,7	714,2

As lâminas totais de água utilizadas para cada tratamento variaram de 369,1 a 714,2 mm estando em acordo com a recomendação de Marouelli, Costa e Silva, (2005), que afirmaram em seu estudo, nas condições edafoclimáticas regionais, que a necessidade total de água da cultura de cebola depende das condições climáticas e do ciclo da cultivar, variando de 350 a 650 mm. Carvalho *et al.* (2017) estudaram consumo hídrico, produtividade e qualidade de cebola sob diferentes manejos de irrigação no município de Juazeiro-BA e concluíram que para todo o ciclo o consumo hídrico foi de 563,4 mm, usando irrigação por gotejamento em um ciclo de 115 dias. Este valor é 4% maior que o valor da lâmina de 100% utilizada no presente estudo, vale ressaltar que o ciclo da cultura pesquisado por Carvalho *et al.* (2017) foi encerrado com 4 dias de antecedência, justificando a aplicação de uma lâmina menor.

4.3 PRODUTIVIDADE TOTAL DE BULBOS

A análise de variância (Tabela 3) não revelou interação significativa entre os fatores lâminas de irrigação e espaçamentos entre plantas, para a variável produtividade total de bulbos.

Verificou-se efeito significativo a nível de 1% de probabilidade para os fatores, isoladamente, lâmina de água e espaçamento entre plantas para a variável analisada.

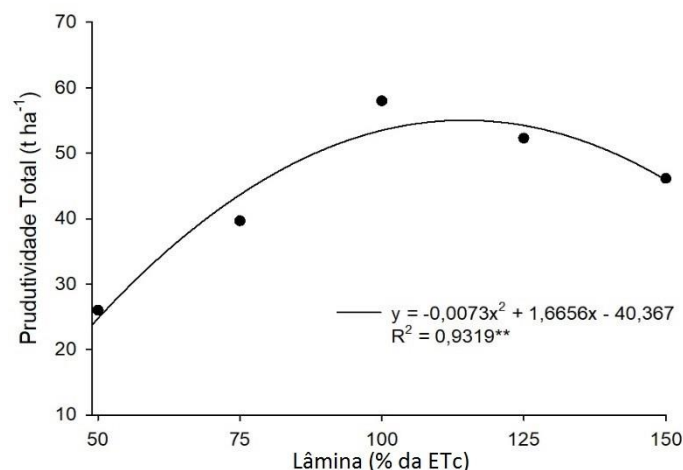
Tabela 3 - Análise de variância para produtividade total de bulbos de cebola em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	140,2	46,73	1,103	0,35542 ^{ns}
Lâmina	4	9766,7	2441,68	57,639	0,00001 ^{**}
Espaçamento	3	4140,8	1380,27	32,583	0,00003 ^{**}
Lâmina*espaçamento	12	567,3	47,28	1,116	0,36574 ^{ns}
Resíduo	57	2414,6	42,36		
CV		14,66			
Média Geral		44,40			

^{ns}não significativo; ^{**}significativo a 0,01 de probabilidade; ^{*}significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Para a produtividade total de bulbos (Figura 19) observou-se uma resposta polinomial quadrática em relação às lâminas de reposição de água, de acordo com a Evapotranspiração da Cultura, comportamento condizente aos obtidos por Vilas Boas *et al.* (2014) e Baptestini *et al.* (2018). Contrastando, Barreto (2015), que obteve uma resposta linear quando aplicou lâminas de irrigação que variaram de 254, 4 a 795,6 mm, fato que pode ser explicado devido ao volume de água aplicado ser insuficiente para resultar estresse por excesso de água.

Figura 19 - Produtividade total de bulbos de cebola em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



A produtividade total máxima de bulbos de cebola foi estimada por regressão, no ponto de inflexão da curva, correspondendo a 55,03 t ha⁻¹ para a lâmina 114,55%, superior à média Nacional (31,95 t ha⁻¹) e do Nordeste (37,59 t ha⁻¹) em 2018 (IBGE, 2020). Pode-se inferir que

houve boa adaptação da cultivar para as condições edafoclimáticas da região, de acordo com a produtividade, já que os valores são superiores as médias observadas na região, que conforme Costa e Resende (2007), apresenta capacidade produtiva superior a 30 t ha⁻¹.

Segundo Bispo *et al.* (2017), a redução da disponibilidade de água no solo acarreta decréscimo na produtividade da cebola, corroborando com os dados obtidos neste trabalho, onde foi verificado um aumento linear da produtividade com o incremento na lâmina de irrigação de 50, 75 e 100% da ETc, notando-se valores de 24,74, 43,66 e 53,49 t ha⁻¹, respectivamente. Henriques *et al.* (2014), investigando cultivares de cebola submetidas a diferentes espaçamentos e lâminas de água baseadas na evapotranspiração da cultura e aplicadas por gotejamento em Mossoró-RN, alcançaram produtividade total de bulbos de 26,76 t ha⁻¹, na cultivar IPA 11 ao aplicar a lâmina equivalente a 100% da ETc. Mesquita *et al.* (2017) e Souza *et al.* (2017) em investigações semelhantes com a cultura da cebola e a mesma cultivar, obtiveram resultados similares de produtividade na devida ordem de 24,01 e 23,70 t ha⁻¹, embora sejam inferiores às verificadas neste estudo.

Ao realizar a comparação de médias (Tabela 4), constata-se maiores médias nas plantas cultivadas sob o espaçamento de 0,08 m entre plantas, proporcionando maiores rendimentos totais de bulbos (56,00 t ha⁻¹). O espaçamento de 0,10 m entre plantas, promoveu produtividade média de 44,76 t ha⁻¹, sendo inferior 20,07% se comparado com a melhor média. Já os espaçamentos entre plantas de 0,12 e 0,14 m não apresentaram diferenças significativas entre si.

Resende, Costa e Alvarenga (2005) estudaram o rendimento da cultivar de cebola Texas Grano 502, variando espaçamentos entre linhas (0,10 e 0,15 m) e entre plantas (0,10, 0,20 e 0,30 m), na cidade de Petrolina – PE, e observaram que a massa total de bulbos decresceu com o incremento da densidade, sendo que o espaçamento 0,10 m x 0,10 m proporcionou a maior produtividade total de bulbos com valor na ordem de 55,09 t ha⁻¹, média superior à encontrada neste trabalho, que foi de 44,76 t ha⁻¹, sendo possível inferir que a menor produtividade esteja relacionada a diferença de potencial genético entre cultivares, como evidenciado por Souza *et al.* (2008), que encontraram diferenças significativas para produtividade total, quando avaliaram dezoito genótipos de cebola cultivados nas cidades de Mossoró – RN, Petrolina – PE e Juazeiro -BA.

Tabela 4 - Valores médios da produtividade total de bulbos (PT), produtividade comercial de bulbos (PC), massa média de bulbos comercializáveis (MMC), eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos de cebola (EUAT) e eficiência no uso da água para produtividade comercial de bulbos de cebola (EUAC) - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

Espaçamentos (m)	PT (t ha ⁻¹)	PC (t ha ⁻¹)	MMC (g bulbo ⁻¹)	EUAT (kg mm ⁻¹ ha ⁻¹)	EUAC (kg mm ⁻¹ ha ⁻¹)
0,08	56,00 a	52,46 a	60,64 b	104,81 a	96,67 a
0,10	44,76 b	42,13 b	62,49 b	83,78 b	75,40 b
0,12	39,11 c	37,45 b	62,04 b	74,02 c	70,22 b
0,14	37,74c	36,42 b	70,30 a	70,67 c	67,59 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Menezes e Vieira Neto (2012) estudaram a produção de cebola em função da densidade de plantas, que variavam entre 200.000 e 600.000 plantas ha⁻¹, e observaram que o aumento da população aumentou as médias de produtividade total de bulbos de cebola, fato também observado no presente estudo. Vargas, Braz e May (2007), em São José do Rio Pardo – SP, investigaram produtividade de cultivares de cebola e espaçamentos que variaram de 0,08 a 0,14 m entre plantas, e concluíram que não ocorreu diferenciação de médias de produtividades totais de bulbos de cebola, divergindo do presente estudo que apresentou melhores produtividades para o menor espaçamento, ou seja, a população de plantas mais adensada.

No presente estudo, quando se usou os maiores espaçamentos entre plantas (0,12 e 0,14 m), foi notado redução da produtividade total em 30,16% e 32,61%, respectivamente, quando se compara à obtida com o uso do espaçamento de 0,08 m, o que corresponde a uma redução na ordem de 16,89 t ha⁻¹ e 18,29 t ha⁻¹. Baier *et al.* (2009), Menezes Júnior e Vieira Neto (2012) e Menezes Júnior e Kurtz (2016) afirmaram que a densidade de cultivo da cebola induz na competitividade de recursos naturais tais como água e nutrientes, influenciando a produtividade de bulbos, entretanto, no presente estudo, as maiores densidades proporcionaram maiores produtividades totais de bulbos, podendo-se inferir que não foi atingido um nível de competitividade intraespecífica capaz de afetar negativamente este parâmetro.

Henriques *et al.* (2014), avaliando cultivares de cebola cultivada em diferentes espaçamentos entre plantas (0,05 e 0,03 m) em Mossoró, concluíram que a cultivar IPA 11 foi superior a híbrida Bela Dura em produtividade total de bulbos, produzindo 30,48 e 24,74 t ha⁻¹ respectivamente. May *et al.* (2007) investigaram híbridos de cebola em função da população de plantas e fertirrigação nitrogenada e potássica no estado de São Paulo, reportaram que a população de plantas (60; 76; 92; 108 plantas m²) não tiveram efeito na produtividade total de bulbos.

Baier *et al.* (2009) trabalharam com três densidade de plantio (50, 75 e 100 plantas m²) na cultura da cebola utilizando o híbrido Buccaneer, no estado do Paraná, observaram um aumento linear da produtividade total de bulbos com o aumento da densidade, sendo a maior produtividade obtida com uso do espaçamento de 0,10 m x 0,10 m, correspondente a 92,2 t ha⁻¹ e o espaçamento 0,10 m x 0,20 m produziu 64,15 t ha⁻¹, comportamento semelhante ao notado neste trabalho, onde o menor espaçamento promoveu a maior produtividade total. A discrepância com relação aos valores absolutos de Baier *et al.* (2009) pode ser atribuída a diferença de potencial genético do híbrido associado as condições edafoclimáticas e tecnológicas, podendo também estar associado ao vigor da muda, onde um foi em ambiente protegido, com o uso de bandejas e substrato comercial e o presente estudo ocorreu em sementeiras em ambiente aberto.

4.4 PRODUTIVIDADE COMERCIAL DE BULBOS

Conforme análise de variância (Tabela 5), não foi observada interação significativa entre os fatores lâminas de irrigação e espaçamentos entre plantas na produtividade comercial de bulbos. Todavia, verificou-se efeito significativo, a nível de 1% de probabilidade, dos fatores, isoladamente, lâmina de irrigação e espaçamento entre plantas.

Tabela 5 - Análise de variância para produtividade comercial de bulbos de cebola, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	257,2	85,7	1,616	0,19566 ^{ns}
Lâmina	4	12681,2	3170,3	59,753	0,00002 ^{**}
Espaçamento	3	3224,3	1074,8	20,257	0,00001 ^{**}
Lâmina*espaçamento	12	901,6	75,1	1,416	0,18559 ^{ns}
Resíduo	57	3024,2	53,1		
CV	17,29				
Média Geral	42,12				

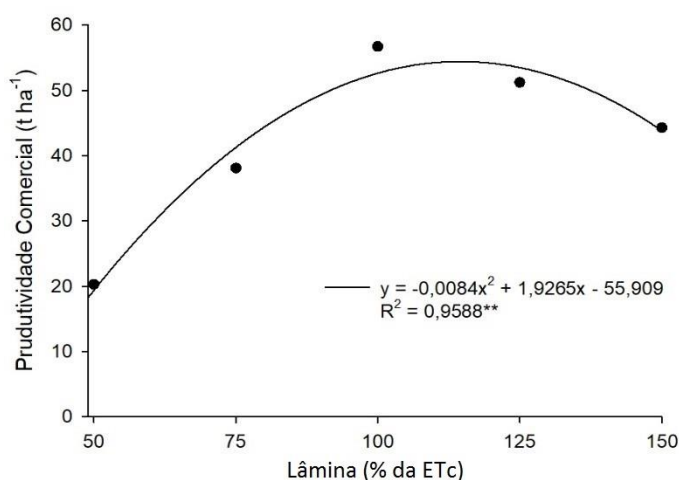
^{ns}não significativo; ^{**}significativo a 0,01 de probabilidade; ^{*}significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Para a produtividade comercial de bulbos (Figura 20), observou-se uma resposta quadrática, com coeficiente de determinação de 95% de representatividade dos dados, em

função da relação das lâminas de reposição de água conforme a evapotranspiração da cultura. Foi possível determinar o ponto de inflexão da curva, sendo assim, a produtividade máxima comercial foi de 54,41 t ha⁻¹, obtida com a lâmina estimada em 114,52% da ETc.

Carvalho, Ribeiro e Gomes (2018) estudaram o rendimento comercializável de cebola, cultivar Alfa Tropical, em diferentes níveis de irrigação (0, 22, 45, 75 e 100%) baseados na reposição da evapotranspiração da cultura e do balanço hídrico usando reflectometria do domínio do tempo, com e sem cobertura morta, em Seropédica – RJ, onde concluíram que os níveis de irrigação influenciaram as porcentagens de bulbos nas classes 1, 3, 4 e 5, independentemente do uso de coberturas. O incremento da lâmina causou efeito linear positivo para produtividade comercial de bulbos, sendo que a produtividade na lâmina de 100% foi de 42,00 t ha⁻¹, sem uso de cobertura vegetal, valor 20% inferior ao encontrado no presente estudo (52,74 t ha⁻¹) para a mesma lâmina de irrigação aplicada.

Figura 20 - Produtividade comercial de bulbos de cebola em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



Baptestini *et al.* (2018), estudando produtividade comercial de cebola em função de doses de nitrogênio e lâminas de irrigação em Viçosa – MG, utilizando a cultivar híbrida aquário, não conseguiram atingir o ponto de inflexão da curva para o fator lâmina de irrigação, mesmo variando de 0 a 150% da evapotranspiração da cultura, evidenciando o potencial dessa cultivar para as condições de clima e solo da região, podendo eventualmente responder de forma positiva a aplicação de maiores lâminas de irrigação, diferentemente do atingido no presente estudo com a cultivar IPA 11, para as condições edafoclimáticas do estado de Sergipe, onde o ponto de inflexão foi encontrado na lâmina de 114,52% da ETc.

Gatto (2013) analisou a cultura da cebola, cultivar híbrida Bella Vista, sob doses de nitrogênio e lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento em Lavras -MG, e verificou um decréscimo linear na produtividade comercial a medida em que se aumentou a lâmina de irrigação aplicada, que variou de 50% a 200% da evapotranspiração de referência com base em Tanque classe A (ECA), a produtividade comercial máxima foi de 58,29 t ha⁻¹ quando se aplicou 50% da ECA (328,4 mm) e a mínima de 36,81 t ha⁻¹ quando foi aplicado 200% da ECA, o autor atribui este comportamento a redução de arejamento no sistema radicular e lixiviação de nutrientes, afirmando ainda, que o excesso de água é muito prejudicial para a cultura, fato verificado na presente investigação, onde ocorreu redução de 18,06% da produtividade comercial com o incremento da lâmina entre 125 e 150% da ETc.

Conforme Figura 20, foi verificado um acréscimo de produtividade comercial na ordem de 63,16% com o aumento da lâmina de 50% (19,39 t ha⁻¹) para 100% (52,63 t ha⁻¹) da ETc. Bispo *et al.* (2017) avaliaram a cultivar IPA 11, na cidade de Juazeiro – BA, atingiram produtividade comercial média de 34,90 t ha⁻¹ quando aplicou 100% da ETc para a cultivar IPA 11. Marrocos (2015) atingiu produtividade máxima comercial de bulbos de cebola de 51,30 t ha⁻¹ quando utilizou 100% da ETc, cultivar IPA 11 e doses de potássio, em Mossoró – RN, dados que corroboram com o presente estudo.

Com a comparação de médias (Tabela 4), notou-se que o espaçamento entre plantas de 0,08 m foi superior, ao nível de 5% de probabilidade, dos demais espaçamentos, proporcionando maiores rendimentos de produtividades comerciais de bulbos (52,46 t ha⁻¹). Comparando os espaçamentos entre plantas de 0,10, 0,12 e 0,14 m não se constataram médias diferentes, significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, porém, ao relacionar os resultados obtidos nas plantas sob o espaçamento mais produtivo 0,08 m, a superioridade foi de 19,69% (10,33 t ha⁻¹), 28,61% (15,01 t ha⁻¹) e 30,58% (16,64 t ha⁻¹), respectivamente.

Yuri, Resende e Costa (2018), investigando produtividade de cultivares de cebola em diferentes populações de plantas sob semeadura direta, nas condições do submédio do São Francisco, reportaram que o aumento do espaçamento entre plantas proporcionou redução da produtividade de bulbos não comerciais, encontrando um menor número de bulbos, considerados “refugos” (diâmetro <35 mm), ao usar o maior espaçamento, 0,12 m. Todavia, neste trabalho, foi observado maior produtividade de bulbos comerciais na maior densidade, podendo-se atribuir este comportamento ao fato de o maior número de bulbos comerciais e não comerciais compensarem a menor quantidade de bulbos produzidos na menor densidade, inferindo-se a possibilidade da utilização de maiores densidades para as condições edafoclimáticas locais.

Yuri, Resende e Costa (2018) concluíram que ocorre efeito do espaçamento nas produtividades comerciais de bulbos sobre diferentes cultivares, nas condições de clima e solo e como conclusão do seu estudo recomendaram o espaçamento 0,10 m entre plantas para a cultivar Vale Ouro IPA 11, diferentemente dos resultados observados no presente experimento, onde nota-se maiores produtividades comerciais ao usar o espaçamento de 0,08 m entre plantas.

Gashua e Abbator (2013) estudaram o efeito de densidade populacional (entre 20 a 50 plantas por m²) e o comportamento de diferentes cultivares de cebola no norte da Nigéria, e relataram que a densidade populacional tem efeito direto no diâmetro dos bulbos e que espaçamentos menores podem proporcionar bulbos com diâmetros reduzidos, por outro lado, maiores espaçamentos ocasionam bulbos de diâmetros maiores, sugerindo no seu trabalho, para o nível tecnológico local, a densidade de 30 plantas m² que promove maior produtividade comercial. Já nas condições do presente experimento a densidade populacional de 130 plantas por m² proporcionou maiores produtividades de bulbos totais e comerciais.

4.5 MASSA MÉDIA DE BULBOS COMERCIALIZÁVEIS

Conforme análise de variância (Tabela 6), não foi observada interação significativa entre os fatores lâminas de irrigação e espaçamentos entre plantas para a massa média de bulbos comercializáveis de cebola. Porém, foi verificado efeito, a nível de 1% de probabilidade, para os fatores, isoladamente, lâmina de irrigação e espaçamento entre plantas para a variável analisada.

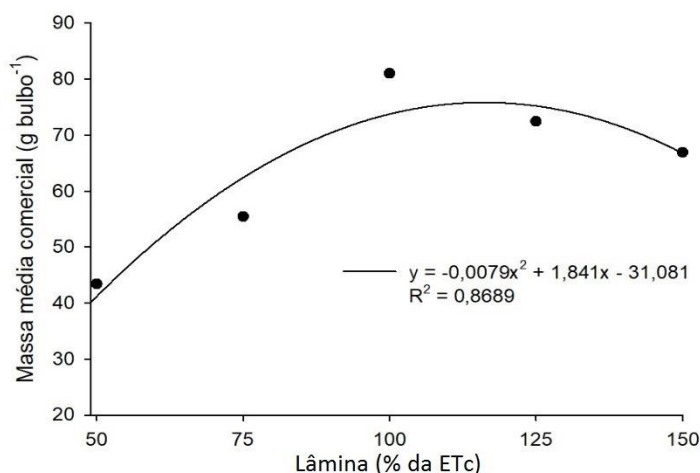
Tabela 6 - Análise de variância para massa média de bulbos comercializáveis de bulbos de cebola, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	24,1	8,0	0,093	0,96366 ^{ns}
Lâmina	4	13872,6	3468,1	40,163	0,00005 ^{**}
Espaçamento	3	1141,7	380,6	4,407	0,00741 ^{**}
Lâmina*espaçamento	12	817,7	68,1	0,789	0,65930 ^{ns}
Resíduo	57	4922,1	86,4		
CV	14,55				
Média Geral	63,87				

^{ns}não significativo; ^{**}significativo a 0,01 de probabilidade; ^{*}significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Yuri, Resende e Costa (2018) reportaram que a massa média comercial de bulbos é fator preponderante para o atendimento das exigências do mercado consumidor, haja vista esta necessidade, há uma preocupação dos institutos de pesquisa em desenvolver cultivares que apresentem maior uniformidade de massa e diâmetro e maior tempo de prateleira. Para a variável massa média comercial de bulbos (Figura 21) observou-se uma resposta polinomial quadrática em função da relação das lâminas de reposição de água com o aumento da massa média comercial. Foi possível, através da equação da regressão encontrar o ponto de inflexão da curva e mensurar o máximo valor de massa média comercial de bulbos atingindo 75,89 g bulbo⁻¹, com lâmina correspondente de 116,16% da evapotranspiração da cultura.

Figura 21 - Massa média de bulbos comercializáveis em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



Bispo *et al.* (2017) reportaram a diminuição do peso médio de bulbos comerciais com a redução da disponibilidade de água no solo, fazendo com que a cultivar IPA 11 sofresse um decréscimo na ordem de 30,3 para 24,1 g bulbo⁻¹ quando aumentou a tensão de água no solo de 20 para 40 kPa. Barreto (2015) evidenciou em seu estudo que as lâminas de irrigação influenciam as massas médias de bulbos comerciais adotando um comportamento linear, à medida que ocorreu um acréscimo na lâmina, atingiu maiores massas médias comerciais de bulbos, sendo que a menor lâmina de irrigação aplicada foi de 254,4 mm e a máxima foi de 795,6 mm, produzindo bulbos com massa média de 60,80 g bulbo⁻¹ e 115,28 g bulbo⁻¹ respectivamente. Em ambos os trabalhos é possível inferir que a água disponível para a planta influencia na massa média comercial de bulbos de cebola, assim como foi verificado no presente estudo.

Kumar *et al.* (2007) investigaram em dois anos consecutivos a resposta da cebola a diferentes níveis de água, que foram 60%, 80%, 100% e 120%, conforme evaporação do tanque classe A (ECA), em Punjab, na Índia e concluíram que não houve diferença significativa para massa média de bulbos entre os dois ciclos de cultivo, todavia, foi influenciada positivamente pelas lâminas de irrigação, sendo que 60% (ECA) proporcionou a menor massa média que foi de 30,69 g bulbo⁻¹, já as duas maiores lâminas (100 e 120% ECA) não diferenciaram entre si a 5% de probabilidade, com respectivas massas médias, 49,74 g bulbo⁻¹ e 52,12 g bulbo⁻¹. Já o tratamento com aplicação de 80% ECA diferenciou-se dos demais atingindo média de 44,42 g bulbo⁻¹, evidenciando assim, que a massa média está associada a uma lâmina ótima para aproveitamento de nutrientes e incremento do peso de bulbos, que no presente estudo foi de 116,16% de reposição da ETc.

Vilas Boas *et al.* (2011a) estudaram desempenho de cultivares de cebola em função do manejo de irrigação por gotejamento, variando a tensão da água no solo na faixa entre 15 e 75 kPa e utilizando a cultivar Alfa Tropical e a híbrida Optima F1 em Lavras – MG, constataram a diminuição da massa média de bulbos comerciais com o aumento da tensão de água e verificaram diferença entre cultivares, sendo que a híbrida Optima F1 alcançou massa média de bulbos comerciais de 114,2 g bulbos⁻¹ enquanto a cultivar Alfa Tropical produziu média de 94,7 g bulbos⁻¹. A disparidade genética pode explicar a diferença entre as produtividades encontradas neste trabalho e as médias observadas no trabalho de Vilas Boas *et al.* (2011a).

No experimento de Marrocos (2015), foram encontradas médias de 99,09 e 93,41 g bulbo⁻¹ em dois ciclos em anos distintos para as condições de Mossoró, para a cultivar IPA 11, reposição de lâminas de 100% baseadas na ETc e aplicadas por gotejamento, ambas a médias foram superiores as encontradas no presente estudo, que para a lâmina de 100% da ETc proporcionou uma massa média de 74,02 g bulbo⁻¹. A superioridade encontrada no trabalho de Marrocos (2015) pode ser atribuída ao uso da técnica de fertirrigação, onde há um parcelamento dos nutrientes atendendo de maneira satisfatória a necessidade da planta no tempo, proporcionando maiores índices de produtividade.

Conforme descrito na Tabela 4, verifica-se que o espaçamento de 0,14 m entre plantas diferenciou, ao nível de 5% de probabilidade, dos demais espaçamentos, proporcionando a maior média de massa média de bulbos comercializáveis, com valor de 70,30 g bulbo⁻¹, os demais espaçamentos entre plantas não diferenciaram a nível de 5% de probabilidade e foram inferiores em relação ao maior espaçamento 13,74%, 11,11% e 11,75% respectivamente aos espaçamentos 0,08, 0,10, 0,12 m. Baier *et al.* (2009) revelaram em seu trabalho um comportamento linear negativo, com o aumento da densidade houve redução da massa média

de bulbos, sendo a massa média de 171, 164 e 103 g bulbo⁻¹, nos espaçamentos entre plantas de 0,20, 0,15, 0,10 m, este comportamento pode ser atribuído pela competição intraespecífica desarmônica entre plantas.

Santos *et al.* (2018a) concluíram que a cultivar IPA 11 sofre diminuição da massa média de bulbos comerciais com o aumento da densidade de plantas. Neste trabalho, que foi conduzido em Mossoró – RN, foi aplicada uma lâmina de irrigação por gotejamento (100% da ETC), diferentes espaçamentos entre plantas, utilizaram as cultivares de cebola IPA 11, Serena e Rio das Antas. Para a cultivar IPA 11 e espaçamentos entre plantas de 0,03, 0,06, 0,08 e 0,10 m, proporcionaram massa média de bulbos de 35,89, 78,43, 83,30 e 86,79 g bulbo⁻¹, respectivamente. Foi observado também comportamento polinomial quadrático para a cultivar IPA 11 quando variaram os espaçamentos. No presente trabalho as médias de massa média promovidas pelos espaçamentos entre plantas 0,08 e 0,10 m foram 60,64 g bulbo⁻¹ e 62,49 g bulbo⁻¹, respectivamente, ambos inferiores aos valores encontrados por Santos *et al.* (2018a), que em seu cultivo usou semeadura direta, maiores doses de adubação e distribuição desta por fertirrigação, além de uso adicional de micronutrientes, sendo as possíveis causas da discrepância, como visto por Santos *et al.* (2018b) que estudaram efeito da adubação foliar com micronutrientes no diâmetro de cebola e verificaram que a aplicação de micronutrientes vendidos comercialmente proporcionou acréscimo na classificação dos bulbos de cebola nas classes 3 e 4.

4.6 EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA PARA PRODUTIVIDADE TOTAL DE BULBOS

Conforme a análise de variância (Tabela 7) não foi observada interação significativa entre os fatores lâminas de irrigação e espaçamentos entre plantas, para a variável eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos. Verificou-se efeito significativo a nível de 1% de probabilidade para os fatores, lâmina de irrigação e espaçamento entre plantas, isoladamente, para a variável analisada.

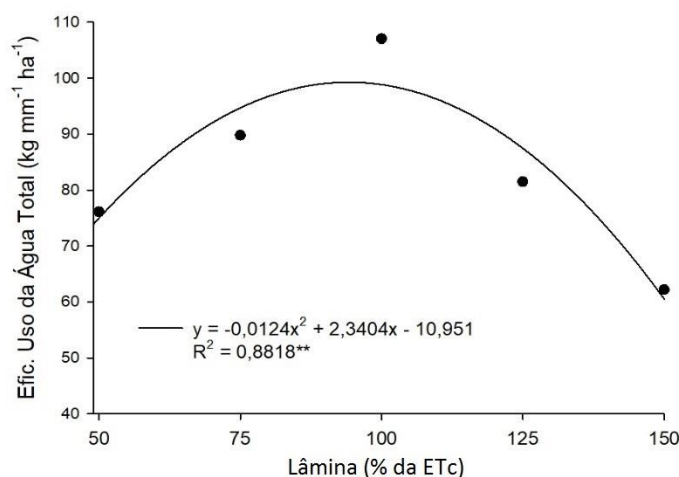
Tabela 7 - Análise de variância para eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	499	166,3	1,366	0,26246 ^{ns}
Lâmina	4	17681	4420,3	36,300	0,00002 ^{**}
Espaçamento	3	14168	4722,8	38,783	0,00003 ^{**}
Lâmina*espaçamento	12	1947	162,3	1,332	0,22642 ^{ns}
Resíduo	57	6941	121,8		
CV	13,24				
Média Geral	82,94				

^{ns}não significativo; ^{**} significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Para a eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos (Figura 22) observou-se uma resposta polinomial quadrática, com coeficiente de determinação de 88% de representatividade dos dados, em função da relação das lâminas de reposição de água conforme a evapotranspiração da cultura. Determinou-se também o ponto de inflexão da curva, sendo assim, o valor máximo encontrado para eficiência no uso da água $99,27 \text{ kg mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ obtido com a fração de reposição de água 94,19% da ETc. Bispo *et al.* (2017) verificaram decréscimo da eficiência com o aumento da tensão da água no solo, para a cultivar IPA 11, com a lâmina de irrigação aplicada por gotejamento. Os valores de eficiência variaram de 107,5, 57,23, e 25,13 $\text{kg mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, com as seguintes tensões 20, 40 e 50 kPa, nesta ordem. Fato condizente com o presente estudo que na faixa de 94,19% a 50,00% da reposição de água conforme a ETc, diminuiu-se o conteúdo de água no solo e a eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos de 99,27 a $75,00 \text{ kg mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$.

Figura 22 - Eficiência no uso da água para produtividade total de bulbos em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



O estudo de Gatto (2013) revelou significância a nível de 1% para lâmina de irrigação, resultando em comportamento linear decrescente para eficiência no uso da água para a produção de cebola, quando houve acréscimo da reposição da lâmina de irrigação. Os tratamentos eram baseados na reposição de lâminas de irrigação conforme evaporação do tanque classe A (ECA) (50, 100, 150 e 200%) aplicados pelo sistema de gotejamento, sendo a maior eficiência atingida com a reposição de 50% do ECA resultando em $153,7 \text{ kg mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ e a menor eficiência com a reposição de 200% resultando em $25,72 \text{ kg mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$. Divergindo, o presente trabalho evidenciou uma resposta polinomial, fato que pode ser explicado pela expressiva diferença na produtividade total de bulbos promovida pelas lâminas de irrigação de 50 e 100% da ETc, que foram de 46% ($28,75 \text{ t ha}^{-1}$), sendo o incremento na produtividade superior ao acréscimo da lâmina.

Barreto (2015) afirmou que, de maneira geral, a eficiência será sempre maior com a menor lâmina de irrigação aplicada, fato em desacordo com o presente estudo, já que foi notório o comportamento polinomial que evidenciou que o estresse hídrico pode causar uma eficiência baixa. O comportamento reportado pelo autor pode ser explicado devido a adaptação da cultivar na região onde o experimento foi conduzido e pelo vigor híbrido inerente a cultivar utilizada. Mantovani *et al.* (2013) estudaram diferentes lâminas de irrigação para o cultivo de hortaliças, verificaram que lâminas muito inferiores a necessidade das plantas, podem prejudicar a produtividade das culturas.

Tosta (2014) investigou a tolerância ao déficit hídrico e a eficiência no uso da água em genótipos de cebola, no estado de Goiás, aplicou cinco níveis de reposição de água, sendo estes 100, 80, 60, 40 e 20% da ETc, ficando evidenciado o aumento da eficiência com o aumento da lâmina, tendo em vista que os níveis de 60 a 100% de reposição da ETc não sofreram diferenças estatísticas a nível de 5% de probabilidade para a cultivar IPA 11. Tosta (2014) afirmou, de maneira geral, que a reposição de água no solo esteja entre 60 e 80% da ETc com o objetivo de aliar economia de água e produtividade satisfatória. Estes percentuais foram inferiores ao encontrado no presente trabalho.

Conforme teste de média (Tabela 4), o espaçamento de 0,08 m entre plantas proporcionou médias superiores aos demais espaçamentos, proporcionando média de $104,81 \text{ kg mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$. O espaçamento 0,10 m, a nível de 5% de probabilidade, diferenciou-se do espaçamento que proporcionou as melhores médias em 20%. Já os espaçamentos 0,12 e 0,14 m entre plantas não apresentaram diferenças estatísticas entre si, geraram eficiência de 74,02 e $70,67 \text{ kg mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, na devida ordem, porcentagens inferiores a melhor média de eficiência, respectivamente 29,38 e 32,57%. Atribuíram-se essas diferenças na eficiência no uso da água

para produtividade total de bulbos devido ao incremento do valor de produtividade total de bulbos causado pelo aumento da densidade ser mais elevado que o aumento da reposição da água entre tratamentos. Como foi observado no atual experimento, o aumento na densidade resultou em incremento na produtividade total, como a eficiência é uma relação entre produtividade total e lâmina de irrigação aplicada, pode-se inferir que o espaçamento que promoveu a maior produtividade total de bulbos (0,08 m), conseqüentemente alcançou a maior eficiência para produtividade total de bulbos.

4.7 EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA PARA PRODUTIVIDADE COMERCIAL DE BULBOS

De acordo com a análise de variância (Tabela 8), não foi observada interação significativa entre os fatores lâminas de irrigação e espaçamentos entre plantas, para a variável eficiência no uso da água para produtividade comercial de bulbos. Verificou-se efeito significativo, a nível de 1% de probabilidade, para os fatores lâmina de irrigação e espaçamento entre plantas, isoladamente, para a variável analisada.

Tabela 8 - Análise de variância para eficiência no uso da água para produtividade comercial de bulbos, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

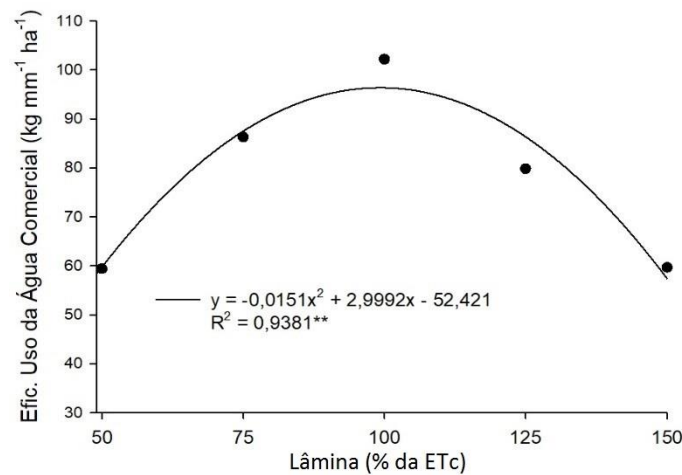
	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	1284	427.9	2.830	0.046395*
Lâmina	4	21363	5340.7	35.314	0,00001**
Espaçamento	3	10458	3486.1	23.051	0,00001**
Lâmina*espaçamento	12	3075	256,2	1.694	0,092319 ^{ns}
Resíduo	57	8620	151,2		
CV		15,87			
Média Geral		72,57			

^{ns}não significativo; ** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Para o parâmetro eficiência no uso da água para produtividade comercial de bulbos (Figura 23) observou-se uma resposta polinomial quadrática em relação às lâminas de reposição de água, de acordo com a Evapotranspiração da Cultura, apresentando máxima eficiência com aplicação da lâmina de irrigação de 99,22%, atingindo eficiência no uso da água comercial de 96,38 kg mm⁻¹ ha⁻¹. Vilas Boas *et al.* (2011b) e Tosta (2014) relataram a influência de diferentes lâminas no diâmetro das cebolas, esse fator tem relevância para produtores e mercado

consumidor, pois, cebolas com massas e diâmetros reduzidos, têm baixa aceitabilidade resultando em baixa remuneração. Sendo assim, não é objetivo produzir bulbos com diâmetros da classe 1 (<35 mm), no presente estudo foi verificado menores médias de bulbos comerciais na menor lâmina de irrigação.

Figura 23 - Eficiência no uso da água para produtividade comercial de bulbos em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



A variável eficiência uso da água para produtividade comercial de bulbos não foi verificada na literatura consultada, essa variável é importante pois, através dela é possível planejamento e previsibilidade para o uso da água para produção dos bulbos com potencial comercialização, algo que interessa aos produtores e ao mercado consumidor. Bispo *et al.* (2017) reportaram o aumento linear dos bulbos classe 1 quando aumento a tensão da água no solo de 20 à 50 kPa, diminuindo a produtividade de bulbos comercializáveis, é possível inferir que houve redução da eficiência uso da água para produtividade comercial de bulbos, uma vez que este é produto do quociente entre produtividade comercial de bulbos e a lâmina de irrigação aplicada.

4.8 SÓLIDOS SOLÚVEIS

De acordo com a análise de variância (Tabela 9), foi observada diferença significativa para a variável sólidos solúveis (°Brix) no fator lâmina de irrigação aplicada e não ocorreu

diferença significativa para o fator espaçamento. Não foi verificado interação entre os fatores lâmina de irrigação e espaçamento entre plantas.

Tabela 9 - Análise de variância para sólidos solúveis, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	4,643	1,5476	2,6390	0,058147 ^{ns}
Lâmina	4	12,943	3,2357	5,5177	0,000796 ^{**}
Espaçamento	3	4,696	1,5653	2,6693	0,056097 ^{ns}
Lâmina*espaçamento	12	12,003	1,0003	1,7057	0,089624 ^{ns}
Resíduo	57	33,426	0,5864		
CV	8,21				
Média Geral	9,33				

^{ns}não significativo; ^{**} significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

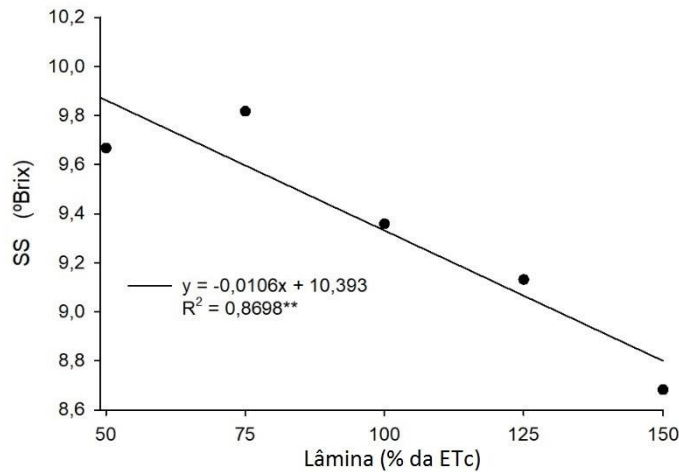
Chagas, Resende e Pereira (2004) reportaram que diferentes cultivares de cebola apresentam concentrações de sólidos solúveis. Chitarra e Chitarra (2005) relataram a importância do conhecimento do teor dos sólidos solúveis dos alimentos, pois trata-se de açúcares de grande influência, que são responsáveis em sua maior parte, pelo sabor.

Barreto (2015) não encontrou diferenças significativas para sólidos solúveis totais, quando avaliou qualidade de cebola cultivar híbrida Bella Vista, sob níveis de irrigação por gotejamento em Lavras – MG, atingindo valor médio de 9,74 °Brix. Grangeiro *et al.* (2008) investigaram características qualitativas de genótipos de cebola em Mossoró – RN, obtiveram variação do teor de sólidos solúveis de 6,67 a 11,63 °Brix, sendo que para a cultivar IPA 11 foi encontrado valor médio de 10,61°Brix. Botrel, Maldonade e Oliveira (2015) relataram que o teor de sólidos solúveis pode variar de 5 a 20% conforme a cultivar, posto que as indústrias têm preferência por bulbos com maiores teores de sólidos solúveis, por promoverem maiores rendimentos. O valor médio encontrado nesse estudo foi de 9,33 °Brix, Schunemann *et al.* (2006) média (8,16 – 10,6), Rodrigues *et al.* (2015) média (9,87 – 9,19), Marrocos (2015) média (10,68 – 10,55) e Barreto (2015) média (9,74) estando em consonância com as médias observadas nas literaturas consultadas.

Conforme a Figura 24, foi observado comportamento linear para a variável Sólidos solúveis em função das lâminas de irrigação, sendo que, o incremento dessas proporcionou a diminuição dos valores da variável. O valor máximo de 9,86 °Brix foi alcançado na menor lâmina de irrigação e o valor mínimo de 8,80 foi atingido na maior lâmina de irrigação. Vilas Boas *et al.* (2011b) sugerem que diferentes teores de água no solo podem causar alteração nos

índices de sólidos solúveis totais, relacionado este comportamento ao melhor aproveitamento dos nutrientes em lâminas adequadas, fato verificado no presente estudo.

Figura 24 - Sólidos solúveis em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



De acordo com a Tabela 10, não houve diferença significativa a nível de 5% de probabilidade para o teste de média para a variável sólidos solúveis. Santos (2017) investigou o desempenho de diferentes cultivares em função do espaçamento entre plantas em Mossoró – RN utilizando-se dos espaçamentos 0,03, 0,06, 0,08 e 0,10 m e as cultivares Vale Ouro IPA 11, Rio das Antas e Serena, por sistema de irrigação foi por gotejamento e as lâminas foram aplicadas diariamente e determinadas por evapotranspiração da cultura. Não foi observada significância estatística para o fator espaçamento e a cultivar IPA 11 apresentou uma variação de 10,30 a 10,63, comportamento e valores que corroboram com o presente trabalho.

Tabela 10 - Valores médios de sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) de bulbos de cebola e relação formato de bulbos de cebola (C/D) - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

Espaçamentos (m)	SS (°Brix)	pH -	AT (% Ácido Pirúvico)	SS/AT -	C/D -
0,08	9,666 a	5,709 a	0,2295 a	42,482 a	1,098 ab
0,10	9,434 a	5,727 a	0,2380 a	39,847 a	1,148 a
0,12	9,198 a	5,727 a	0,2485 a	37,661 a	1,134 ab
0,14	9,024 a	5,731 a	0,2300 a	40,151 a	1,093 b

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.9 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Conforme a análise de variância (Tabela 11), não foi observada diferença significativa até o nível de 5% de probabilidade para a variável potencial hidrogeniônico, nos fatores lâmina de irrigação aplicada e espaçamento entre plantas. Não foi observado interação entre os fatores.

Tabela 11 - Análise de variância para potencial hidrogeniônico, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,01189	0,0039646	0,80973	0,49373 ^{ns}
Lâmina	4	0,04049	0,0101231	2,06756	0,09702 ^{ns}
Espaçamento	3	0,00559	0,0018646	0,38083	0,76718 ^{ns}
Lâmina*espaçamento	12	0,04559	0,0037990	0,77591	0,67218 ^{ns}
Resíduo	57	0,53758	0,009431		
CV	1,33				
Média Geral	5,72				

^{ns}não significativo; ** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Schunemann *et al.* (2006) estudaram pungência e características químicas em bulbos de genótipos de cebola, cultivados no Alto Vale do Itajaí e não encontraram diferenças significativas para a variável estudada e identificaram médias de pH que variaram de 5,44 a 5,61. Chagas, Resende e Pereira (2004) avaliaram características qualitativas de cultivares de cebola no Sul de Minas Gerais e observaram diferenças significativas para o potencial hidrogeniônico, que variaram de 5,23 a 5,05. Barreto (2015) afirmou que dormência de bulbos e repouso favorecem a diminuição de pH, fato que contribui para o tempo de armazenamento, aponta ainda, que não houve efeito significativo da lâmina de irrigação para a variável, como encontrado neste estudo.

Resende *et al.* (2010), estudaram produtividade e qualidade de cultivares de cebola submetidos a diferentes sistemas de cultivo (orgânico e convencional), evidenciaram que o sistema de cultivo não influenciou significativamente o pH, que variou de 5,56 a 5,74, porém constataram que ocorreu diferença com relação as cultivares, sendo assim é possível inferir que o fator genético é preponderante para esta característica. Marrocos (2015) encontrou médias que variaram de 5,45 a 5,54 para a variável pH quando analisou qualidade de cebola da cultivar IPA 11, fertirrigada em função de doses de potássio em diferentes épocas de cultivo, sendo significativo apenas para o último fator, valores próximos ao encontrado no presente estudo que apresentou média de pH de 5,72.

4.10 ACIDEZ TITULÁVEL

Conforme a análise de variância (Tabela 12), não foi observada diferença significativa até o nível de 5% de probabilidade para a variável acidez titulável, nos fatores lâmina de irrigação aplicada e espaçamento entre plantas. Não foi observado interação entre os fatores.

Tabela 12 - Análise de variância para acidez titulável, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,00287	0,00095667	1,1133	0,35130 ^{ns}
Lâmina	4	0,00477	0,00119250	1,3878	0,24970 ^{ns}
Espaçamento	3	0,00475	0,00158333	1,8426	0,14971 ^{ns}
Lâmina*espaçamento	12	0,01385	0,00115417	1,3432	0,22080 ^{ns}
Resíduo	57	0,04898	0,00085930		
CV	12,39				
Média Geral	0,25				

^{ns}não significativo; ** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Souza *et al.* (2017) investigaram rendimento e qualidade de cebola cultivadas em condições semiáridas sob diferentes sistemas de irrigação, para tal utilizou as cultivares IPA 11, Serena e Fernanda e dois sistemas de irrigação: gotejamento e aspersão, com lâminas de reposição de água estimadas através da ETc e constataram para a variável a acidez titulável foi sensível aos fatores mencionados. A cultivar IPA 11 obteve média de 0,61% de ácido pirúvico quando utilizou-se gotejamento e 0,45% de ácido pirúvico ao utilizar-se micro aspersão. Grangeiro *et al.* (2008), na sua investigação constatou médias de acidez titulável, entre 0,19 a 0,45% de ácido pirúvico, sendo que para a cultivar IPA 11 a média observada foi de 0,35% de ácido pirúvico. As médias encontradas por Schunemann *et al.* (2006) variaram entre 0,17 a 0,27% de ácido pirúvico, já Marrocos (2015) encontrou no seu trabalho valores que variaram entre 0,35 a 0,41% de ácido pirúvico. De acordo com Marrocos (2015), temperaturas elevadas aumentam a taxa respiratória de órgãos de reserva elevando a degradação dos ácidos orgânicos, reduzindo assim a acidez titulável, fato este que pode explicar as menores médias de acidez no presente estudo.

4.11 RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS / ACIDEZ TITULÁVEL

Conforme a análise de variância (Tabela 13), não foi observada interação entre os fatores lâminas de irrigação e espaçamentos entre plantas, para a variável relação sólidos solúveis / Acidez titulável. Verificou-se, isoladamente, haver efeito significativo a nível de 1% de probabilidade para o fator lâmina de irrigação e não ocorreu diferença significativa para o fator espaçamento, até 5% de probabilidade.

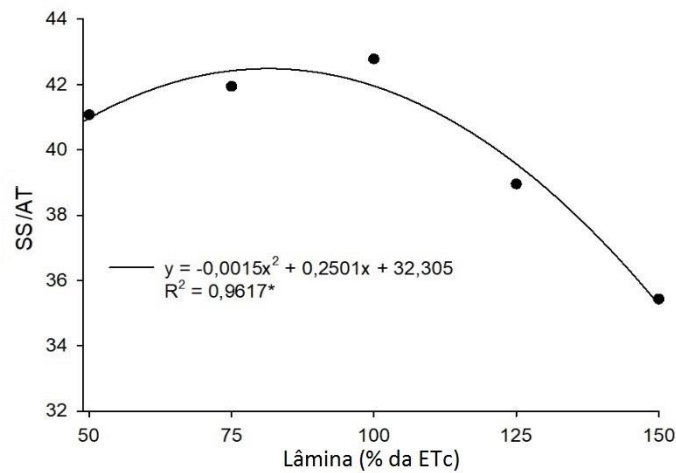
Tabela 13 - Análise de variância para sólidos solúveis / acidez titulável, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	164,0	54,677	1,6785	0,181786 ^{ns}
Lâmina	4	553,6	138,409	4,2490	0,004444 ^{**}
Espaçamento	3	233,5	77,818	2,3889	0,078244 ^{ns}
Lâmina*espaçamento	12	529,1	44,096	1,3537	0,215398 ^{ns}
Resíduo	57	1856,7	32,575		
CV	14,26				
Média Geral	36,42				

^{ns}não significativo; ^{**} significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Para a variável sólidos solúveis / Acidez titulável (Figura 25) observou-se uma resposta polinomial quadrática em relação as lâminas de reposição de água, de acordo com a Evapotranspiração da Cultura, foi possível observar o nível da lâmina de reposição de água que proporciona a maior relação sólidos solúveis / Acidez titulável, que foi de 83,4% da ETC alcançando o valor de 42,73. Marrocos (2015) encontrou medias que se diferenciaram em função da época de plantio, atingindo médias que variaram de 26,90 a 30,10. Barreto (2015) por sua vez, no seu experimento, encontrou diferença significativa a nível de 1% para o fator lâmina e média geral de 39,11, os valores que corroboram da média de 36,42 observada no presente estudo. Para Chitarra e Chitarra (2005) esta relação é um critério importante, uma vez que relaciona aroma e sabor e seu incremento relaciona-se com o nível de amadurecimento e intensificação do sabor.

Figura 25 - Sólidos solúveis / Acidez titulável em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019



Chope, Terry e White (2006) afirmaram que a qualidade de bulbos de cebola é dependente do teor de sólidos solúveis, pois promovem a qualidade sensorial e são compostos por açúcares e ácidos orgânicos. Ghodke *et al.* (2018) estudando respostas fisiológicas na cultura da cebola submetida ao estresse hídrico, em Maharashtra na Índia, evidenciaram que o estresse hídrico eleva o teor de sólidos solúveis, potencializando-os e tem efeito inverso sobre a acidez titulável, sendo possível inferir que sob tais condições ocorreu a elevação da relação sólidos solúveis / acidez titulável, ressaltam ainda que este fator é um dos principais para relacionar com sabor.

4.12 RELAÇÃO DE FORMATO DE BULBO

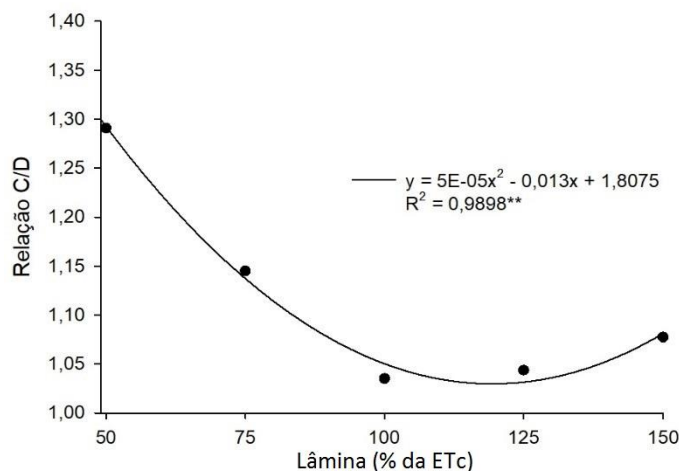
Conforme a análise de variância (Tabela 14) não foi observada interação significativa entre os fatores lâminas de irrigação e espaçamentos entre plantas, para a relação de formato de bulbos de cebola. Foi observado efeito significativo a nível de 1% de probabilidade para o fator, isoladamente, lâmina de irrigação. Também foi observado efeito significativo a nível de 5% de probabilidade para o fator espaçamento entre plantas, na variável analisada.

Tabela 14 - Análise de variância para relação de formato de bulbos de cebola, em função de diferentes lâminas de reposição água e espaçamentos entre plantas - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,00910	0,003035	0,840	0,47782 ^{ns}
Lâmina	4	0,71284	0,178211	49,306	0,00000 ^{**}
Espaçamento	3	0,04302	0,014341	3,968	0,01226 [*]
Lâmina*espaçamento	12	0,01716	0,001430	0,396	0,95965 ^{ns}
Resíduo	57	0,20602	0,003614		
CV	5,37				
Média Geral	1,12				

^{ns}não significativo; ^{**}significativo a 0,01 de probabilidade; ^{*}significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Para a variável relação de formato de bulbos de cebola (Figura 26) observou-se uma resposta polinomial quadrática em função da relação das lâminas de reposição de água conforme a Evapotranspiração da Cultura. Foi possível, através da equação da regressão encontrar o ponto de inflexão da curva e mensurar a menor relação de relação de formato de bulbos de cebola com lâmina de irrigação de 119,29% e valor de 1,03. Marrocos (2015) afirma que os consumidores têm preferência por bulbos arredondados, ou seja, com relação formato de bulbos igual a 1, afirmando ainda que bulbos alongados ou bicudos têm valor comercial menor.

Figura 26 - Relação de formato de bulbos em função das frações de reposição de água baseadas na evapotranspiração da cultura - São Cristóvão - SE, UFS, 2019

O formato do bulbo é um parâmetro predominantemente associado aos genótipos das cebolas, sofrendo também variações das condições edafoclimáticas e tecnológicas de condução (OLIVEIRA, 2015). Heiden (2007) relatou que os bulbos possuem conformação variável que identificam as cultivares, sendo que o caráter de uniformidade pode variar dentro da população

de plantas. A fixação desta característica na progênie é condição relevante no desenvolvimento de novas cultivares.

Henriques *et al.* (2014) verificaram que o incremento da densidade de plantio de 80 plantas por m² para 240 plantas por m², ocasionou um acréscimo no índice de relação de formato de bulbos de cebola de 1,15 para 1,46 quando estudou diferentes cultivares e diferentes densidades de plantio, a média atingida no estudo para a cultivar IPA 11 foi de 1,38 contrastando com a média do índice de relação de formato de bulbos de cebola alcançada no presente estudo que foi de 1,12, podemos inferir que esta diferença pode estar associada ao maior adensamento utilizado por Henriques *et al.* (2014).

Santos (2017) observou uma redução linear do formato dos bulbos com o aumento do espaçamento quando estudou a relação de diferentes cultivares de cebola e os espaçamentos 0,03, 0,06, 0,08 e 0,10 m entre plantas. Para a cultivar IPA 11, o índice de relação de formato de bulbos de cebola variou de 1,18 no menor espaçamento, para 1,02 no maior espaçamento, o autor, afirma ainda que, menores espaçamentos ocasionaram alongamento nos bulbos, atribuindo tal comportamento à redução no espaço entre plantas e maior competitividade, fato também verificado no presente estudo que mostrou menor relação do formato de bulbos no menor espaçamento. A média do índice de relação de formato de bulbos de cebola para o espaçamento entre plantas de 0,10 m foi semelhante em ambos os trabalhos, com relação maior que 1,00, pois esta é uma característica inerente a cultivar, que apresenta o formato globular alongado (COSTA; RESENDE, 2007).

5 CONCLUSÕES

A lâmina de irrigação estimada em 114% da ETc promoveu as maiores produtividades de bulbos totais e comerciais de bulbos, 55,03 e 54,41 t ha⁻¹, respectivamente.

A maior produtividade total de bulbos (56 t ha⁻¹) e maior produtividade comercial de bulbos (52,46 t ha⁻¹) foram obtidas em plantas cultivadas sob espaçamento de 0,08 m entre plantas.

Bulbos maiores são obtidos quando se cultiva plantas de cebola sob espaçamento de 0,14 m entre plantas, com massa média de 70,30 g.

O maior teor de sólidos solúveis (9,86 °Brix) foi encontrado na menor lâmina (50% ETc).

Recomenda-se estudar densidades de plantio mais elevadas para a cultura da cebola, nas condições da região, afim de obter a densidade ótima.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, L. P.; DELGADO, R. C.; ALMEIDA, T. S.; WANDERLEY, H. S. Comparação de diferentes métodos de estimativa diária da evapotranspiração de referência para a região de Uberaba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 337-343, Abr. 2011.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and drainage**, v. 300, n. 9, p. D05109, Jan. 1998.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, Jan. 2013.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 86 p. 2017.

ANISUZZAMAN, M.; ASHRAFUZZAMAN, M.; ISMAIL, M. R.; UDDIN, M. K.; RAHIM, M. A. Planting time and mulching effect on onion development and seed production. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 3, p. 412-416, Feb 2009.

AOAC. **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis. Washington: AOAC, p.1114, 1992.

BAIER, J. E.; RESENDE, J. T. V.; GALVÃO, A. G.; BATTISTELLI, G. M.; MACHADO, M. M.; FARIA, M. V. Produtividade e rendimento comercial de bulbos de cebola em função da densidade de cultivo. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 496-501, Mar. 2009.

BAPTESTINI, J. C. M.; OLIVEIRA, R. A.; VIDIGAL, S. M.; PUIATTI, M.; CECON, P. R. Onion productivity in relation to irrigation water depths and nitrogen doses. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 73-76, Mar. 2018.

BARRETO, H. B. F. **Produtividade e qualidade da cebola sob níveis de irrigação por gotejamento e doses de potássio**. 2015. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BETTONI, M. M.; MÓGOR, Á. F.; DECHAMPS, C.; SILVA, V. C. P.; SASS, M. D.; SANTOS FABBRIN, E. G. Crescimento e produção de sete cultivares de cebola em sistema orgânico em plantio fora de época. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2139-2151, Set. 2013.

BISPO, R. D. C.; QUEIROZ, S. O. P.; OLIVEIRA, G. M.; FLORES, C. E. D. S. Desempenho agrônômico de cultivares de cebola sob diferentes tensões de água no solo. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 485-496, Jul. 2017.

BOITEUX; L. S.; MELO, P. C. T. Cultivo da cebola: taxonomia e origem. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2015.

BOTREL, N.; MALDONADE, I. R.; OLIVEIRA, V. R. Colheita, Comercialização e pós-colheita de cebola. In: SOUZA, R. J.; ASSIS, R. P.; ARAUJO, J. C. (Org.). **Cultura da cebola: Tecnologias de produção e comercialização**. 1 ed. Lavras: UFLA, 2015, v. 1, cap. 12, p. 339-370.

BRASIL. 1995. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Portaria Ministerial n.º 529, de 18 de agosto de 1995.

BURMAN, R.D.; LARAMIE, W.Y.; NIXON, P.R.; WRIGHT, J.L.; PRUITT, W.O. **Water requirements**. In: JENSEN, M.E. (ed). **Design and operation of farm irrigation systems**. Michigan: ASAE p.189-225, 1983. (ASAE Monograph, 3).

CANDEIA, J. A.; LIMA, M. D. A.; SILVA, M. C. L.; MENEZES, J. T.; COSTA, N.; MENEZES, D.; SANTOS, C. Brisa IPA-12: cultivar de cebola suave. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, Jul. 2004.

CARVALHO, A. R. P.; RAMOS, M. D. M. V. B.; OLIVEIRA, G. M.; SANTOS, I. M. S.; ARAÚJO, J. F. Consumo hídrico, produtividade e qualidade da cebola sob diferentes manejos de irrigação em cultivo orgânico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 501-507, Jul. 2017.

CARVALHO, D. F. D.; RIBEIRO, E. C.; GOMES, D. P. Marketable yield of onion under different irrigation depths, with and without mulch. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 107-112, Sep. 2018.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada. **Viçosa: Ed. UFV**, 2012.

CHAGAS, S. D. R.; RESENDE, G. M.; PEREIRA, L. V. Características qualitativas de cultivares de cebola no Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, p. 102-106, Jan. 2004.

CHAVES, S. W. P.; AZEVEDO, B. M.; MEDEIROS, J. F.; BEZERRA, F. M. L.; MORAIS, N. B. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 3, p. 262-267, Mai. 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 784 p.

CHOPE, G. A.; TERRY, L. A.; WHITE, P. J. Effect of controlled atmosphere storage on abscisic acid concentration and other biochemical attributes of onion bulbs. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, n. 3, p. 233-242, Mar. 2006.

COSTA, N. D.; ANDREOTTI, C. M. A cultura da cebola. **Embrapa Informação Tecnológica**; Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2002.

COSTA, N. D. C.; RESENDE, G. Cultivo da cebola no Nordeste. **Embrapa Semi-Árido**, 2007.

COSTA, N. D.; QUEIROZ, M. A.; ARAÚJO, J. C.; SANTOS, C. A. F.; FARIA, C. M. B.; HAJI, F. N. P.; TAVARES, S. C. C. H. **A cultura da cebola**. 2 ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2012, 107 p. (Coleção plantar).

COSTA, N. D.; RESENDE, G. M.; DIAS, R. C. S. Avaliação de cultivares de cebola em Petrolina-PE. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 57-60, Mar. 2000.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. (1.ed., 353p). Brasília. (2013).

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese)**. R package version 1.2.0, 2018. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>>. Acesso em: 06 mai 2019.

FERREIRA, M. F. **Cultura da cebola: recomendações técnicas**. Asgrow Vegetable Seeds, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2013. 421p.

Food and Agriculture Data; Food and Agriculture. FAO. Food and Agriculture Organization Faostat. Organization: Rome, Italy, 2020; Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed on 10 Mai 2020).

GASHUA, I. B.; ABBATOR, A. Effect of plant population density and varietal differences on yield and yield components of onion (*Allium cepa* L.) in North Eastern Nigeria. **International Journal of Agronomy and Agricultural Research**, v. 3, n. 3, p. 22-27, Mar. 2013.

GATTO, R. F. **Produtividade da cultura da cebola sob doses de nitrogênio e lâminas de irrigação por gotejamento**. 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

GHODKE, P. H.; ANDHALE, P. S.; GIJARE, U. M.; THANGASAMY, A.; KHADE, Y. P.; MAHAJAN, V.; SINGH, M. Physiological and biochemical responses in onion crop to drought stress. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 2054-2062, Jan. 2018.

GRANGEIRO, L. C.; SOUZA, J. D. O.; AROUCHA, E. M. M.; NUNES, G. H. D. S.; SANTOS, G. M. Características qualitativas de genótipos de cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1087-1091, Jul. 2008.

HALVORSON, A. D.; BARTOLO, M. E.; REULE, C. A.; BERRADA, A. Nitrogen effects on onion yield under drip and furrow irrigation. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 4, p. 1062-1069, Jul. 2008.

HARMS, M. G.; DALLA PRIA, M.; REZENDE, B. L. A.; PRESTES, A. M. C.; DALAZOANA, F. Influência da densidade de plantas e do uso de fungicida nas doenças foliares e na produtividade de cebola. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 203-207, Abr. 2015.

HEIDEN, G. Morfologia: O que é uma cebola?. In: Barbieri, R. L. (Org.) **Cebola: ciência, arte e história**. 2 ed. Brasília: Embrapa, Informações tecnológicas, 2007. v. 2. Capítulo 3, p. 27-41.

HENRIQUES, G. P.; GRANGEIRO, L. C.; PAULINO, R. D. C.; MARROCOS, S. D. T.; SOUSA, V. F.; RIBEIRO, R. M. Produção de cebola cultivada sob diferentes densidades de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 682-687, Fev. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal (PAM) Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 fev. 2020.

JABLOUN, M.; SAHLI, A. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data: Application to Tunisia. **Agricultural water management**, v. 95, n. 6, p. 707-715, Jun. 2008.

KUMAR, S.; IMTIYAZ, M.; KUMAR, A.; SINGH, R. Response of onion (*Allium cepa* L.) to different levels of irrigation water. **Agricultural Water Management**, v. 89, n. 1-2, p. 161-166, Apr. 2007.

KUNZ, V. L.; SIRTOLI, L. F.; FURLAN, L.; POLETTI, L.; PRIMO, M. A.; RODRIGUES, J. D. KUNZ. Produtividade de cebola sob diferentes fontes e modos de aplicação de adubos nitrogenados em cobertura. **Biodiversidade**, v. 8, n. 1, p. 31-37, Jul. 2011.

LEITE, D. L. Produção de Sementes de Cebola. **Embrapa Clima Temperado-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2014.

LOPES, O. D.; KOBAYASHI, M. K.; OLIVEIRA, F. G.; ALVARENGA, I. C.; MARTINS, E. R.; CORSATO, C. E. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 548-553, Mar. 2011.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e práticas. **Viçosa: UFV**, 2006.

MANTOVANI, E. C.; DELAZARI, F. T.; DIAS, L. E.; ASSIS, I. D.; VIEIRA, G. H.; LANDIM, F. M. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 602-606, Out. 2013.

MAROUELLI, W. A.; BRAGA, M. B.; ANDRADE JUNIOR, A. S. Irrigação na cultura da melancia. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2012.

MAROUELLI, W. A.; COSTA, E. L.; SILVA, H. R. Irrigação da cultura da cebola. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2005.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. 2 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 154 p.

MARROCOS, S. T. P. **Produtividade e qualidade de cebola fertirrigada em função de doses de potássio e épocas de cultivo**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2015.

MASCARENHAS, M. H. T. Cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.14, n.163, p.69-73, 1993.

MAY, A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; PORTO, D. R. Q.; VARGAS, P. F.; BARBOSA, J. C. Efeitos de doses de nitrogênio e potássio e densidade populacional sobre a classificação de bulbos de cebola. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 396-401, Jul. 2007.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; KURTZ, C. Produtividade da cebola fertirrigada sob diferentes doses de nitrogênio e densidades populacionais. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 571-579, Out. 2016.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; VIEIRA NETO, J. Produção da cebola em função da densidade de plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 733-739, Out. 2012.

MESQUITA, A. C.; SILVA, J. L.; SILVA, K. E.; YURI, J. E.; SOUZA, M. A. Cultivo de cebola sobre diferentes sistemas de irrigação no Vale do São Francisco. In: XX CBAGRO - Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 20., 2017, Juazeiro, BA. **A agrometeorologia na solução de problemas multiescala: anais**. Petrolina: Embrapa Semiárido; Juazeiro: UNIVASF; Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2017. v. 1, p. 1-5.

NOGUEIRA, L. C; NOGUEIRA, L. R. Q.; MIRANDA, F.R. Irrigação do coqueiro. In: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa- SPI, 1998. cap. 7, p. 159-187.

OLIVEIRA, A. S.; PAZ, V. P. S.; D'ANGIOLELLA, G. L. B.; PEREIRA, F. A. C. Programação da irrigação pelo método do balanço de água no solo. II aplicação culturas anuais. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1.p. 73-80, Set. 2005.

OLIVEIRA, P. J. D. **Irrigação de precisão para a cultura de cebola**. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2018.

OLIVEIRA, W. J. **Etiologia da podridão de escama da cebola no semiárido brasileiro**. 2015. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2015.

PAVANI, L. C. **Evapotranspiração e produtividade em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*, cv Goiano Precoce) sob três níveis de potencial de água no solo**. 1985. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Disponível em: <<https://www.r-project.org>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Produtividade e armazenamento de cebola cv. Alfa Tropical cultivada em diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 1010-1014, Out. 2005.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; ALVARENGA, M. A. R. Rendimento e perda de peso de bulbos de cebola cv. Texas Grano 502 PPR em diferentes espaçamentos de plantio. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, n. 1, p. 28-34, Jan. 2005.

RESENDE, J. T. V.; MARCHESE, A.; CAMARGO, L. K. P.; MARODIN, J. C.; CAMARGO, C. K.; MORALES, R. G. F. Produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 305-311, Dez. 2010.

RODRIGUES, G. S. D. O.; GRANGEIRO, L. C.; DE NEGREIROS, M. Z.; DA SILVA, A. C.; JÚNIOR, J. N. Qualidade de cebola em função de doses de nitrogênio e épocas de plantio. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 239-247, Jul. 2015.

SANTOS, J. O. M.; ZERA, F. S.; PULICI, E.; MACHADO, C. M. M. Efeito da adubação foliar na produtividade e na classificação de diâmetro da cebola. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 189-216, Mai. 2018b.

SANTOS, J. P. D. **Desempenho de cultivares de cebola em função do espaçamento entre plantas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural Do Semiárido. Mossoró, 2017.

SANTOS, J. P. D.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. D. F.; GONÇALVES, F. D. C.; FRANCA, F. D. D.; CORDEIRO, C. J. Performance of onion cultivars as a function of spacing between plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 212-217, Jan. 2018a.

SCHUNEMANN, A. P.; TREPTOW, R.; LEITE, D. L.; VENDRUSCOLO, J. L. Pungência e características químicas em bulbos de genótipos de cebola (*Allium cepa* L.) cultivados no alto vale do Itajaí, SC, Brasil. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 1, p. 77-80, Jan. 2006.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - **SEMARH**. **Atlas Digital sobre Recursos Hídricos**. Aracaju: 2013. 1 DVD

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; SAUNDERS, L. D. Irrigation criteria for drip-irrigated onions. **Hort Science**, v. 35, n. 1, p. 63-66, Feb. 2000.

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; SAUNDERS, L. D. Plant population and nitrogen fertilization for subsurface drip-irrigated onion. **HortScience**, v. 39, n. 7, p. 1722-1727, Dec. 2004.

SILVA FILHO, S. B.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, E. M.; COSTA, J. R. M. Monitoramento da qualidade da água e acúmulo de sais no solo pela irrigação. **Irriga**, v. 5, n. 2, p. 112-125, Ago. 2000.

SILVA, E. C.; ASSIS, R. P.; SOUZA, R. J.; ARAÚJO, J. C. Exigências climáticas de cebola. In: SOUZA, R. J.; ASSIS, R. P.; ARAÚJO, J. C. (Org.) **Cultura da cebola: tecnologias de produção e comercialização**. 1 ed. Lavras: UFLA. 2015, v. 1, cap. 4, p. 141-148.

SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. D.; ANJOS, J. D.; BARRETO, M. D. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. 1 ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 251 p.

SOUZA, J. D. O.; GRANGEIRO, L. C.; SANTOS, G. M.; COSTA, N. D.; SANTOS, C. A. F.; NUNES, G. D. S. Avaliação de genótipos de cebola no Semi-Árido Nordeste. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 97-101, Jan. 2008.

SOUZA, M. A.; MESQUITA, A. C.; SIMÕES, W. L.; YURI, J. E. Rendimento e qualidade da cebola cultivada em condições Semiáridas sob diferentes sistemas de irrigação. **Magistra**, v. 29, n. 1, p. 64-70, Jan. 2017.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; ROSTON, D. M.; PAULA JUNIOR, D. R.; PATERNIANI, J. E. S.; RIBEIRO, T. A. P. Potencialidade do uso da irrigação por gotejamento em propriedades agrícolas produtoras de hortaliças da região de Campinas-SP. **Sínteses: Revista Eletrônica do SimTec**, n. 1, p. 145-145, 1997.

TOSTA, A. L. **Tolerância ao déficit hídrico e eficiência do uso da água em genótipos de cebola**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

TRANI, P. E.; BREDA JR., J. M.; FACTOR, T. L. Calagem e adubação da cebola (*Allium cepa* L.) **Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas**, Boletim, v. 200, n. 7, 2014.

TROUT, T. J.; KINCAID, D. C. On-farm system design and operation and land management. **AGRONOMY**, v. 30, n. 2, p. 133, Jan. 2007.

UPOV. Guidelines for conduct of test for distinctness, uniformity and stability of *Allium cepa* and *Allium ascalonicum*. Genebra: **União para a Proteção de Obtenções Vegetais (UPOV)**, p. 40, 1999.

VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T.; MAY, A. Produtividade de cultivares de cebola em função do número de mudas por célula de bandeja e espaçamento entre covas. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 247-251, Abr. 2007.

VILAS BOAS, R. C.; CARVALHO, J. G.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J.; GAMA, G. B. N.; GARCIA, H. H.; ARAUJO, R. S. A. Rendimento da cultura da cebola submetida a níveis de água e nitrogênio por gotejamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 633-646, Mar. 2014.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA JUNIOR, J. A. D.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 781-788, Fev. 2011b.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J.; CONSONI, R. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 15, n. 2, p. 117-124, Dez. 2011a.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J.; GEISENHOF, L. O.; LIMA JÚNIOR, J. A. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v.16, n.7, p.706–713, Abr. 2012.

WUTKE, E. B.; ARRUDA, F. B.; FANCELLI, A. L.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G. M. B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 3, p. 621-633, Jul. 2000.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Produtividade de cultivares de cebola em diferentes populações de plantas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2716- 2724, Mai. 2018.