



HERLON BRUNO FERREIRA BARRETO

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CEBOLA
SOB NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO E DOSES DE POTÁSSIO**

LAVRAS – MG

2015

HERLON BRUNO FERREIRA BARRETO

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CEBOLA SOB NÍVEIS DE
IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO E DOSES DE POTÁSSIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo de Irrigação e Drenagem, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Geraldo Magela Pereira

LAVRAS – MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo próprio autor.**

Barreto, Herlon Bruno Ferreira.

Produtividade e qualidade da cebola sob níveis de irrigação
por gotejamento e doses de potássio / Herlon Bruno Ferreira

Barreto. – Lavras : UFLA, 2015.

77 p. : il.

Tese (doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): Geraldo Magela Pereira.

Bibliografia.

1. *Allium Cepa* L. 2. Irrigação localizada. 3. Adubação
potássica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

HERLON BRUNO FERREIRA BARRETO

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CEBOLA SOB NÍVEIS DE
IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO E DOSES DE POTÁSSIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo de Irrigação e Drenagem, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 2 de outubro de 2015.

Dr. Rovilson José de Souza	UFLA
Dr. Fábio Ponciano de Deus	UFLA
Dr. Renato Carvalho Vilas Boas	Consultor técnico
Dra. Joelma Resende Durão Pereira	UNILAVRAS

Dr. Geraldo Magela Pereira
Orientador

LAVRAS – MG

2015

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Engenharia (DEG), pela oportunidade concedida para realização do doutorado.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores do Departamento de Engenharia setor de engenharia de água e solo da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos e harmoniosa convivência.

Ao professor Dr. Geraldo Magela Pereira pela orientação, paciência, dedicação e seus ensinamentos que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e meu crescimento profissional.

Ao Dr. Rovilson José de Souza, pelos ensinamentos, que foram de grande valia para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca, pela atenção e ensinamentos que contribuíram para este trabalho.

Aos meus pais, pelo amor, apoio e incentivo.

Aos meus familiares e amigos, pelo apoio e incentivo na realização deste trabalho.

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar a produtividade e a qualidade de bulbos de cebola, em função de doses de potássio e lâminas de irrigação por gotejamento. O experimento foi conduzido a campo em canteiros, na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras, que está situado na região sul de Minas Gerais. Foi empregado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, resultando 16 tratamentos repetidos três vezes. Os tratamentos constituíram-se de quatro lâminas de irrigação, baseadas na evaporação do tanque “Classe A” (ECA) (L1 = 30 % da ECA; L2 = 65 % da ECA; L3 = 100 % da ECA e L4 = 135 % da ECA), e quatro doses de potássio, correspondentes a: K1 = 0; K2= 80; K3= 160; K4= 240 kg ha⁻¹ de K₂O, fornecidas via fertirrigação. A colheita foi realizada, quando mais de 60 % das plantas se encontravam estaladas, sendo realizada manualmente. Realizou-se à avaliação das seguintes características: produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais, massa média de bulbos comerciais, eficiência no uso da água, teor de matéria seca de bulbos comerciais, determinação do pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável e conservação pós-colheita. As lâminas de irrigação influenciaram de forma crescente as seguintes características: produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais e massa média de bulbos comerciais, o valor máximo de produtividade de bulbos comerciais ocorreu com a fração de reposição de água de 135 % da ECA (795,6 mm), resultando em 51,2 t ha⁻¹. As doses de potássio apresentaram resposta significativa, para as características: teor de matéria seca de bulbos comerciais e pH. A interação entre as lâminas de irrigação e doses de potássio apresentaram resposta significativa, com relação às características: eficiência no uso de água, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável. As perdas de massa dos bulbos pós-colheita, foram influenciadas pelo fator dias após cura, de forma crescente. Sendo o valor máximo encontrado de 8,31 %. O híbrido Bella Vista apresentou boa conservação pós-colheita, sendo uma alternativa para consumo in-natura. A irrigação por gotejamento proporcionou maior eficiência na absorção do potássio presente no solo, justificando as doses de potássio aplicadas não apresentar resultados significativos.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Irrigação localizada. Adubação potássica.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the productivity and quality of onion bulbs in function of potassium doses and drip irrigation levels. The experiment was conducted under field conditions on construction sites, in the experimental area of the Department of Engineering at the Federal University of Lavras, in Lavras, which is situated in the southern region of Minas Gerais. It was used the randomized block design in a factorial 4 x 4, resulting 16 treatments repeated three times. The treatments consisted of four irrigation levels, based on the "Class A" tank evaporation (ECA) (L1 = 30 % ECA; L2 = 65 % ECA; L3 = 100 % of ECA and L4 = 135 % of ECA), and four potassium doses, corresponding to: K1 = 0; K2 = 80; K3 = 160; K4 = 240 kg ha⁻¹ of K₂O, provided by fertigation. The crop was harvested when more than 60 % of the plants were cracked, and is realized manually. We conducted the evaluation of the following: total productivity bulbs, commercial bulbs productivity, average mass of commercial bulbs, efficient use of water, dry matter of commercial bulbs content determination of pH, total soluble solids, total acidity, soluble solids / titratable acidity and post-harvest conservation. The irrigation levels influenced increasingly the following characteristics: total productivity bulbs, productivity of commercial bulbs and average mass of commercial bulbs, the maximum value of commercial bulbs productivity occurred with the water replacement fraction of 135 % ACE (795.6 mm), resulting in 51.2 t ha⁻¹. The potassium doses showed a significant response to the characteristics: dry matter content of commercial bulbs and pH. The interaction between irrigation levels and potassium doses showed significant response in relation to the characteristics: efficiency in water use, titratable acidity and total soluble solids / total acidity. Mass losses for the postharvest bulbs were influenced by the factor days after healing, increasingly. The maximum being found of 8.31 %. The hybrid Bella Vista had good post-harvest conservation, being an alternative to in-kind consumption. Drip irrigation has provided more efficient absorption of potassium in the soil, explaining the applied potassium doses did not show significant results.

Keywords: *Allium Cepa* L. localized irrigation. Potassium fertilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Visão geral do experimento, em 3 (três) repetições	22
Figura 2 Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado, e detalhe da área útil	26
Figura 3 Controlador Lógico Programável e cabeçal de controle	27
Figura 4 Detalhe da parcela no dia da colheita, com plantas estaladas (tombadas)	31
Figura 5 Temperaturas diárias máximas ($T_{máx}$), médias ($T_{méd}$) e mínimas ($T_{mín}$) do ar ocorridas no período do experimento	35
Figura 6 Umidade relativa diária média do ar ocorrida no período do experimento	36
Figura 7 Precipitações ocorridas durante o período de condução do experimento	37
Figura 8 Evaporação diária do tanque “Classe A”, ocorrida durante o experimento	37
Figura 9 Lâminas de irrigação acumuladas aplicadas nos tratamentos ao longo do ciclo da cultura	39
Figura 10 Produtividade total de bulbos ($t\ ha^{-1}$) de cebola em função das diferentes lâminas totais de água	41
Figura 11 Produtividade de bulbos comerciais ($t\ ha^{-1}$) de cebola em função das diferentes lâminas de água	45
Figura 12 Massa média de bulbos comerciais ($g\ bulbo^{-1}$) de cebola em função das diferentes lâminas de água	47
Figura 13 Representação gráfica da superfície de resposta da eficiência no uso de água (EUA, $kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$), em função das lâminas de água (mm) e doses de potássio ($kg\ ha^{-1}$) para o cultivo da cebola	49

Figura 14 Teor de matéria seca de bulbos comerciais (%) de cebola em função das diferentes doses de potássio	52
Figura 15 Valores de pH de cebola em função das diferentes doses de potássio.....	54
Figura 16 Representação gráfica da superfície de resposta da acidez total titulável (ATT % de ácido pirúvico), em função das lâminas de água (mm) e doses de potássio (kg ha^{-1}) para o cultivo da cebola	57
Figura 17 Representação gráfica da superfície de resposta da relação sólidos solúveis totais / acidez total titulável (SST/ATT), em função das lâminas de irrigação (mm) e doses de potássio (kg ha^{-1}) para o cultivo da cebola.....	60
Figura 18 Valores de perda de massa (%) de cebola em função dos dias após cura.....	62
Figura 19 Representação gráfica da superfície de resposta da perda de massa (%) de cebola em função dos dias após cura e das lâminas de água ..	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Granulometria e classificação textural do solo utilizado no experimento.....	22
Tabela 2 Resultados da análise química do solo utilizado no experimento.....	23
Tabela 3 Cronograma de pulverizações: épocas de aplicação, defensivos agrícolas utilizados, princípios ativos e dosagens aplicadas	30
Tabela 4 Fração da evaporação do tanque “Classe A” de cada tratamento, lâminas de irrigação inicial, precipitação total, lâmina de irrigação por gotejamento e totais aplicadas durante a condução do experimento.....	38
Tabela 5 Resumo da análise de variância e de regressão para produtividade total de bulbos ($t\ ha^{-1}$) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio	40
Tabela 6 Resumo da análise de variância e de regressão para produtividade de bulbos comerciais ($t\ ha^{-1}$) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio.....	43
Tabela 7 Resumo da análise de variância e de regressão para massa média de bulbos comerciais ($g\ bulbo^{-1}$) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio.....	46
Tabela 8 Resumo da análise de variância para eficiência no uso de água ($kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio.....	48
Tabela 9 Resumo da análise de variância e de regressão para teor de matéria seca de bulbos comerciais (%) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio.....	51
Tabela 10 Resumo da análise de variância e de regressão para pH de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio	53

Tabela 11 Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais (%) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio	55
Tabela 12 Resumo da análise de variância para acidez total titulável (% de ácido pirúvico) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio.....	56
Tabela 13 Resumo da análise de variância para a relação sólidos solúveis totais / acidez total titulável de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio	59
Tabela 14 Resumo da análise de variância e de regressão para perda de massa de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio, aos 10, 20, 30, 40, 80 e 100 dias após cura.....	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Aspectos da cultura	15
2.2	Necessidades hídricas da cultura	16
2.3	Manejo da irrigação utilizando tanque “Classe A”	17
2.4	Resposta da cebola a adubação potássica.....	18
2.5	Irrigação por gotejamento e a fertirrigação	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Caracterização do local e época do experimento.....	21
3.2	Caracterização e preparo do solo.....	22
3.3	Coleta de dados meteorológicos	24
3.4	Cultivar empregada	24
3.5	Adubação.....	25
3.6	Delineamento experimental e tratamentos.....	25
3.7	Sistema e manejo da irrigação	26

3.8	Instalação e condução do experimento.....	29
3.9	Controle fitossanitário	29
3.10	Características avaliadas	30
3.10.1	Produtividade total de bulbos.....	31
3.10.2	Produtividade de bulbos comerciais	31
3.10.3	Massa média de bulbos comerciais	32
3.10.4	Eficiência no uso de água	32
3.10.5	Teor de matéria seca de bulbos comerciais	32
3.10.6	Determinação do pH.....	33
3.10.7	Sólidos solúveis totais	33
3.10.8	Acidez total titulável	33
3.10.9	Relação sólidos solúveis / acidez total titulável	33
3.10.10	Avaliação da conservação pós-colheita.....	34
3.11	Análises estatísticas	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	Condições meteorológicas.....	35

4.2	Lâminas de irrigação.....	38
4.3	Produtividade total de bulbos	39
4.4	Produtividade de bulbos comerciais	43
4.5	Massa média de bulbos comerciais	45
4.6	Eficiência no uso de água (EUA).....	48
4.7	Teor de matéria seca de bulbos comerciais.....	50
4.8	pH.....	52
4.9	Sólidos solúveis totais (SST)	54
4.10	Acidez total titulável (ATT).....	56
4.11	Relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável.....	58
4.12	Conservação pós-colheita.....	60
5	CONCLUSÕES.....	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Sendo a cebola (*Allium cepa* L.) a terceira hortaliça em importância econômica no mundo e a terceira mais produzida no Brasil (AGRIANUAL, 2011), destaca-se entre as demais cultivadas, tanto pelo seu volume de produção como pelo consumo e valor econômico. O Brasil é o 8º no ranking de produção da hortaliça, participando com cerca de 2 % da oferta mundial (COOPERCITRUS, 2012).

Em 2011 a produtividade média nacional, de acordo com o IBGE (2012), se manteve em torno de 23 t ha⁻¹ e, nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, os maiores produtores do Sudeste, com média de 28,9 e 57,5 t ha⁻¹, respectivamente, no estado de Minas Gerais, que se destaca com maior produtividade, a utilização de modernas técnicas de produção a exemplo a utilização de híbridos e maiores densidade de plantas, proporcionando maiores produtividades.

Em 2013 a safra brasileira de cebola foi de 1 314 701 toneladas de bulbos, em 57 341 hectares de área plantada, proporcionando produtividade média de 22,0 t ha⁻¹ (IBGE, 2013).

Dentre os fatores mais importantes para o crescimento e desenvolvimento de qualquer espécie é a água, cujo déficit caracteriza uma das principais restrições ao crescimento e desenvolvimento das espécies cultivadas (LOPES et al., 2011). Em se tratando da cebola, o cultivo é quase totalmente realizado com o uso da irrigação, fundamental para incrementar a qualidade da bulbificação. De acordo com Vilas Boas et al. (2011), o manejo correto da irrigação se torna indispensável uma vez que pode ser ajustado às condições momentâneas da cultura, desta forma, promover maiores rendimentos.

Diversas áreas de produção de cebola vêm sendo implantadas no Brasil, e a irrigação por gotejamento aliada ao manejo correto, é uma alternativa para

uso racional da água, estudos sobre a irrigação por gotejamento e a fertirrigação na cultura da cebola, são necessários devido à carência de informações a respeito da produção de cebola irrigada por gotejamento.

O nitrogênio e o potássio destacam-se como os nutrientes mais extraídos para a cultura da cebola, o potássio é o primeiro nutriente mais absorvido em quantidade pela planta. O manejo criterioso da adubação consiste em otimizar a produtividade, satisfazendo as necessidades da cultura pela adoção de técnicas que propiciem maior eficiência no uso dos adubos, da água, da mão de obra e dos demais insumos, minimizando as perdas de nutrientes por lixiviação, erosão e volatilização. A aplicação racional de fertilizantes exige o conhecimento da disponibilidade de nutrientes no solo, das exigências nutricionais da cultura e da avaliação do estado nutricional das plantas.

A nutrição das plantas influencia a produtividade de bulbos, sanidade e qualidade de bulbos. Entre as características físicas e químicas utilizadas para avaliar a qualidade pós-colheita de hortaliças, destacam-se perda de massa fresca, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, cor, pungência, pH e teor de nutrientes (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Estes atributos da qualidade pós-colheita geralmente são dependentes da cultivar, condições climáticas, armazenamento e fatores genéticos e ambientais.

Assim sendo, o presente estudo objetivou avaliar a produtividade e qualidade de bulbos de cebola, em função de doses de potássio e lâminas de irrigação por gotejamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos da cultura

A cultura da cebola (*Allium cepa* L.), pertence à família Alliaceae, é fortemente influenciada por fatores ambientais, o fotoperíodo e a temperatura do ar são os elementos climáticos que mais influenciam na fase vegetativa. Segundo Patel e Rajput (2009), a temperatura ideal para a cultura da cebola em fase inicial varia de 12,8 a 21 °C, e na fase de maturação de 15,5 a 25 °C.

A cultura adapta-se melhor a solos de textura média, como também apresenta boa produção em solos arenosos, leves, que favoreçam o desenvolvimento do bulbo, com pH de 5,5 a 6,5. Solos argilosos, pesados, não são indicados. A calagem deve ser efetuada para elevar a saturação por bases para 70 % e se obter pH 6,0 (FILGUEIRA, 2008).

Menezes Júnior e Vieira Neto (2012) estudando a produção da cebola em função da densidade de plantas da cultivar Empasc 355-Juporanga em Ituporanga-SC observaram que o aumento da densidade de plantas não influenciou a produtividade comercial (36,19 t ha⁻¹), sendo recomendado o uso de densidades populacionais entre 400 000 e 600 000 plantas ha⁻¹.

A duração do período de crescimento varia de acordo com o clima e a cultivar. Em geral, são necessários de 120 a 175 dias da semeadura à colheita. A cultura é muito sensível à salinidade do solo e a diminuição de rendimento, em relação à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, é de 0 % para 1,2 dS m⁻¹, 10 % para 1,8 dS m⁻¹, 50 % para 4,3 dS m⁻¹ e 100 % para 7,5 dS m⁻¹ (DOORENBOS E KASSAM, 2000).

O ponto de colheita da cebola é feita quando os bulbos se apresentam bem formados, e as plantas completam seu ciclo vegetativo, em seguida, ocorre

o tombamento da parte aérea da planta, chamado de estalo seguido pelo amarelecimento e secamento das folhas.

Cultivares híbridas tem se tornado preferência entre os produtores, principalmente por apresentarem maior uniformidade de bulbificação, maiores produtividades, melhor conservação pós-colheita. Atualmente, o sistema de cultivo da cebola com semeadura direta no solo, tem crescido, como por exemplo, na região de São Gotardo - MG.

2.2 Necessidades hídricas da cultura

Um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento das culturas é a água, cuja falta caracteriza uma das principais restrições ao crescimento e desenvolvimento das espécies cultivadas (LOPES et al., 2011). De acordo com Marouelli et al. (2005), em se tratando da cebola, com exceção da região Sul, o cultivo é totalmente realizado com o uso da irrigação, prática fundamental para melhor qualidade da bulbificação. De acordo com Vilas Boas et al. (2011), o manejo correto da irrigação se torna indispensável uma vez que pode ser ajustado às condições momentâneas da cultura. Muitos autores relataram que a produtividade de bulbos da cebola é altamente dependente da quantidade de água aplicada (SANTA-OLALLA et al., 1994; SAHA et al., 1997; SHOCK et al., 2000; VILAS BOAS et al., 2012). Apesar desta dependência, são poucas as informações acerca das reais necessidades hídricas da cultura, que possam subsidiar o manejo das irrigações e, desta forma, promover maiores rendimentos (OLIVEIRA et al., 2013).

Trabalhos desenvolvidos na região Norte de Minas Gerais indicam um consumo médio de água entre 500 e 670 mm durante o ciclo da cebola, que corresponde a uma lâmina d'água entre 4 e 5 mm d⁻¹ (ARAUJO et al., 1997). Vilas Boas et al. (2014) em trabalho desenvolvido em Lavras - MG, aponta

melhor rendimento de bulbos com a aplicação de lâmina de irrigação de 513 mm. Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, o consumo total de água varia de 350 a 550 mm (COSTA et al., 2002).

O estágio mais sensível ao déficit hídrico é, durante o crescimento de bulbos, que se inicia aproximadamente aos 70 dias após a semeadura e pode comprometer, significativamente, a produção. Quando o solo é mantido relativamente úmido, sem excessos, o crescimento das raízes é reduzido, favorecendo o desenvolvimento do bulbo (DOORENBOS E KASSAM, 2000).

Segundo Costa et al. (2002), após o plantio e a emergência, a exigência de água, para atender às atividades fisiológicas das plantas, aumenta, proporcionalmente, ao desenvolvimento vegetativo e é máxima no estágio de crescimento de bulbos e reduz no estágio de maturação.

O momento de suspender a irrigação pode ser verificado em campo apertando-se o pseudocaule da planta entre os dedos, quando cerca de 50 % das plantas apresentarem pseudocaule macio é o momento de parar a irrigação (ARAÚJO et al., 1997).

2.3 Manejo da irrigação utilizando tanque “Classe A”

O manejo da irrigação tem como finalidade estabelecer o uso racional da água na produção agrícola. A escassez dos recursos hídricos tem se tornado preocupante nos últimos anos, trazendo a necessidade de aumentar a eficiência no consumo de água, sustentabilidade econômica, social e ambiental da prática da irrigação.

A quantidade de água aplicada numa irrigação deve ser suficiente para repor a água evapotranspirada pela cultura. A frequência da irrigação depende de características do solo, do clima e da planta. A decisão sobre o horário da irrigação considera o preço da energia elétrica, a disponibilidade de mão de obra

e a eficiência de aplicação da água. A importância de manejar a irrigação adequadamente envolve mais vantagens do que simplesmente a economia de água, por exemplo, a água transporta os nutrientes e seu excesso pode afastá-los das raízes (TAVARES, 2009).

Uma das dificuldades do manejo da irrigação utilizando a evapotranspiração de cultura (ET_c) é a necessidade de definir as variáveis de acordo com a cultivar, densidades de plantas, configuração de plantio e época de cultivo (ENCISO; JIFON; WIEDENFELD, 2007). Por isso, dentre os vários equipamentos existentes no mercado, destaca-se para o manejo da irrigação o tanque “Classe A”, em virtude da facilidade de uso. O tanque “Classe A” possibilita medir a evaporação de uma superfície de água livre, associada aos efeitos integrados da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade relativa do ar (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2005).

STANHILL (1961) analisou métodos para estimar a evapotranspiração potencial, onde comparando-os a lisímetros, concluiu que o tanque “Classe A” é o mais prático, econômico e preciso. Em trabalho subsequente, o mesmo autor mostrou que a evapotranspiração real de certas culturas, para o melhor tratamento de umidade na forma de água disponível à planta, foi altamente correlacionada com a evaporação do tanque “Classe A”.

Muitos trabalhos sobre a irrigação da cebola mostram que a produtividade de bulbos é altamente dependente da quantidade de água aplicada. Entretanto, em poucos estudos são analisados critérios de manejo da irrigação por gotejamento na cultura da cebola (VILAS BOAS et al., 2012).

2.4 Resposta da cebola a adubação potássica

O nitrogênio (N) e o potássio (K) destacam-se como os macronutrientes nutrientes mais extraídos para a cultura da cebola. O N é o segundo nutriente em

quantidade na planta, superado apenas pelo K. Embora significativos e bastante destacados, os efeitos do nitrogênio nas plantas, especialmente para culturas formadoras de órgãos de reserva (VIDIGAL, 2000).

A cebola é uma espécie que extrai grandes quantidades de potássio, por exemplo, Aktar et al. (2002) observaram aumento na produtividade de bulbos até 200 kg ha⁻¹ de K₂O, quando combinadas as aplicações de fósforo e nitrogênio, enquanto Mohanty e Das (2001) observaram aumento no diâmetro transversal e na massa fresca dos bulbos com a aplicação de baixas doses de potássio (60 kg ha⁻¹ de K₂O).

May (2006), em estudo de doses de nitrogênio e potássio na cultura da cebola em solo com baixo teor de K, verificou que o incremento na produtividade em resposta ao aumento no fornecimento de K foi pequeno, quando comparado ao incremento verificado com aumento na dose de N.

Resende, Costa e Pinto (2009), estudando o comportamento de Alfa-Tropical em Petrolina-PE sob doses de nitrogênio e potássio, verificaram comportamentos diversos conforme a dose de K aplicada. Sem a aplicação de nitrogênio, conjugada com 180 kg ha⁻¹ de K₂O, atingiu-se uma produtividade de 42,1 t ha⁻¹ de bulbos comerciais. Já com a aplicação de 97 kg ha⁻¹ de N, sem fornecimento de K, a produtividade estimada foi de 36,5 t ha⁻¹ de bulbos. Contudo, a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de K₂O e 180 kg ha⁻¹ de N propiciou produtividade de 36,2 t ha⁻¹ de bulbos.

Cecílio Filho et al. (2010), obteve a maior produtividade (89,5 t ha⁻¹) com as doses de 150 kg ha⁻¹ de N e 150 kg ha⁻¹ de K₂O, demonstrando que as respostas ao fornecimento de potássio podem ser muito variáveis, com ou sem nitrogênio.

2.5 Irrigação por gotejamento e a fertirrigação

Com relação à irrigação, os sistemas por aspersão são os mais utilizados no cultivo da cebola no Brasil, destacando-se o convencional, especialmente nas regiões Sul e Sudeste. Nos últimos anos, alguns produtores têm optado por sistemas convencionais fixos de microaspersão e, em grandes áreas, o sistema pivô central vem sendo utilizado com sucesso (COSTA et al., 2002).

Em virtude da preocupação mundial com a questão do gerenciamento, conservação e economia dos recursos hídricos, tem sido recomendado para a grande maioria das culturas, o uso do método de irrigação localizada, que compreende segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2005) os sistemas de irrigação nos quais a água é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades, porém com alta frequência, de modo que mantenha a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo.

As principais vantagens da irrigação localizada, segundo Vermeiren e Jobling (1997) e Bernardo, Soares e Mantovani (2005), são: maior eficiência no uso da água, maior produtividade, maior eficiência na adubação (fertilizantes como nitrogênio e potássio podem ser aplicados de forma parcelada via água de irrigação) e controle fitossanitário.

Por meio da fertirrigação, há possibilidade de um ajuste mais eficiente às diferentes fases fenológicas da cultura, resultando em uso mais racional e economia de fertilizantes. A fertirrigação permite distribuição e localização dos adubos onde ocorre maior densidade de raízes; possibilidade de controle da profundidade de aplicação do adubo, levando a uma menor perda de nutrientes por lixiviação e volatilização, uma vez que os fertilizantes estão dissolvidos em água. Permite também menor compactação do solo devido ao menor trânsito de máquinas; economia de mão de obra e comodidade na aplicação (CARRIJO et al., 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local e época do experimento

O experimento foi conduzido a campo em canteiros, na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (DEG/UFLA), no município de Lavras, que está situado na região sul de Minas Gerais, tendo como referência as seguintes coordenadas geográficas: latitude 21° 13' S, longitude 44° 58' W e 895 m de altitude.

De acordo com a classificação climática de Köppen (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), o clima de Lavras é Cwa, ou seja, clima temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18 °C e superior a 3 °C e o verão apresenta temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C (22,1 °C em fevereiro). Apresenta temperatura do ar média anual de 19,4 °C, umidade relativa do ar média de 76,2 % e tem uma precipitação média anual de 1 529,7 mm, bem como uma evaporação média anual de 1 034,3 mm (BRASIL, 1992).

O experimento teve início com a semeadura no dia 12/05/2014, onde foi utilizado sementes do híbrido Bella Vista. O transplântio foi realizado em 27/06/2014. A colheita foi realizada no dia 20/10/2014, totalizando um ciclo vegetativo no campo de 115 dias. Uma visão geral do experimento pode ser observada na Figura 1.



Figura 1 Visão geral do experimento, em 3 (três) repetições

3.2 Caracterização e preparo do solo

No solo, classificado originalmente como um Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2013), foi coletada uma amostra composta representativa da área, na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, onde as análises físicas e químicas foram realizadas pelo Laboratório de Física e Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. Na Tabela 1 é apresentado o resultado da análise física e a classificação textural do solo utilizado no experimento.

Tabela 1 Granulometria e classificação textural do solo utilizado no experimento

Granulometria (%)			Classe textural
Areia	Silte	Argila	
9	21	70	Argilosa

Na Tabela 2 são apresentados os teores de nutrientes encontrados no solo antes da adubação de plantio.

Tabela 2 Resultados da análise química do solo utilizado no experimento

Sigla	Descrição	Valor	Unidade
pH	Em água (1:2,5)	5,50	-
P	Fósforo (Mehlich 1)	0,28	mg dm ⁻³
K	Potássio disponível	48,00	mg dm ⁻³
Ca ²⁺	Cálcio trocável	1,80	cmol _c dm ⁻³
Mg ²⁺	Magnésio trocável	0,70	cmol _c dm ⁻³
S	Enxofre disponível	17,15	mg dm ⁻³
Al ³⁺	Acidez trocável	0,10	cmol _c dm ⁻³
H + Al	Acidez potencial	3,62	cmol _c dm ⁻³
SB	Soma de bases	2,62	cmol _c dm ⁻³
(t)	CTC efetiva	2,72	cmol _c dm ⁻³
(T)	CTC a pH 7,0	6,24	cmol _c dm ⁻³
V	Saturação por bases	42,04	%
m	Saturação por alumínio	3,68	%
MO	Matéria orgânica	3,70	dag kg ⁻¹
P _{-ren}	Fósforo remanescente	3,19	mg L ⁻¹
Zn	Zinco disponível	0,62	mg dm ⁻³
Fe	Ferro disponível	56,67	mg dm ⁻³
Mn	Manganês disponível	35,89	mg dm ⁻³
Cu	Cobre disponível	6,09	mg dm ⁻³
B	Boro disponível	0,15	mg dm ⁻³

Foi realizada a calagem 60 dias antes do transplante das mudas, aplicando-se calcário dolomítico com 80 % de PRNT, com base nos resultados

da análise química do solo para fins de correção da acidez e elevação da saturação por bases (V) do solo para 70 %. A quantidade de calcário aplicada para fins de correção do solo foi de 2 t ha⁻¹.

Quanto ao preparo do solo para o transplântio das mudas, foram realizadas uma aração e duas gradagens para destorroamento do terreno. Posteriormente procedeu-se a distribuição a lanço do calcário sobre o terreno, e visando uma incorporação ao solo, os canteiros foram preparados com enxada rotativa.

3.3 Coleta de dados meteorológicos

Os dados meteorológicos como temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e a evaporação do tanque “Classe A”, foram obtidos diariamente da Estação Climatológica Principal de Lavras/MG localizada no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), distante 735 m da área experimental.

3.4 Cultivar empregada

Foi utilizada a cultivar híbrida de cebola Bella Vista (Sakata) de ciclo de maturação precoce (135-150 dias) e caracterizada por apresentar elevada produtividade. Híbrido de dias intermediários, cujos bulbos possuem formato globular alongado, cor baia, e com túnica de revestimento com boa conservação pós-colheita.

As mudas foram produzidas por semeadura em bandejas de isopor com 128 células, e mantidas em ambiente protegido com irrigações diárias, em uma empresa particular de Lavras – MG, especializada em produção de mudas, até o momento do transplântio, quando as mudas possuíam de 2 a 3 folhas.

3.5 Adubação

A adubação de plantio foi realizada no dia 16/05/2014, com base nas análises de solo (Tabelas 1 e 2) e, conforme as recomendações de Fontes (1999). Para esse procedimento foram aplicados 1 667 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (18 % de P₂O₅) correspondendo a 100 % da recomendação; 183 kg de Uréia (46 % de N) correspondente a 70 % da recomendação; 10 kg ha⁻¹ de Bórax; 15 kg ha⁻¹ de Sulfato de Zinco e 15 t ha⁻¹ de fertilizante orgânico Provaso® para fornecimento de matéria orgânica. A incorporação do adubo foi realizada com enxada manual, a uma profundidade de 0,20 m.

A adubação de cobertura foi realizada com Uréia (46 % de N), correspondendo a 30 % da recomendação e com Nitrato de Potássio (12 % de N e 44 % de K₂O), feitas via fertirrigação conforme a quantidade pré-estabelecida para cada tratamento, em 6 aplicações iguais, com frequência de doze dias, sendo a primeira realizada aos 23 dias após transplantio (DAT). Foi utilizada para a realização das fertirrigações uma bomba de injeção de fertilizantes (marca AMIAD, modelo TMB WP-10), com capacidade máxima de injeção de 60 L h⁻¹ de solução. Realizou-se ainda uma aplicação de cobertura utilizando Bórax e Sulfato de Zinco, via foliar, na proporção de 1 g m⁻² de Bórax e 1,5 g m⁻² de Sulfato de Zinco, realizada aos 38 dias após transplantio.

3.6 Delineamento experimental e tratamentos

Foi empregado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4 x 4, sendo utilizados 16 tratamentos e três repetições. Os tratamentos constituíram-se de quatro lâminas de irrigação, baseadas na evaporação do tanque “Classe A” (ECA) (L1 = 30 % da ECA; L2 = 65 % da

ECA; L3 = 100 % da ECA e L4 = 135 % da ECA), e quatro doses de potássio, fundamentadas na recomendação de Fontes (1999) correspondentes a $K_1 = 0$; $K_2 = 80$; $K_3 = 160$; $K_4 = 240 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , fornecidas via fertirrigação.

As parcelas experimentais tiveram dimensões de 0,8 m de largura por 1,40 m de comprimento ($1,12 \text{ m}^2$). Foram utilizadas quatro linhas de plantas, espaçadas de 0,20 m entre si e 0,10 m entre as plantas, totalizando 56 plantas por parcela. Foram consideradas como úteis, as plantas das linhas centrais e descartadas, nessas linhas, três plantas no início e três no final (parcela útil de $0,36 \text{ m}^2$ com 16 plantas). Na Figura 2 está representado o esquema de uma parcela experimental.

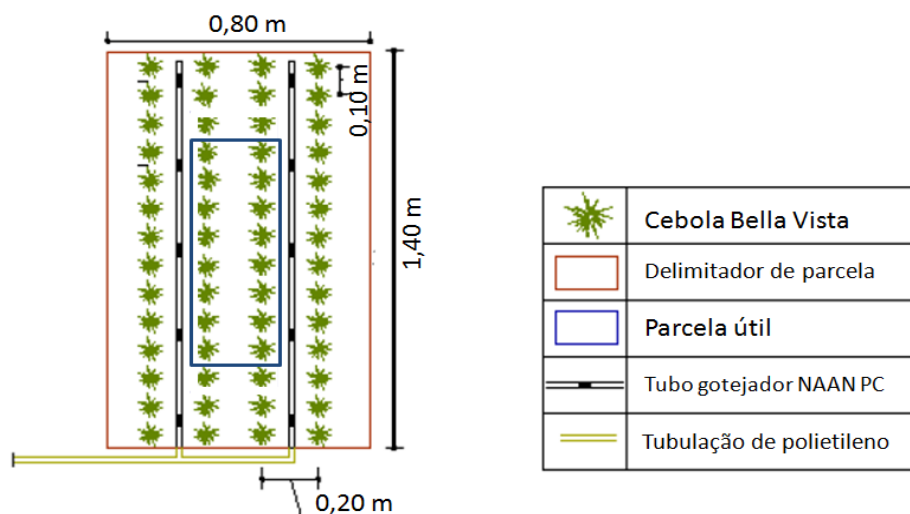


Figura 2 Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado, e detalhe da área útil

3.7 Sistema e manejo da irrigação

Na diferenciação dos tratamentos, utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes do tipo in-line, modelo NAAN PC, com vazão nominal de $1,6 \text{ L h}^{-1}$ e distanciados entre si a 0,30 m. O

tubo gotejador (DN 16 mm) foi posicionado na parcela de forma a irrigar duas fileiras de plantas, a pressão de serviço foi de 140 kPa, que era regulada por meio de uma válvula reguladora de pressão (marca SENNINGER 20 PSI), inserida no cabeçal de controle, antes das válvulas de comando elétrico (solenóides).

As linhas laterais foram conectadas às linhas de derivação de polietileno (PEBD DN 16 mm) as quais, por sua vez, foram conectadas às linhas principais (PVC DN 32 mm; PN 40) que tinham, no seu início, válvulas de comando elétrico (solenóides) localizadas na saída do cabeçal de controle. Foi utilizada uma válvula solenóide para cada tratamento. Tais válvulas eram acionadas por meio de um Controlador Lógico Programável ESP-LX RAIN BIRD (Figura 3), previamente programado, em cada irrigação, para funcionar o tempo necessário visando repor a lâmina de água referente à evaporação medida por meio do tanque “Classe A”.



Figura 3 Controlador Lógico Programável e cabeçal de controle

A lâmina de irrigação foi aplicada com uma frequência de três dias, conforme recomendado por Vilas Boas (2010), sendo calculada com a evaporação medida no período previsto entre duas irrigações (três dias), de acordo com fração da evaporação de cada tratamento. Considerou-se em 90 % a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação, por se tratar de irrigação por gotejamento. A lâmina aplicada foi calculada de acordo com a Equação 1.

$$Li = \frac{ECA \cdot f}{Ea} \quad (1)$$

em que:

Li = lâmina de irrigação a ser aplicada em cada tratamento (mm);

ECA = evaporação do tanque “Classe A” medida no período (mm);

f = fração da evaporação de cada tratamento (0,30; 0,65; 1,00 ou 1,35);

Ea = eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (0,90).

As lâminas de irrigação para cada tratamento foram obtidas mediante diferentes tempos de funcionamento das linhas de gotejadores. Esse tempo foi obtido a partir da vazão média dos gotejadores, do espaçamento entre plantas e entre linhas de plantas, conforme apresentado na Equação 2.

$$Ti = \frac{Li \cdot Sp \cdot Slp}{e \cdot q} \quad (2)$$

em que:

Ti = tempo de irrigação para cada tratamento (h);

Li = lâmina de irrigação a ser aplicada no tratamento (mm);

Sp = espaçamento entre plantas (0,10 m);

Slp = espaçamento entre linhas de plantas (0,20 m);

e = número de emissores por planta (0,18);

q = vazão média dos gotejadores (1,60 L h⁻¹).

3.8 Instalação e condução do experimento

Após o transplante das mudas (26/06/2014), realizado 45 dias após a semeadura, a irrigação foi realizada por microaspersão com o tape SANTENO®, composto por uma mangueira de polietileno linear de baixa densidade, com microfuros de 0,3 mm perfurados a raio laser e conectores para a sua instalação, funcionando com pressão máxima de 80 kPa.

Após ensaio realizado em campo, o tape SANTENO® apresentou uma intensidade de precipitação (IP) de 12 mm h⁻¹. Esse sistema foi usado até 14 dias após o transplante (DAT), período necessário para o pegamento e a climatização das mudas no campo. Durante esse período foram realizadas 12 irrigações com esse sistema, totalizando 49 mm lâmina de irrigação. Após esse período, a partir do dia 14/07/2014, a cultura passou a ser irrigada por gotejamento, havendo a diferenciação dos tratamentos.

Suspendeu-se a irrigação da cultura no dia 15/10/2014, 6 dias antes da colheita, conforme recomendação de Marouelli, Silva e Silva (2001).

3.9 Controle fitossanitário

Inspeções periódicas foram realizadas a fim de se detectar visualmente a presença de pragas e a ocorrência de doenças durante o cultivo. O controle fitossanitário foi realizado por meio de práticas culturais e aplicações de produtos aceitos na agricultura, na medida em que se detectava a presença de doenças e de pragas em níveis críticos que justificasse a aplicação de defensivos (Tabela 3). Durante a condução do experimento, as plantas daninhas que eventualmente emergiam foram eliminadas por meio de capinas manuais.

Tabela 3 Cronograma de pulverizações: épocas de aplicação, defensivos agrícolas utilizados, princípios ativos e dosagens aplicadas

DAT*	Defensivo	Princípio ativo	Dosagem aplicada
18	Rovral SC	Iprodione	150 mL 100 L ⁻¹ de água
31	Rovral SC	Iprodione	150 mL 100 L ⁻¹ de água
41	Dithane PM	Mancozeb	200 g 100 L ⁻¹ de água
53	Dithane PM	Mancozeb	200 g 100 L ⁻¹ de água
69	Rovral SC	Iprodione	150 mL 100 L ⁻¹ de água
69	Pirate	Clorfenapir	750 mL ha ⁻¹
78	Dithane PM	Mancozeb	200 g 100 L ⁻¹ de água
78	Pirate	Clorfenapir	750 mL ha ⁻¹

* Dias após transplântio

3.10 Características avaliadas

A colheita foi realizada, quando mais de 60 % das plantas se encontravam estaladas (VIDIGAL et al., 2010), as plantas foram arrancadas manualmente e mantidas ao sol por 3 dias. Em seguida foram mantidos, 7 dias à sombra em galpão ventilado, para o período de cura. Após o período de cura, realizou-se a toailete, com a eliminação da parte aérea e das raízes, procedendo-se, a seguir, à avaliação das seguintes características: produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais, massa média de bulbos comerciais, eficiência no uso da água, teor de matéria seca de bulbos comerciais, determinação do pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável e conservação pós-colheita.

Na Figura 4 é apresentado detalhe de uma parcela experimental no dia da colheita, onde se observa as plantas estaladas (tombamento).



Figura 4 Detalhe da parcela no dia da colheita, com plantas estaladas (tombadas)

3.10.1 Produtividade total de bulbos

Com base nas dimensões das parcelas e, considerando o espaço entre as plantas, estimou-se a população de plantas por hectare, o valor encontrado foi de 500 000 plantas ha^{-1} . Tomando-se como base o valor de massa total de bulbos (comerciais e não comerciais) por parcela, obtidos de 16 plantas, e a população de plantas por hectare, estimou-se a produtividade total de bulbos. Os resultados foram expressos em t ha^{-1} .

3.10.2 Produtividade de bulbos comerciais

A classificação dos bulbos comerciais foi realizada, conforme as normas de mercado da Portaria Ministerial nº 529, de 18 de agosto de 1995 (BRASIL, 1995), com o valor de massa dos bulbos comerciais (bulbos perfeitos e com

diâmetro transversal > 35 mm) por parcela, obtidos de 16 plantas, e considerando a população de plantas por hectare ($500\ 000$ plantas ha^{-1}), estimou-se a produtividade de bulbos comerciais, os resultados sendo expressos em t ha^{-1} .

3.10.3 Massa média de bulbos comerciais

A massa média de bulbos comerciais foi determinada, dividindo-se a massa de bulbos comerciais (bulbos perfeitos e com diâmetro transversal > 35 mm) pelo número de bulbos comerciais. Os resultados foram expressos em gramas por bulbo.

3.10.4 Eficiência no uso de água

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 no campo. Os resultados foram expressos em $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$.

3.10.5 Teor de matéria seca de bulbos comerciais

O teor de matéria seca de bulbos comerciais é definido com a relação entre massa seca de bulbos comerciais e a massa fresca de bulbos comerciais, expresso em percentagem. Para a obtenção da massa seca de bulbos comerciais, estes foram cortados em cubos alocados em bandejas de alumínio, em estufa de circulação forçada à temperatura de 65 °C até atingirem massa constante.

3.10.6 Determinação do pH

Amostras contendo bulbos de cada tratamento foram trituradas em processador industrial e filtradas para obtenção do suco. Para a determinação do pH utilizou-se potenciômetro digital de bancada imerso no suco.

3.10.7 Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado diretamente do suco, com refratômetro digital de compensação automática de temperatura. Os valores de sólidos solúveis totais foram expressos em % de °Brix (AOAC, 1990).

3.10.8 Acidez total titulável

Utilizou-se uma alíquota de 5 mL de suco, em duplicata, a qual foi adicionado 45 ml de água destilada e duas gotas de fenolftaleína alcoólica a 1 %. Em seguida procedeu-se a titulação com solução de NaOH 0,1 N até o ponto de viragem, onde considerou-se que todo o ácido pirúvico, ácido orgânico predominante em cebolas, tenha sido titulado. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido pirúvico presente no suco.

3.10.9 Relação sólidos solúveis / acidez total titulável

Estimada a partir dos resultados expressos de cada característica, por meio da razão entre teor de sólidos solúveis e acidez titulável. A acidez total titulável relaciona-se com os teores de sólidos solúveis, e é uma característica importante para se avaliar a qualidade pós-colheita das hortaliças.

3.10.10 Avaliação da conservação pós-colheita

A avaliação da conservação pós-colheita foi realizada com base na perda de massa de bulbos comerciais, após o período de cura os bulbos comerciais foram armazenados em galpão sob temperatura ambiente, e pesados inicialmente em intervalos de 10 dias, durante o período de 40 dias, e posteriormente aos 80 e 100 dias após a cura. Os valores foram comparados àqueles obtidos ao final da cura (10 dias após a colheita) e transformados em porcentagem de perda de massa.

3.11 Análises estatísticas

Os dados referentes à produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais, massa média de bulbos comerciais, eficiência no uso da água, teor de matéria seca de bulbos comerciais, determinação do pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável e conservação pós-colheita, foram submetidos à análise de variância, e quando significativos pelo teste F, procedeu-se análise de regressão e a escolha do modelo mais adequado foi feita com base nos testes de significância dos ajustes do comportamento das variáveis às equações de regressão. As análises foram efetuadas, utilizando-se o programa computacional Sisvar para Windows, versão 5.3 para análises estatísticas (FERREIRA, 2011).

Os efeitos da interação entre lâminas e doses de potássio quando significativos foram estudados mediante superfície de resposta. A superfície de resposta foi ajustada para a característica avaliada, tendo os fatores lâminas de irrigação e doses de potássio como variáveis independentes. Os processamentos das análises foram feitos no software Statistica, versão 7.0 (STATSOFT, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições meteorológicas

No período de condução do experimento, a temperatura diária média do ar foi de 21 °C, as mínimas atingidas ficaram entre 0 e 19 °C e as máximas entre 17 e 36 °C. As temperaturas diárias máximas, médias e mínimas do ar, ocorridas durante a condução do experimento, estão representadas na Figura 5.

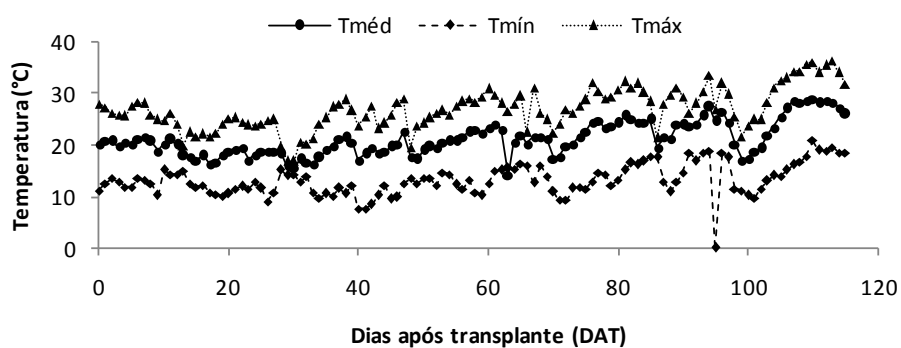


Figura 5 Temperaturas diárias máximas (Tmáx), médias (Tméd) e mínimas (Tmín) do ar ocorridas no período do experimento

Segundo Patel e Rajput (2009), a temperatura ideal para o desenvolvimento da cultura da cebola em fase inicial varia de 12,8 a 21 °C, e na fase de maturação de 15,5 a 25 °C. Segundo Souza e Resende (2002), a formação de bulbos de cebola é acelerada em condições de altas temperaturas e, sob condições de temperaturas baixas o processo é retardado. Temperaturas acima de 32 °C na fase inicial de desenvolvimento das plantas, podem provocar a bulbificação precoce, e a exposição das plantas a períodos prolongados de

temperaturas abaixo de 10 °C, pode induzir florescimento prematuro. Neste sentido a temperatura ótima de bulbificação oscila de 25 a 30 °C.

Na Figura 6 são representadas as umidades relativas diárias médias do ar ocorridas no período do experimento, Nota-se, nesse experimento, que a umidade relativa média do ar oscilou entre 33 e 93 %, com valor médio de 58 %. Com relação à umidade relativa, Resende, Costa e Souza (2007) relatam que a umidade elevada favorece a incidência de doenças foliares, que poderão aumentar os custos de produção e comprometer a produção da cultura.

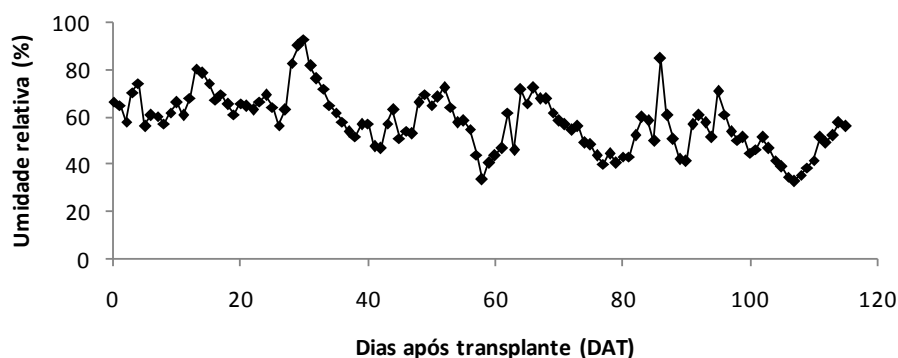


Figura 6 Umidade relativa diária média do ar ocorrida no período do experimento

Observa-se, então, que os valores médios de temperatura do ar, encontrados neste estudo, estão próximos dos relatados por Souza e Resende (2002), para a obtenção de uma boa produção da cultura. Verificou-se, ainda, que, apesar de as altas temperaturas e umidades relativas do ar, ocorridas em alguns dias, estes valores não prejudicaram o desenvolvimento da cultura durante a realização do experimento.

Os valores mensais de precipitação, ocorridos durante o período de condução do experimento no campo, são representados na Figura 7. Observa-se que a maior precipitação ocorreu quando a cultura ainda estava no processo de

pegamento e adaptação, todas as precipitações foram contabilizadas e adicionadas na lâmina total.

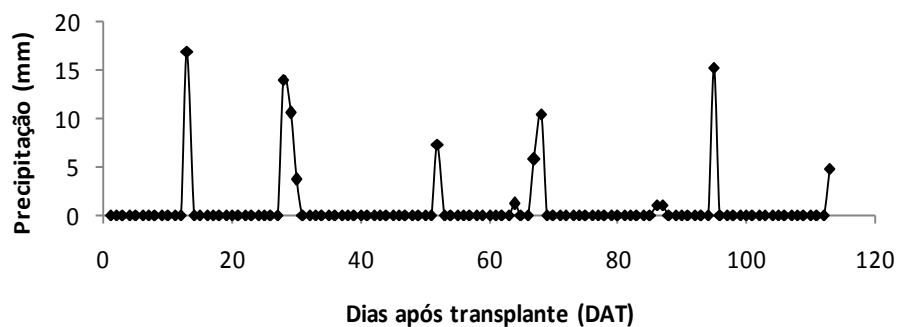


Figura 7 Precipitações ocorridas durante o período de condução do experimento

A evaporação do tanque “Classe A”, medida diariamente às 9 horas, durante o período de condução do experimento visando à aplicação dos tratamentos são representados na Figura 8, a evaporação máxima diária foi de 10,5 mm, a mínima de 0,12 mm e a média resultou em 5,4 mm.

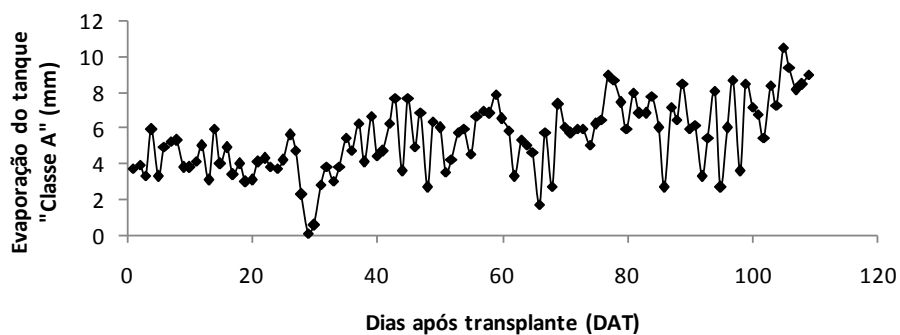


Figura 8 Evaporação diária do tanque “Classe A”, ocorrida durante o experimento

4.2 Lâminas de irrigação

Na Tabela 4 está representada a fração da evaporação, utilizada para reposição de água, de cada tratamento, a lâmina de irrigação inicial antes da diferenciação, a precipitação total ocorrida durante a condução do experimento, as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento após a diferenciação e os totais aplicados durante o experimento para cada tratamento.

Tabela 4 Fração da evaporação do tanque “Classe A” de cada tratamento, lâminas de irrigação inicial, precipitação total, lâmina de irrigação por gotejamento e totais aplicadas durante a condução do experimento

Fração da evaporação	Lâmina (mm)			
	Inicial	Precipitação	Gotejamento	Total
L1 = 30 % ECA	49	87,6	117,8	254,4
L2 = 65 % ECA	49	87,6	296,2	432,8
L3 = 100 % ECA	49	87,6	479,5	616,1
L4 = 135 % ECA	49	87,6	659,0	795,6

As lâminas de irrigação acumuladas que foram aplicadas por tratamento se encontram na Figura 9, observa-se, na fase inicial do experimento, pequena diferenciação entre as lâminas de irrigação, esta diferença foi acentuada durante o experimento, permitindo ampla variação no teor de água no solo.

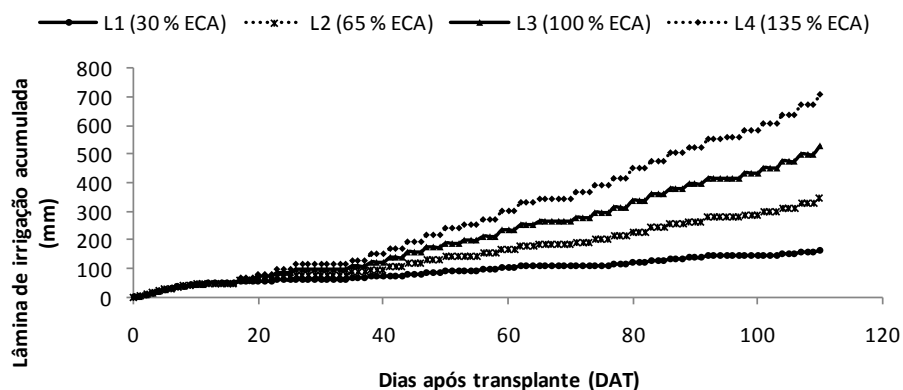


Figura 9 Lâminas de irrigação acumuladas aplicadas nos tratamentos ao longo do ciclo da cultura

Salienta-se que nessas lâminas de irrigação acumuladas por tratamento estão computados os 49 mm, que foram fornecidos durante a fase de estabelecimento da cultura (pegamento e climatização das mudas no campo), como pode ser observado na Figura 9 até 14 dias após o transplante (DAT), e também estão incluídas as aplicações por gotejamento, ocorridas durante o período de condução do experimento.

4.3 Produtividade total de bulbos

De acordo com a análise de variância (Tabela 5), verificam-se efeitos significativos a 1 % de probabilidade, para a produtividade total de bulbos, com relação ao fator lâminas de irrigação, com relação ao fator dose de potássio e entre a interação dos fatores, não foram detectadas diferenças significativas, para a característica estudada. A não obtenção de resposta positiva, em relação às doses de potássio, pode ser uma indicação que a disponibilidade natural foi suficiente, onde salienta-se que a área utilizada para o experimento apresentou

solo com teor de K = 48 mg dm⁻³, sendo considerado médio segundo Alvarez v. et al., 1999.

Tabela 5 Resumo da análise de variância e de regressão para produtividade total de bulbos (t ha⁻¹) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	1 283,8194	641,9097	11,007	0,0003 ^{**}
Lâmina	3	4 741,9258	1 580,6419	27,103	0 ^{**}
Dose de potássio	3	25,1533	8,3844	0,144	0,933 ^{NS}
Lâmina x Dose de potássio	9	600,67645	66,7418	1,144	0,3641 ^{NS}
Erro	30	1 749,6235	58,3208		
Coeficiente de variação (%)		19,2			
Média geral		39,7			
Linear	1	4 618,5079	4 618,5079	79,191	0 ^{**}
Quadrática	1	62,3948	62,3948	1,07	0,309 ^{NS}
Desvio	1	61,023	61,023	1,046	0,315 ^{NS}

NS: não significativo. **: significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade.

A média de produtividade total de bulbos obtida no experimento foi de 39,7 t ha⁻¹, superior a média nacional que foi de 23,2 t ha⁻¹ em 2011 (IBGE, 2012), mostrando bons resultados para a cultivar, clima, solo e sistema de irrigação utilizado. Vilas Boas et al. (2014), trabalhando com lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, observou uma produtividade média de 64 t ha⁻¹.

Segundo Maluf (2001), os híbridos podem apresentar vantagens em relação às cultivares não híbridas, tais como: heterose (maior produtividade), maior uniformidade, maior adaptação a condições climáticas, precocidade e maior resistência a pragas e doenças.

Cecílio Filho et al. (2010), trabalhando com doses de nitrogênio e potássio, observou que a aplicação de 225 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou produtividade de 36 t ha⁻¹. Em um experimento de três anos analisando a

produtividade total de três diferentes níveis de irrigação localizada para a cebola, Patel e Rajput (2009) mostraram que, a produção diminuiu com a redução da quantidade de água de irrigação. As lâminas de irrigação totais foram de 607, 485,6 e 364,2 mm para 100, 80 e 60 % da evapotranspiração.

Figueiredo et al. (2011), trabalhando com genótipos de cebola submetidos a diferentes densidades populacionais, encontrou para o híbrido Bella Vista, produtividade média total de bulbos de 61,8 t ha⁻¹.

No caso da produtividade total de bulbos, a variação ocorrida, em função das lâminas de irrigação aplicadas, pode ser explicada pela regressão linear, a 1 % de probabilidade (Tabela 5). De acordo com a equação apresentada na Figura 10, o acréscimo de uma unidade (mm) na lâmina de irrigação aumenta em 48 kg ha⁻¹ a produtividade total de bulbos. O valor máximo encontrado para a produtividade total de bulbos ocorre com lâmina de 795,6 mm (135 % da ECA), resultando em um valor máximo de 51,2 t ha⁻¹. Nota-se que 97,4 % das variações, ocorridas na produtividade total de bulbos, em função das lâminas aplicadas, são explicadas pela regressão linear.

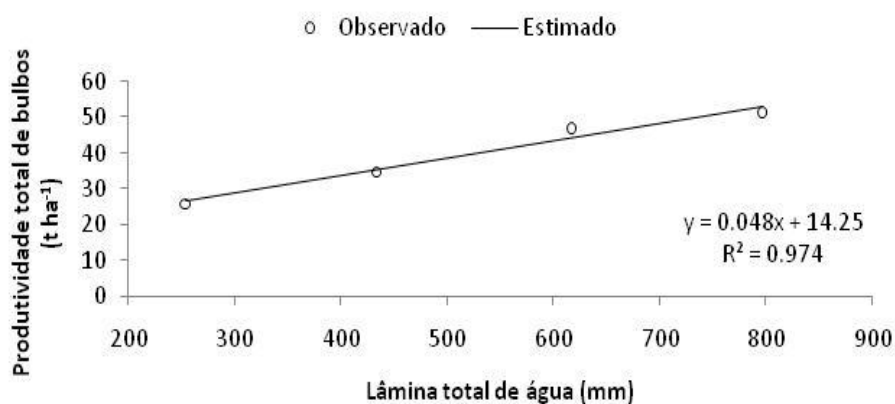


Figura 10 Produtividade total de bulbos (t ha⁻¹) de cebola em função das diferentes lâminas totais de água

Poucos estudos têm analisado critérios de manejo da irrigação por gotejamento na cultura da cebola (CHOPADE et al., 1998; SANTA OLALLA et al., 2004; SHOCK et al., 1998), entretanto os autores também relatam que as melhores produtividades de bulbos, ocorreram quando o solo foi mantido constantemente com alto teor de água.

A disponibilidade de água no solo governa a produção vegetal, assim sua falta ou excesso afetam de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas, pois alteram a absorção dos nutrientes e da própria água (REICHARDT, 1996).

Kumar et al. (2007) ao estudarem os efeitos de quatro níveis de irrigação, baseados na evaporação do tanque “Classe A” (0,60; 0,80; 1,00 e 1,20) e utilizando irrigação por microaspersão em cebola, cultivar ‘Agrifound Light Red’, em Abohar na Índia, também encontraram incrementos na produtividade de bulbos com o aumento das lâminas de água aplicadas, alcançando valores médios de 33,6 e 34,4 t ha⁻¹ com a aplicação das lâminas de 467,8 e 451,3 mm, correspondentes a 120 % da ECA.

Vilas Boas et al. (2014), trabalhando com lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, observou resposta quadrática, com máxima produtividade total de bulbos de 73,7 t ha⁻¹ para lâmina de 536,4 mm (104,6 % da ECA).

Enciso et al. (2009), estudaram a produção da cebola irrigada por gotejamento subsuperficial, utilizando diferentes estratégias de manejo e níveis irrigação no Texas (EUA), observaram que durante os dois anos do estudo não houve diferenças na produtividade total entre os tratamentos de 20 e 30 kPa, 100 e 75 % da ETc, porque foram observadas condições semelhantes de umidade do solo, e as produtividades mais baixas ocorreram nos tratamentos de 50 kPa e 50 % da ETc.

Vilas Boas et al. (2011), com o objetivo de avaliarem os efeitos de seis níveis críticos de tensões da água no solo, 15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa, sobre o

desempenho de duas cultivares de cebola, submetidas a irrigação por gotejamento, em Lavras – MG, encontraram maiores valores de produtividade total e comercial de bulbos quando as irrigações foram reiniciadas com a tensão de 15 kPa, o que correspondeu a uma lâmina total de irrigação de 615,2 e 603,6 mm para as cultivares de cebola ‘Alfa Tropical’ e ‘Optima F1’, respectivamente.

4.4 Produtividade de bulbos comerciais

De acordo com a análise de variância (Tabela 6), verificam-se efeitos significativos a 1 % de probabilidade, para a produtividade de bulbos comerciais, com relação ao fator lâminas de irrigação. Com relação ao fator dose de potássio, e a interação dos fatores, não foram detectadas diferenças significativas para a característica estudada.

Tabela 6 Resumo da análise de variância e de regressão para produtividade de bulbos comerciais ($t\ ha^{-1}$) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	1 345,0514	672,5257	11,533	0,0002 ^{**}
Lâmina	3	4 910,0001	1 636,6667	28,066	0 ^{**}
Dose de potássio	3	29,8506	9,9502	0,171	0,9155 ^{NS}
Lâmina x Dose de potássio	9	643,7656	71,5295	1,227	0,3162 ^{NS}
Erro	30	1 749,45,15	58,315		
Coeficiente de variação (%)		19,28			
Média geral		39,61			
Linear	1	4 778,1046	4 778,1046	81,936	0 ^{**}
Quadrática	1	76,9092	76,9092	1,319	0,26 ^{NS}
Desvio	1	54,9863	54,9863	0,943	0,339 ^{NS}

NS: não significativo. **: significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade.

Os resultados de produtividade de bulbos comerciais mostraram resposta semelhante à produtividade total de bulbos (Tabela 5), onde a média de produtividade mostrou-se muito semelhante, evidenciando quase a totalidade da produção está dentro das classes comerciáveis. O efeito linear, com nível de significância de 1 % (Tabela 6), indica haver um acréscimo na produtividade de bulbos comerciais, à medida que se aumentou a lâmina de irrigação aplicada.

Ao avaliarem o efeito de seis níveis críticos de tensões da água no solo Vilas Boas et al. (2011), sobre o desempenho de duas cultivares de cebola, submetidas a irrigação por gotejamento em Lavras-MG, obtiveram um aumento significativo na produtividade comercial de bulbos de cebola, em função do decréscimo das tensões da água no solo estudadas, para as lâminas de 615,2 e 603,6 mm, referentes à tensão de 15 kPa, a produtividade média de bulbos comerciais chegou a 39,4 t ha⁻¹ para a cultivar Alfa Tropical e 57,8 t ha⁻¹ para o híbrido Optima F1, respectivamente. Para a tensão de 75 kPa, com as lâminas de 276,9 e 245,4 mm a produtividade média de bulbos comerciais foi mínima com 24,5 t ha⁻¹ para a cultivar Alfa Tropical e 27,3 t ha⁻¹ para o híbrido Optima F1.

Através da regressão (Figura 11) o valor máximo de produtividade de bulbos comerciais ocorreu com a fração de reposição de água de 135 % da ECA (795,6 mm), resultando em 51,2 t ha⁻¹.

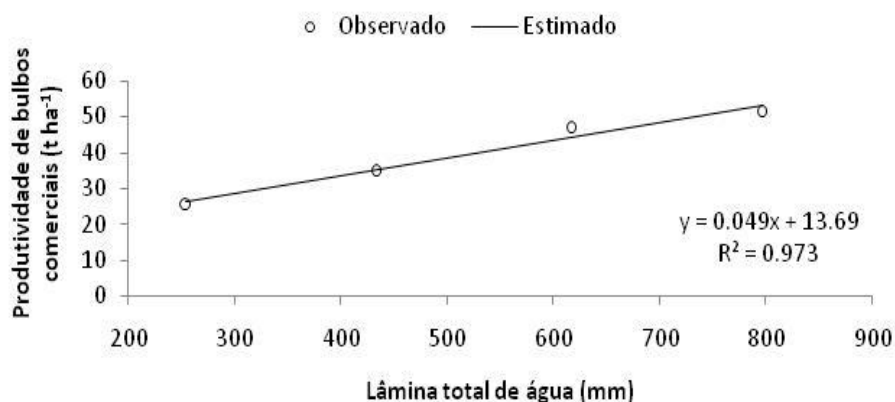


Figura 11 Produtividade de bulbos comerciais (t ha⁻¹) de cebola em função das diferentes lâminas de água

Outros trabalhos como Resende e Costa (2008), em estudo sobre o efeito de épocas de plantio e doses de N e K, aplicadas via fertirrigação, na produtividade e armazenamento de cebola, cultivar ‘Texas Grano 502 PRR’, verificaram na ausência da adubação potássica e na dose de 90 kg ha⁻¹ de K₂O, incrementos lineares na produtividade comercial em função da adubação nitrogenada, enquanto na dose de 180 kg ha⁻¹ de K₂O, a resposta à adubação nitrogenada apresentou comportamento quadrático, alcançando o valor máximo de produtividade comercial de bulbos de 75,5 t ha⁻¹ com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N.

4.5 Massa média de bulbos comerciais

Na análise de variância (Tabela 7) foi verificado que houveram diferenças significativas a 1 % de probabilidade para a fonte de variação lâmina de irrigação quanto a massa média de bulbos comerciais. Já a dose de potássio e a interação entre os fatores não apresentaram diferença significativa, para esta

característica estudada. Segundo Souza e Resende (2002), o consumidor brasileiro prefere bulbos de cebola com coloração amarelo-avermelhada, de formato arredondado, com massa média entre 90 e 100 g e sem a presença de raízes e folhas, Nesse contexto, como a média geral (Tabela 7) foi da ordem de 89,7 g bulbo⁻¹, este se aproximou as exigências de mercado interno.

Tabela 7 Resumo da análise de variância e de regressão para massa média de bulbos comerciais (g bulbo⁻¹) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	6 160,422	3 080,211	10,223	0,0004**
Lâmina	3	23 017,171	7 672,390	25,464	0**
Dose de potássio	3	104,409	34,803	0,116	0,9505 ^{NS}
Lâmina x Dose de potássio	9	2 818,982	313,220	1,040	0,4330 ^{NS}
Erro	30	9 039,174	301,306		
<hr/>					
Coeficiente de variação (%)	19,34				
Média geral	89,74				
<hr/>					
Linear	1	22 431,488	22 431,4872	74,448	0**
Quadrática	1	237,989	237,9896	0,790	0,3810 ^{NS}
Desvio	1	347,694	347,6938	1,154	0,2910 ^{NS}

NS: não significativo. **: significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade.

A massa média de bulbos comerciais foi influenciada pelas lâminas de irrigação, o resultado de massa média de bulbos comerciais mostrou comportamento linear, com nível de significância de 1 % (Tabela 7), indicando haver um acréscimo da massa média de bulbos comerciais à medida que se aumentaram as lâminas de água.

O estágio de formação da produção se prolonga até o início da maturação, sendo aquele onde a necessidade de água das plantas é máxima. A deficiência de água, particularmente durante o período de rápido crescimento de bulbo, reduz drasticamente o tamanho de bulbo (MAROUELLI, 2004).

Nota-se que 97,4 % das variações ocorridas na massa média de bulbos comerciais, em função das lâminas, são explicadas pela regressão linear (Figura 12), a maior massa média ocorreu com a maior lâmina, sendo de 115,28 g e 795,6 mm (135 % da ECA), respectivamente.

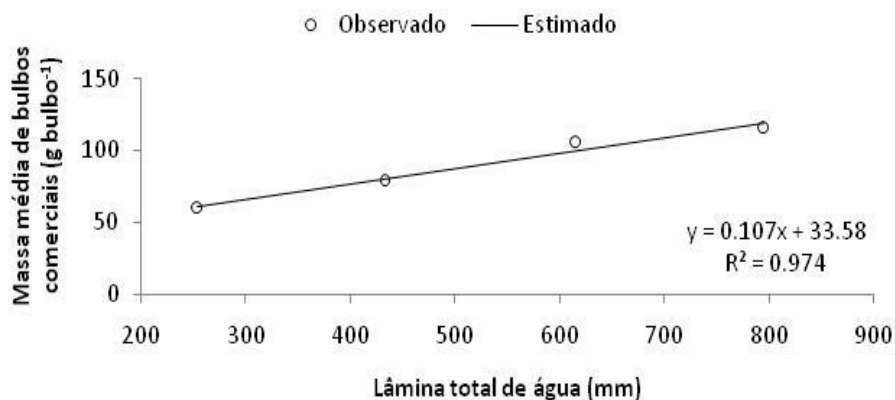


Figura 12 Massa média de bulbos comerciais (g bulbo⁻¹) de cebola em função das diferentes lâminas de água

Kumar et al. (2007) também observaram que a massa média de bulbos foi influenciada significativamente pelas lâminas de irrigação aplicadas e obtiveram valores de massa média de bulbos de 51,1 e 52,1 g bulbo⁻¹, no tratamento submetido ao maior nível de irrigação (120 % da ECA), com as lâminas de 467,8 e 451,3 mm, respectivamente. Segundo esses autores, a massa média de bulbos variou, significativamente, entre os tratamentos, exceto entre os dois tratamentos em que foram aplicadas as maiores quantidades de água (100 e 120 % da ECA). Já Vilas Boas et al. (2011) encontraram maiores valores de massa média de bulbos comerciais para as cultivares ‘Alfa Tropical’ (108,3 g bulbo⁻¹) e ‘Optima F1’ (144,6 g bulbo⁻¹), quando as irrigações foram reiniciadas com a tensão de 15 kPa, o que correspondeu a uma lâmina total de irrigação de 615,2 e 603,6 mm, respectivamente.

May et al. (2007), em São José do Rio Pardo, SP, trabalhando com híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica, obtiveram 113,2 g bulbo⁻¹ de massa média de bulbos, utilizando-se 60 plantas m⁻², densidade superior a deste trabalho (50 plantas m⁻²). O valor médio de massa média de bulbos comerciais, obtido neste trabalho (89,7 g bulbo⁻¹), foi maior do que aquele encontrado por Rodrigues et al. (2006), que estudaram 16 cultivares de cebola em Viçosa, MG e encontraram, 75,65 e 64,85 g bulbo⁻¹ nos sistemas convencional e orgânico, para o cultivar Alfa Tropical.

4.6 Eficiência no uso de água (EUA)

De acordo com a análise de variância (Tabela 8) verifica-se efeito significativo a 1 % de probabilidade, para a eficiência no uso da água (EUA), com relação ao fator lâminas de irrigação. Entre a interação dos fatores lâmina de irrigação e doses de potássio, foram detectadas diferenças significativas a 5 % de probabilidade, para esse parâmetro estudado.

Tabela 8 Resumo da análise de variância para eficiência no uso de água (kg ha⁻¹ mm⁻¹) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	4 114,4768	2 057,2384	11,934	0,0002**
Lâmina	3	8 956,2760	2 985,4254	17,318	0**
Dose de potássio	3	652,7993	217,6000	1,262	0,105 ^{NS}
Lâmina x Dose de potássio	9	3 503,4160	389,2684	2,258	0,0457*
Erro	30	5 171,5534	172,3851		
Coefficiente de variação (%)	16,25				
Média geral	80,78				

NS: não significativo. *: significativo a 5 % de probabilidade. **: significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade.

Alguns trabalhos da literatura, realizados com outras hortaliças, têm demonstrado que a eficiência no uso da água aumenta com o acréscimo da tensão da água no solo e/ou com o decréscimo da lâmina de água (MAROUELLI; SILVA; MORETTI, 2003; SÁ et al., 2005; VILAS BOAS et al., 2014). Analisando a interação entre lâmina de irrigação e doses de potássio (Figura 13), na cultura da cebola, fica evidente o decréscimo da eficiência no uso da água (EUA), com o aumento da lâmina de irrigação e com a diminuição das doses de potássio.

$$\text{EUA (kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}) = 128.2911 - 0.0648 * x - 0.1305 * y + 0.0006 * x * x - 0.0001 * x * y + 7.675E-5 * y * y$$

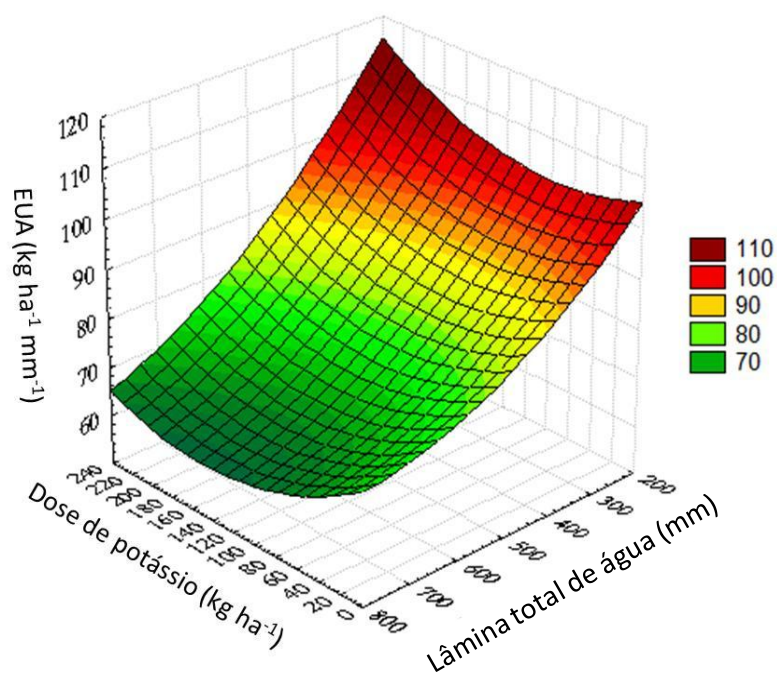


Figura 13 Representação gráfica da superfície de resposta da eficiência no uso de água (EUA, kg ha⁻¹ mm⁻¹), em função das lâminas de água (mm) e doses de potássio (kg ha⁻¹) para o cultivo da cebola

Vilas Boas et al. (2011), estudando o efeito de seis níveis críticos de tensões da água no solo, 15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa, sobre o desempenho de duas cultivares de cebola, submetidas à irrigação por gotejamento em Lavras-MG, mostraram que a eficiência no uso da água apresentou comportamento linear crescente com o aumento das tensões da água no solo, estudadas a 1% de probabilidade. O valor máximo encontrado para a eficiência no uso da água foi de $105,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ obtido na tensão de 75 kPa (tratamento correspondente à menor lâmina de água aplicada de 277 mm).

Os resultados deste estudo mostram uma máxima eficiência no uso de água quando trabalhando com lâmina de 254,4 mm (30 % da ECA) e dose de potássio de 240 kg ha^{-1} , no qual a eficiência foi de $126,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$.

Santa Olalla, Dominguez-Padilla e Lopez (2004) ao avaliarem quantidades de água no cultivo da cebola em clima semiárido, obtiveram valores de eficiência no uso da água, variando de 91,6 a $116,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ e as diferenças entre os tratamentos não mostraram ser significativas. Entretanto, esses autores relataram que, de maneira geral, quanto menor o volume de água aplicado maior à eficiência alcançada.

4.7 Teor de matéria seca de bulbos comerciais

A Tabela 9 apresenta o resumo da análise de variância, verifica-se diferença significativa a 1 % de probabilidade, para o teor de matéria seca de bulbos comerciais, com relação ao fator dose de potássio. Para o fator lâmina de água e entre a interação dos fatores, não foram detectadas diferenças significativas.

Tabela 9 Resumo da análise de variância e de regressão para teor de matéria seca de bulbos comerciais (%) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	1,3172	0,6586	1,133	0,3353 ^{NS}
Lâmina	3	2,5159	0,8386	1,443	0,2498 ^{NS}
Dose de potássio	3	13,2697	4,4232	7,613	0,0006 ^{**}
Lâmina x Dose de potássio	9	9,0986	1,0109	1,740	0,1231 ^{NS}
Erro	30	17,4311	0,5810		
Coeficiente de variação (%)	7,03				
Média geral	10,84				
Linear	1	0,5959	0,5959	1,026	0,3190 ^{NS}
Quadrática	1	12,4549	12,4549	21,436	0 ^{**}
Desvio	1	0,2189	0,2189	0,377	0,5440 ^{NS}

ns: não significativo. **: significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade.

Apesar do teste estatístico não ter detectado diferença significativa para o fator lâmina de irrigação, com relação ao teor de matéria seca de bulbos comerciais, muitos trabalhos mostram que a produção de matéria seca de bulbos de cebola é dependente da aplicação adequada de água (ABU AWWAD, 1996; KORIEM et al., 1999; SAHA et al., 1997; SHOCK et al., 1998, 2000). Santa Olalla et al. (2004), avaliando quantidades de água no cultivo da cebola em clima semi-árido, também, não encontraram diferença significativa para o teor de matéria seca de bulbos.

Observa-se na Figura 14, uma resposta quadrática, com nível de significância de 1 % de probabilidade (Tabela 9), do teor de matéria seca presente nos bulbos comerciais em função da adubação potássica. O conteúdo de matéria seca é um importante fator de qualidade, principalmente, para a indústria de processamento, pois quanto maior o teor de matéria seca, menor é a quantidade de energia exigida para o processo de desidratação (SOARES, FINGER e MOSQUIM, 2004).

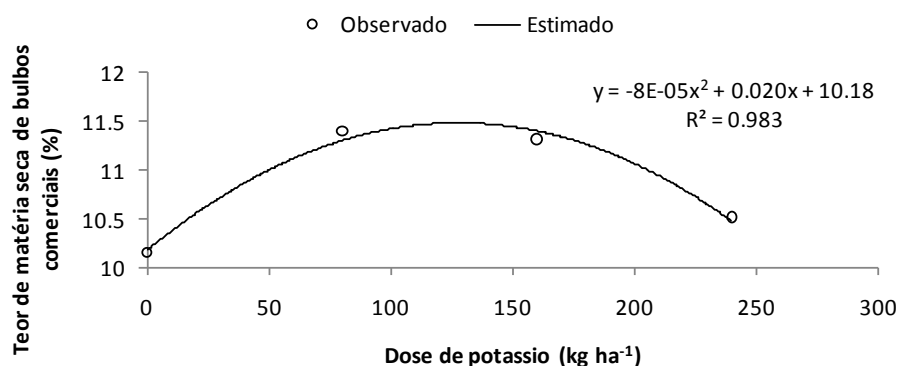


Figura 14 Teor de matéria seca de bulbos comerciais (%) de cebola em função das diferentes doses de potássio

A massa seca é constituída de 60 a 80 % de glicose, frutose, sacarose e uma série de oligossacarídeos conhecidos como frutano (DARBYSHIRE e HENRY, 1978), resultando desta forma maior rendimentos de bulbos para a industrialização, os bulbos com maior teor de matéria seca, encontraram-se na dose de 125 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme a Figura 14.

4.8 pH

De acordo com a análise de variância (Tabela 10), verifica-se diferença significativa a 1 % de probabilidade, para o pH, com relação ao fator dose de potássio. Para o fator lâmina e entre a interação dos fatores, não foram detectadas diferenças significativas. Valores elevados de pH indicam menor disponibilidade de tempo de armazenamento, como observado por Calbo et al. (1979). Valores baixos de pH podem estar associados a ocorrência de repouso e dormência dos bulbos e, portanto, contribui para aumento no tempo de armazenamento.

Tabela 10 Resumo da análise de variância e de regressão para pH de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	0,0082	0,0041	3,400	0,0467*
Lâmina	3	0,0009	0,0003	0,257	0,8562 ^{NS}
Dose de potássio	3	0,0439	0,0146	12,189	0**
Lâmina x Dose de potássio	9	0,0220	0,0024	2,037	0,0698 ^{NS}
Erro	30	0,0356	0,0012		
Coefficiente de variação (%)	0,64				
Média geral	5,41				
Linear	1	0,0230	0,0230	19,186	0**
Quadrática	1	0,0050	0,0050	4,171	0,05*
Desvio	1	0,0158	0,0158	13,211	0,001**

NS: não significativo. *: significativo a 5 % de probabilidade. **: significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade.

O pH foi fortemente influenciado pelas doses de potássio, o resultado do pH mostrou resposta quadrática, com nível de significância de 5 % (Tabela 10), indicando haver um acréscimo no valor do pH à medida que se aumentaram as doses de potássio. Nota-se que 98,8 % das variações ocorridas no pH, em função das dosagens de potássio aplicadas, são explicadas pela regressão quadrática (Figura 15), o maior valor de pH ocorreu com a maior dose, sendo de 5,45 e 240 kg ha⁻¹, respectivamente.

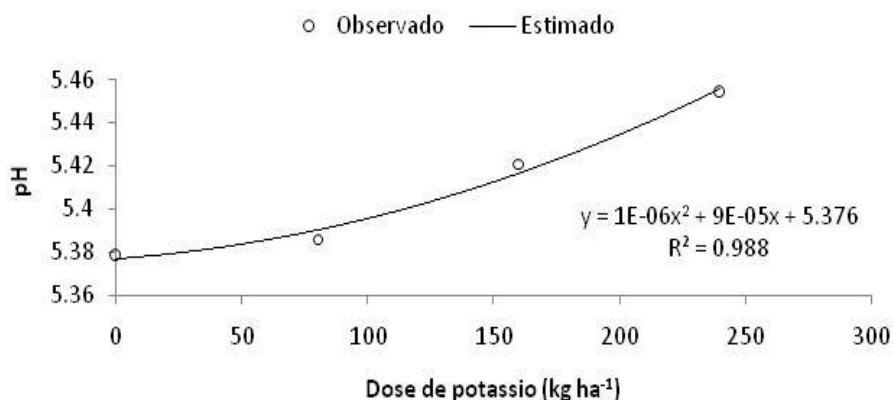


Figura 15 Valores de pH de cebola em função das diferentes doses de potássio

Todos os valores de pH obtidos no presente trabalho, foram muito próximos aos observados por Schunemann et al. (2006) quando avaliaram 18 genótipos de cebola no Vale do Itajaí-SC, tanto do sistema orgânico quanto do convencional, cujos valores de pH variaram de 5,44 até 5,61, porém não diferindo estatisticamente.

Resende et al. (2010), avaliando sistema de cultivo orgânico e convencional com seis cultivares de cebola, não obteve diferenças significativas para o pH com o sistema de cultivo, e com valores variando de 5,56 a 5,74.

4.9 Sólidos solúveis totais (SST)

Com base na análise de variância (Tabela 11), verificou-se não haver diferença significativa para os sólidos solúveis totais (% °Brix) com relação aos fatores dose de potássio, lâmina de irrigação e interação entre os fatores. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os sólidos solúveis correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em um determinado solvente, o qual, no caso dos alimentos, é a água. São constituídos, principalmente, por açúcares e

variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima, com valores médios entre 8 a 14 % °Brix (faixa de variação entre 2 a 25 % °Brix). Em cebolas, os valores de sólidos solúveis totais podem oscilar de 5 a 20 % °Brix (CARVALHO, 1980). O valor médio de sólidos solúveis totais encontrados neste trabalho foi de 9,74 % °Brix.

Tabela 11 Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais (% °Brix) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	1,0500	0,5252	1,631	0,2127 ^{NS}
Lâmina	3	2,5656	0,8552	2,655	0,0664 ^{NS}
Dose de potássio	3	0,6873	0,2290	0,711	0,5529 ^{NS}
Lâmina x Dose de potássio	9	2,5685	0,2854	0,886	0,5486 ^{NS}
Erro	30	9,6629	0,3221		
Coefficiente de variação (%)	5,83				
Média geral	9,74				

NS: não significativo.

Resende et al. (2010) avaliando um sistema de cultivo orgânico e convencional com seis cultivares de cebola, não obtiveram diferenças significativas para os sólidos solúveis totais com o sistema de cultivo, cujos valores variaram de 7,1 a 14,03 % °Brix. Os resultados corroboram com Chagas et al. (2004), que observaram menores concentrações em bulbos de cebola híbrida. Entretanto, os valores de sólidos solúveis variam em função principalmente da interação cultivar versus ambiente (RUTHERFORD e WITTLE, 1984; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

4.10 Acidez total titulável (ATT)

De acordo com a análise de variância (Tabela 12) verificou-se efeito significativo a 1 % de probabilidade, para acidez total titulável, em função das lâminas de irrigação. Com relação à interação dos fatores, foram detectadas diferenças significativas a 5 % de probabilidade, para esse parâmetro estudado.

Tabela 12 Resumo da análise de variância para acidez total titulável (% de ácido pirúvico) de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	0,0043	0,0021	3,308	0,0503 ^{NS}
Lâmina	3	0,0216	0,0072	11,129	0 ^{**}
Dose de potássio	3	0,0014	0,0004	0,696	0,5616 ^{NS}
Lâmina x Dose de potássio	9	0,0157	0,0017	2,702	0,0197 [*]
Erro	30	0,0194	0,0006		
Coeficiente de variação (%)	10,06				
Média geral	0,25				

NS: não significativo. *: significativo a 5 % de probabilidade. **: significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade.

Os ácidos orgânicos, geralmente, decrescem após o amadurecimento, a colheita e durante o armazenamento devido à oxidação para produção de energia no ciclo de Krebs (FENEMA, 1985). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), com o amadurecimento as hortaliças perdem rapidamente a acidez, e este atributo de qualidade pode ser utilizado, em conjunto com a doçura, como ponto do grau de maturação.

Resende et al. (2010), avaliando sistema de cultivo orgânico e convencional com seis cultivares de cebola, não obteve diferenças significativas para os acidez total titulável com o sistema de cultivo, e com valores variando de

0,21 a 0,46 % de ácido pirúvico, sendo não divergentes dos encontrados nessa pesquisa.

Analisando a interação entre lâmina de irrigação e doses de potássio (Figura 16), na cultura da cebola, fica evidente o aumento da acidez total titulável, com a combinação das menores lâminas de irrigação e doses de potássio.

$$\text{ATT (\% ácido pirúvico)} = 0.2868 + 8.6292E-5 * x - 0.0004 * y - 2.2549E-7 * x * x + 4.345E-7 * x * y + 4.5865E-7 * y * y$$

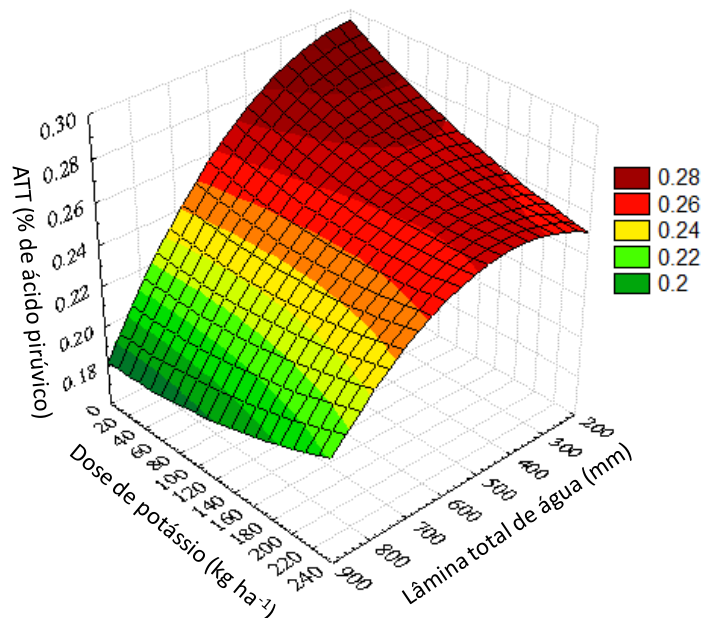


Figura 16 Representação gráfica da superfície de resposta da acidez total titulável (ATT % de ácido pirúvico), em função das lâminas de água (mm) e doses de potássio (kg ha⁻¹) para o cultivo da cebola

Os resultados obtidos neste experimento foram semelhantes aos obtidos por Chagas et al. (2004), que avaliando a acidez titulável, em algumas cultivares de cebola no sul de Minas Gerais, eles verificaram teores elevados dos ácidos

orgânicos nas cebolas vermelho-amarelas como Crioula, Pira Ouro, Baia Piriforme e Jubileu (0,35; 0,42; 0,34; 0,35 % de ácido pirúvico, respectivamente) e para amarelas Granex 33 e Texas Grano 502 (0,22 e 0,21 % de ácido pirúvico, respectivamente).

Miguel et al. (2004) sugerem que as cebolas podem ser classificadas mediante a combinação entre os teores de sólidos solúveis (SS), a acidez total (AT) e a atividade da aliinase, enzima responsável pela liberação de compostos que resultam na pungência. Segundo os autores, para que uma cebola seja considerada “muito pouco picante”, deve apresentar níveis intermediários de atividade da aliinase (0,40 – 0,60 % de ácido pirúvico) e de AT (0,3 - 0,2 % de ácido pirúvico), mas alto teor de SS (> 9 % °Brix), valores de acidez total e sólidos solúveis, semelhantes podem ser observados neste estudo.

4.11 Relação sólidos solúveis totais / acidez total titulável (SST/ATT)

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) a acidez titulável relaciona-se com os teores de sólidos solúveis, e é uma característica importante para se avaliar a qualidade pós-colheita das hortaliças. A relação SST/ATT nas hortaliças pode ser considerada como um critério de avaliação do aroma e sabor; e seu aumento pode significar incremento do sabor, além de ser indicativo do nível de amadurecimento.

De acordo com a análise de variância (Tabela 13) verificou-se efeito significativo a 1 % de probabilidade para a relação sólidos solúveis totais / acidez total titulável, com relação ao fator lâminas de irrigação. Para a interação dos fatores, foram detectadas diferenças significativas a 5 % de probabilidade, para esse parâmetro estudado.

Tabela 13 Resumo da análise de variância para a relação sólidos solúveis totais / acidez total titulável de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	31,1369	15,5685	1,472	0,2457 ^{NS}
Lâmina	3	341,1460	113,7153	10,748	0 ^{**}
Dose de potássio	3	8,6586	2,8862	0,273	0,8446 ^{NS}
Lâmina x Dose de potássio	9	288,7260	32,0807	3,032	0,01060 [*]
Erro	30	317,3898	10,5797		
Coeficiente de variação (%)	8,32				
Média geral	39,11				

NS: não significativo. *: significativo a 5 % de probabilidade. **: significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade.

A média geral obtida neste experimento foi de 39,11 enquanto que, Araújo et al. (2004), encontraram para genótipos de cebola em cultivo orgânico, valor médio de 27 para a relação sólidos solúveis totais / acidez total titulável. Segundo Agusti (2000), a razão entre sólidos solúveis totais / acidez titulável é uma característica que reflete as qualidades sensoriais de frutos, sendo conhecida também como índice de maturidade. Kluge e Cantillano (1997), em estudo realizado com ameixas cv. Amarelinha, afirmam que a relação SST/ATT superior a 30 indica a sobrematuração.

Analisando a interação entre lâmina de irrigação e doses de potássio (Figura 17), fica evidente o aumento da relação SST/ATT com a combinação das maiores lâminas de irrigação e menores doses de potássio, e menores valores da relação SST/ATT, quando se tem as menores lâminas combinadas com menores doses de potássio.

$$\text{SST/ATT} = 35.7194 - 0.0136 * x + 0.0503 * y + 3.2154 \text{E}^{-5} * x^2 - 6.6785 \text{E}^{-5} * x * y - 6.537 \text{E}^{-5} * y^2$$

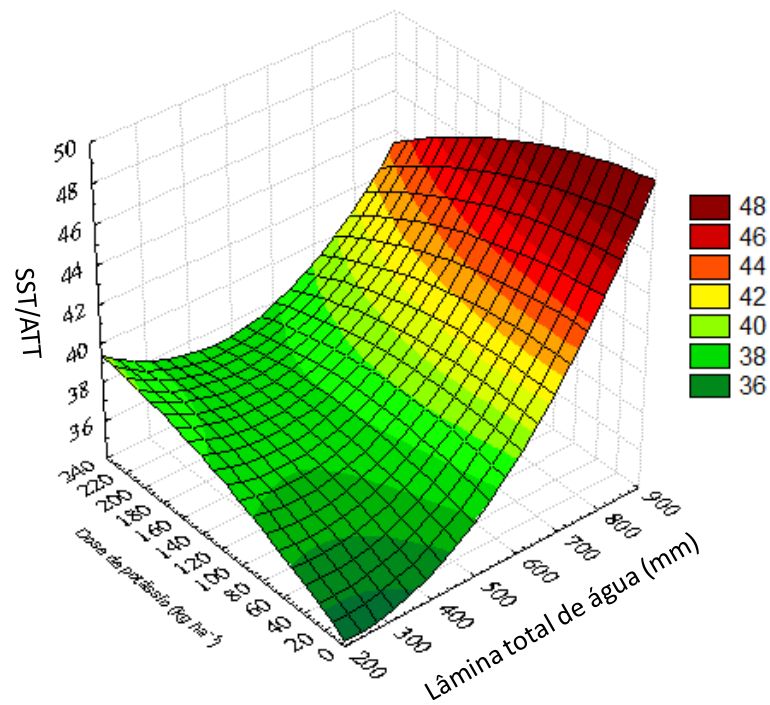


Figura 17 Representação gráfica da superfície de resposta da relação sólidos solúveis totais / acidez total titulável (SST/ATT), em função das lâminas de irrigação (mm) e doses de potássio (kg ha^{-1}) para o cultivo da cebola

4.12 Conservação pós-colheita

A avaliação da conservação pós-colheita foi representada pela perda de massa de bulbos. De acordo com a análise de variância (Tabela 14), verificou-se efeito significativo a 1 % de probabilidade para a perda de massa de bulbos de cebola, com relação ao fator lâmina, dias após cura e interação entre lâmina versus dias após cura.

Tabela 14 Resumo da análise de variância e de regressão para perda de massa de bulbos de cebola sob diferentes lâminas de água e doses de potássio, aos 10, 20, 30, 40, 80 e 100 dias após cura

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	4,10	2,05	1,26	0,30 ^{NS}
Lâmina	3	45,26	15,09	9,30	0 ^{**}
Potássio	3	5,64	1,88	1,16	0,35 ^{NS}
Lâmina x Potássio	9	20,45	2,27	1,40	0,26 ^{NS}
Erro 1	18	29,20	1,62		
Dias	5	1673,49	334,70	941,84	0 ^{**}
Lâmina x Dias	15	33,13	2,21	6,21	0 ^{**}
Potássio x Dias	15	1,61	0,11	0,30	0,99 ^{NS}
Lâmina x Potássio x Dias	45	12,43	0,28	0,78	0,84 ^{NS}
Erro 2	172	61,12	0,35		
Média geral	3,98				
Coefficiente de variação 1 (%)	32,04				
Coefficiente de variação 2 (%)	14,99				
Linear	1	1652,48	1652,48	4650,10	0 ^{**}
Quadrática	1	12,59	12,59	35,44	0 ^{**}
Desvio	2	0,09	0,05	0,13	0,87 ^{NS}

NS: não significativo. **: significativos a 1 % de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade.

A perda de massa nos bulbos foi influenciada pelos dias após cura, o resultado de perda de massa mostrou resposta linear com nível de significância de 1 % (Tabela 14), indicando haver um acréscimo na perda de massa de bulbos à medida que se aumentaram os dias após cura, observa-se que 98,7 % das variações ocorridas na perda de massa, em função dos dias após cura, são explicadas pela regressão linear (Figura 18). O valor máximo encontrado para a perda de massa foi de 8,31 % aos 100 dias após cura. Resultados semelhantes foram encontrados por Vilas Boas et al. (2011), no qual avaliaram o efeito de seis níveis críticos de tensão da água no solo em duas cultivares de cebola.

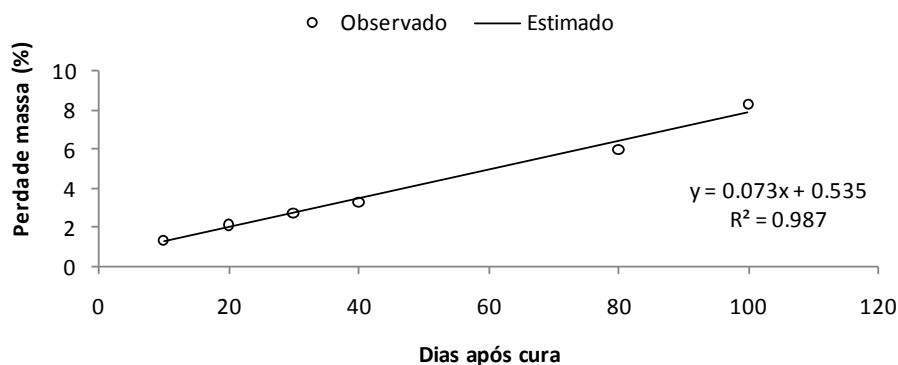


Figura 18 Valores de perda de massa (%) de cebola em função dos dias após cura

O comportamento linear crescente da perda de massa de bulbos com o aumento do tempo de armazenamento é ocasionado, principalmente, pela perda de umidade e de material de reserva pela transpiração e respiração, respectivamente (CHITARRA e CHITARRA, 1990). Lima et al. (2004), avaliando a qualidade e conservação pós-colheita de genótipos de cebola cultivados no Vale do São Francisco, também, encontraram aumento linear de perda de massa de bulbos durante o período de armazenamento sob temperatura ambiente, em todos os genótipos estudados.

Analisando a Tabela 14, a perda de massa foi influenciada pela lâmina de irrigação e pela interação lâmina de irrigação versus dias após cura, a um nível de significância de 1 % de probabilidade, o comportamento da interação pode ser observada na Figura 19. Possível observar que as maiores perdas de massa (%), ocorreram nos tratamentos que receberam menores lâminas de irrigação.

Ressalta-se, adicionalmente, que essa diferença pode estar ligada a fatores como, por exemplo, a espessura da casca. Segundo Apeland (1971), a casca da cebola funciona como uma barreira contra a perda de água.

$$\text{Perda de massa (\%)} = 2.9758 + 0.0627 * x - 0.0093 * y + 0.0003 * x * x - 4.2608E-5 * x * y + 9.65E-6 * y * y$$

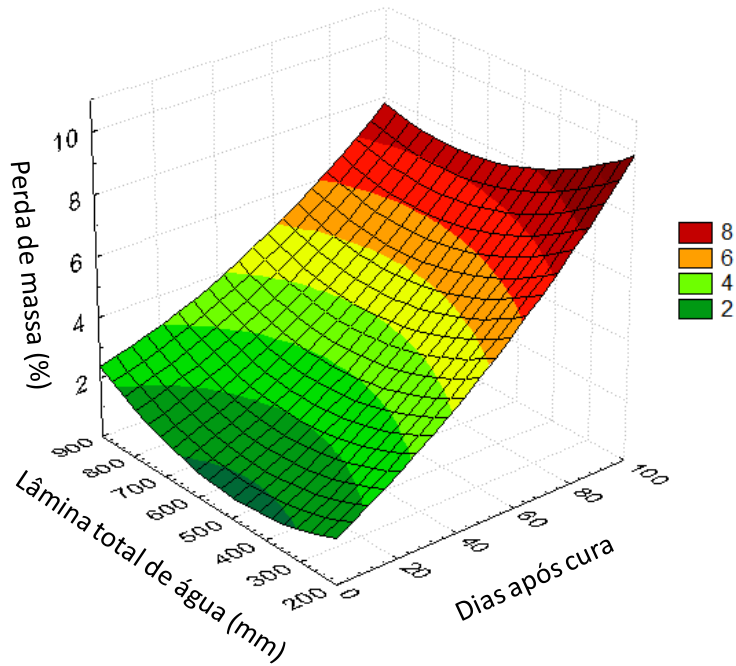


Figura 19 Representação gráfica da superfície de resposta da perda de massa (%) de cebola em função dos dias após cura e das lâminas de água

5 CONCLUSÕES

Diante das condições em que o experimento foi conduzido e dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

As lâminas de irrigação influenciaram de forma linear crescente as seguintes características: produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais e massa média de bulbos comerciais;

O valor máximo de produtividade de bulbos comerciais ocorreu com a fração de reposição de água de 135 % da ECA (795,6 mm), resultando em 51,2 t ha⁻¹.

As doses de potássio apresentaram resposta significativa, para as características: teor de matéria seca de bulbos comerciais e pH;

A interação entre as lâminas de irrigação e doses de potássio apresentaram resposta significativa, com relação às características: eficiência no uso de água, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável;

As lâminas de irrigação e as doses de potássio não influenciaram, nem isoladamente e nem em conjunto, os sólidos solúveis totais dos bulbos de cebola.

As perdas de massa dos bulbos pós-colheita, foram influenciadas pelo fator dias após cura, de forma crescente. Sendo o valor máximo encontrado de 8,31 %. O híbrido Bella Vista apresentou boa conservação pós-colheita, sendo uma alternativa para consumo in-natura.

A irrigação por gotejamento proporcionou maior eficiência na absorção do potássio presente no solo, justificando as doses aplicadas não apresentar resultados significativos.

REFERÊNCIAS

ABU AWWAD, A. M. Irrigation water management for onion trickle irrigated with saline drainage water. **Dirasat Series B. Pure and Applied Sciences**, Amman, v. 23, n. 1, p. 46-54, 1996.

AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2011. 482 p.

AGUSTÍ, M. **Crecimiento y maduración del fruto**. In: AZCÒN-BIETO, J.; TALÓN, M. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal**, Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona, p.419-433, 2000.

AKTAR, M. E.; BASHIR, K.; KHAN, M. Z.; KHOKLAR, K. M. Effect of potash application on yield of different varieties of onion (*Allium cepa* L.). **Asian Journal of Plant Science**, Islamabad, v.1, n.4, p.324-325, 2002.

ALVAREZ V. V.H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

APELAND, J. Effects of scale quality in physiological processes in onion. **Acta Horticulturae**, Den Haag, v. 20, p. 72-79, 1971.

ARAÚJO, J. F.; COSTA, N. D.; LIMA, M. A. C.; PEDREIRA, C. M.; SANTOS, C.; LEITE, W. M. Avaliação de genótipos em cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, jul. 2004. Suplemento. 1 CD-ROM.

ARAUJO, M. T.; PEREIRA, L. S.; SILVA, H. R.; MASCARENHAS, M. H. T. **Cultivo da cebola**. Brasília: EPAMIG/EMBRAPA/CODEVASF, 1997. Folder. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC**. 15. ed. Washington, 2 v. 1990.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2005. 611 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília: NS PI/EMBRAPA, 1992. 84 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Portaria n. 529 de 18 agosto de 1995. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília**, p. 13513, 1 set. 1995. Seção 1.

CALBO, A.G.; GUALBERTO, J.A.G.; CARVALHO, F.A.L. **Estudo do armazenamento de duas cultivares de cebola na unidade armazenadora de Belém do São Francisco**. Brasília: Embrapa, 1979. 19p.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 13 p. (Circular Técnica, 32).

CARVALHO, V. D. Características nutricionais, industriais e terapêuticas da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 62, p. 71-78, fev. 1980. CD-ROM.

CECÍLIO FILHO, A. B.; MARCOLINI, M. W.; MAY, A.; BARBOSA, J. C. Produtividade e classificação de bulbos de cebola em função da fertilização nitrogenada e potássica, em semeadura direta. **Científica**, Jaboticabal, v.38, n.1/2, p.14 – 22, 2010.

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

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Ver. Ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHOPADE, S. O.; BANSODE, P. N.; HIWASE, S. S. Studies on fertilizer and water management to onion. **PKV Research Journal**, Akola, v. 22, p. 44-47. 1998.

Coopercitrus Revista Agropecuária. Cebola: Terceira hortaliça mais produzida no mundo. São Paulo. Ed.303. 2012. <<http://www.revistacoopercitrus.com.br/?pag=materia&codigo=6177>> 15 Mai. 2014.

COSTA, N. D.; LEITE, D. L.; SANTOS, C. A. F.; FARIA, CANDEIA, J. A.; VIDIGAL, S. M. Cultivares de cebola. **Informe Agropecuário**, v. 23, n. 218, p. 20-27, 2002.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DARBYSHIRE, B.; HENRY, R.J. The distribution of fructans in onions. **New Phytologist**, v.81, p.29-34, 1978.

DOOREMBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 2000. 221 p. (Irrigação e Drenagem, 33).
e conservação pós-colheita de genótipos de cebola cultivados no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, jul. 2004. Suplemento.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed., Brasília, DF, 2013. p.353.

ENCISO, J. M.; JIFON, J.; WIEDENFELD, B. Subsurface drip irrigation of onions: effects of drip tape emitter spacing on yield and quality. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 92, n. 3, p. 1-7, 2007.

ENCISO, J.; WEIDENFELD, B.; JIFON, J.; NELSON, S. Onion yield and quality response to two irrigation scheduling strategies. **Scientia Horticulturae** v.120, p.301–305, 2009.

FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**. 1ª ed. New York, Marcel Dekke. 1985.

FERREIRA, D. F. . Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, A. S. T.; RESENDE, J. T. V.; HUNGER, H.; PAULA, J. T.; DIAS, D. M.; FARIA, M. V. Desempenho de genótipos comerciais de cebola cultivados em diferentes densidades populacionais. **Horticultura Brasileira**: 29 2265-2272. 2011.

FILGUEIRA, F. A. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna para a produção de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421 p.

FONTES, P. C. R. Cebola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 25, n. 2 2012, 88 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 26, n. 9 2013, 84 p.

KLUGE, R. A.; CANTILLANO, F. F. Influência de ésteres sacarose no armazenamento refrigerado de ameixas cv Amarelinha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 19, n.3, p.365-372, 1997.

KORIEEM, S. O.; EL-KOLIEY, M. M.; EL-SHEEKH, H. M. Effect of drought conditions on yield, quality and some water relationships of onion. **Journal of Agricultural Sciences**, Assiut, v. 30, n. 1, p. 75-84. 1999.

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

LIMA, M. A. C.; COSTA, N. D.; ABE, M. A.; TRINDADE, D. C. G. Qualidade LOPES, O. D.; KOBAYASHI, M. K.; OLIVEIRA, F. G.; ALVARENGA, I. C. A.; 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, p.548-553, 2011.

MALUF, W. R. **Produção de hortaliças I**. Lavras: UFLA, 2001. 70 p. Apostila.

MARQUELLI, W. A. Irrigação, Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, 5 ISSN 1678-____ Versão Eletrônica, Dezembro/2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/cebola/irrigacao.htm>> Acesso em: 09 de dezembro de 2014.

MARQUELLI, W. A.; COSTA, E. L.; SILVA, H. R. **Irrigação da cultura da cebola**. Brasília: Embrapa Hortaliças. (Circular técnica, V37, 2005).

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. Resposta do tomateiro para processamento a tensões de água no solo, sob irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 23, n. 1, p. 1-8. 2003.

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. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2001. 111 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1996. 72 p.

MAY, A. **Desempenho de híbridos de cebola em função da população de plantas e fertilização nitrogenada e potássica**. Jaboticabal-SP: UNESP. 2006. 142p. (Tese doutorado).

MAY, A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; PORTO, D. R. Q.; VARGAS, P. F.; BARBOSA, J. C. Produtividade de híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 53-59, jan./mar. 2007.

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

MIGUEL, A.C.A.; DURIGAN, M.F.B.; DURIGAN, J.F.; MORETTI, C.L. Postharvest quality of twelve onions cultivars grown in the southeast of Brazil. In: INTERNATIONAL ISHS SYMPOSIUM ON EDIBLE ALLIACEAE (ISEA), 4., 2004, Beijing. **Abstracts...** Beijing: ISHS, 2004. p. 235.

MOHANTY, B. B.; DAS, J. N. Response of rabi onion cv. Nasik Red to nitrogen and potassium fertilization. **Vegetable Science**, Varanasi, v.28, n.1, p.40-42, 2001.

OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; BISPO, R. C.; SANTOS, I. M. S.; LIMA, C. B. A.; CARVALHO, A. R. P. Coeficiente de cultura e produtividade da cebola submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG, v.17, n.9, p. 969–974, 2013.

PATEL, N.; RAJPUT, T. B. S. Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. **Irrigation Science**, New York, v. 27, n. 2, p. 97-108, Jan. 2009.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: USP/ESALQ, Depto. Física e Meteorologia, 1996. 513p.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Épocas de plantio e doses de nitrogênio e potássio na produtividade e armazenamento da cebola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 221-226, fev. 2008.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; PINTO, J. M. Rendimento e conservação pós-colheita de bulbos de cebola com doses de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 139-143, 2009.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; SOUZA, R. J. **Cultivo da Cebola no Nordeste**. (Clima). Versão eletrônica. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. Nov. 2007. 90 p.

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**. vol.69, n.2, p. 305-311. 2010.

RODRIGUES, G. B.; NAKADA, P. G.; SILVA, D. J. H.; DANTAS, G. G.; SANTOS, R. R. H. Desempenho de cultivares de cebola nos sistemas orgânico e convencional em Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 206-209. 2006.

RUTHERFORD, P.P.; WHITTLE, R. Methods of predicting the long-term storage of onions. **Journal of Horticultural Science**. v.59, p.537-543, 1984.

SÁ, N. S. A.; PEREIRA, G. M.; ALVARENGA, M. A. R.; MATTIOLI, W.; CARVALHO, J. A. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 341-347, 2005.

SAHA, U. K.; KHAN, M. S. I.; HAIDER, J.; SAHA, R. R. Yield and water use of onion under different irrigation schedules in Bangladesh. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, v.41, p.268-274, 1997.

SANTA OLALLA, F. M.; DOMINGUEZ-PADILLA, A.; LOPEZ, R. Production and quality of onion crop (*Allium cepa* L.) cultivated in semi-arid climate. **Agricultural Water Management**, Columbus, v. 68, p. 77-89, 2004.

SANTA OLALLA, F. M.; VALERO, J. A. J.; CORTES, C. F. Growth and production of onion crop (*Allium cepa* L.) under different irrigation scheduling. **European Journal of Agronomy**, Córdoba, v. 3, n. 1, p. 85-92, 1994.

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. **Revista Brasileira Agrociência**, v.12, p.77-80, 2006.

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; SAUNDERS, L. D. Onion yield and quality affected by soil water potential as irrigation threshold. **HortScience**, Alexandria, v. 33, n. 7, p. 1188-1191, Dec.1998.

SHOCK, C.C.; FEIBERT, E.B.G.; SAUNDERS, L.D. Irrigation criteria for ripirrigated onions. **HortScience**, v. 35, p. 63-66, 2000.

SOARES, V. L. F.; FINGER, F. L.; MOSQUIM, P. R. Influência do genótipo e do estágio de maturação na colheita sobre a matéria fresca, qualidade e cura dos bulbos de cebola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 18-22. 2004.

SOUZA, R. J.; RESENDE, G. M. **Cultura da cebola**. Lavras, MG: UFLA, 2002. 115 p. (Textos Acadêmicos - Olericultura, 21).

STANHILL, G. A comparison of methods of calculationg potential evapotranspiration from climatic data. **J. Agric. Res.** Israel, 11 (3-4) 159-171. 1961.

STATSOFT, Inc. (2004). **STATISTICA** (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

TAVARES, P. A. L. **Tecnologia do Irrigâmetro e da válvula intermitente para aspersor aplicada no perímetro irrigado do Jaíba**. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VERMEIREN, G. A.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Campina grande: UFPB, 1997. 184 p. (Irrigação e Drenagem, 36).

VIDIGAL, S. M.; COSTA, E. L.; MENDONÇA, J. L. **Cultivo da cebola irrigada na região Norte de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2001. 36 p. (Boletim Técnico, 62).

VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; SANTOS, M. R. Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 168-173, 2010.

VIDIGAL, S.M. **Adubação nitrogenada de cebola irrigada cultivada no verão** – Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 2000. 136 p. (Tese de Doutorado).

VILAS BOAS, R. C. **Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura da cebola**. 2010. 114 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

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**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 633-646. 2014.

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**, Campina Grande, vol. 15, n. 2, p. 117-124, 2011.

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**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 706-713, 2012.