

JÚLIO CEZAR MACHADO BAPTESTINI

**PRODUÇÃO DE CEBOLA SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS DE
ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO COM ADUBAÇÃO MOLIBDICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B222p
2013

Baptestini, Júlio Cezar Machado, 1982-

Produção de cebola submetida a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio com adubação molibdica / Júlio Cezar Machado Baptestini. – Viçosa, MG, 2013.
xi, 89f. : il. (algumas color) ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Rubens Alves de Oliveira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.73-84.

1. Cebola - Irrigação. 2. Irrigação. 3. Adubos e fertilizantes.
4. Nitrogênio. 5. Molibdênio. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 635.257

JÚLIO CEZAR MACHADO BAPTESTINI

**PRODUÇÃO DE CEBOLA SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS DE
ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO COM ADUBAÇÃO MOLIBDICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 29 de agosto de 2013

Sanzio Mollica vidigal
(Coorientador)

Igor Rodrigues de Assis

Carlos Augusto Brasileiro de Alencar

Silvio Bueno Pereira

Prof. Rubens Alves de Oliveira
(Orientador)

*Aos meus pais João e Luzia, à minha esposa Gheila, às
minhas irmãs Fernanda e Elizabeth e ao meu cunhado Maurício.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre comigo, conduzindo-me pelos caminhos corretos da vida.

Ao meu pai e à minha mãe, pela compreensão, pelo carinho, pela dedicação, confiança, educação, pelos conselhos, pelo apoio infinito e por tudo que sempre fizeram pensando na minha felicidade.

À Gheila, minha esposa, pelo amor, carinho, pela compreensão e pela minha felicidade, da qual faz parte.

Às minhas irmãs, pela convivência, pelos conselhos, puxões de orelha, cuidados e pela paciência que sempre tiveram comigo.

Ao Maurício, meu cunhado, pela amizade.

Ao meu primo Renan, com quem sempre pude contar nas minhas idas e vindas de Jacu.

Aos meus amigos de Jacu, ES, por terem sempre me recebido muito bem.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por meio do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização do Curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Rubens Alves de Oliveira, pela oportunidade de realizar este trabalho, pela amizade, confiança e orientação ao longo desses oito anos de trabalhos.

Ao Doutor Sanzio Mollica Vidigal, pela participação no desenvolvimento do projeto, praticidade de sua orientação, pelos ensinamentos, pelas horas de discussão, pela confiança e amizade.

Ao Professor Mário Puiatti, pela atenção e colaboração, assistência e pelos esclarecimentos durante o trabalho.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon, pela ajuda em solucionar os mistérios da estatística.

Aos meus amigos e colegas de trabalho na área de Irrigação e Drenagem José Antônio e Cloves, pelos momentos de trabalho e pela descontração.

Aos estudantes que colaboram como estagiários no desenvolvimento do experimento (Lígia, Marina, Álvaro, Maíra, Átila, Íkaro e Tamires), pela solidariedade.

Aos meus camaradas Luan, David “Peruano”, David, João Batista, Luiz, Eduardo “Baianinho”, Júnior, Baiana, Martinha, Antônio, Danilo, Reginaldo e Daniel, pela colaboração no experimento.

Aos meus amigos Raphael “BH”, Larissa, Valdeir “Júnior”, Juliana “Baiana”, Gustavo e Paola, pelos momentos de descontração nos bares e restaurantes de Viçosa.

A todos os meus amigos do Departamento de Engenharia Agrícola, por terem contribuído de alguma forma para a realização deste trabalho (Chicão, Eduardo, Danilo, José Mauro, Rosária, Edna, Rafaela, Claudenilson etc.).

Aos meus amigos do futebol, pelos momentos de descontração e descanso.

BIOGRAFIA

JÚLIO CEZAR MACHADO BAPTESTINI, filho de João Baptestini e Luzia Machado Baptestini, nasceu em Cachoeiro do Itapemirim, ES, em 27 de outubro de 1982.

Em março de 2003, ingressou no Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, concluindo-o em junho de 2008. Durante a graduação, foi bolsista de Extensão Universitária por dois anos pelo Programa PIBEX.

Em agosto de 2008, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, no Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, na área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais.

Em fevereiro de 2010, defendeu a dissertação de mestrado intitulada “Efeitos de Elementos Meteorológicos na Evapotranspiração Estimada pelo Irrigâmetro na Região Sul do Estado do Tocantins”, obtendo, assim, o título de *Magister Scientiae* em Engenharia Agrícola.

Em março de 2010, iniciou o Doutorado em Engenharia Agrícola, no Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, na área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, submetendo-se à defesa da tese em 29 de agosto de 2013.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Cultura da cebola.....	4
2.2. Irrigação.....	6
2.3. Irrigametro.....	8
2.4. Adubação.....	11
2.5. Coeficiente de cultura.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Avaliação da aplicação de diferentes lâminas de água e diferentes doses de nitrogênio na cultura da cebola, com e sem aplicação de molibdênio	15
3.1.1. Tratamento e delineamento experimental	15
3.1.2. Local e caracterização do experimento	16
3.1.3. Características do solo	16
3.1.4. Preparo dos canteiros	17
3.1.5. Plantio	18
3.1.6. Adubação.....	19
3.1.7. Manejo e condução da irrigação	20
3.1.8. Controles de plantas daninhas, pragas e doenças.....	22
3.1.9. Colheita	23
3.1.10. Efeitos dos fatores sobre a cultura	24
3.1.10.1 Produtividade total de bulbos.....	24
3.1.10.2 Produtividade comercial de bulbos	25

3.1.10.3	Porcentagem de matéria seca dos bulbos	25
3.1.10.4	Determinação do Brix	25
3.1.10.5	Avaliação do estado nutricional de nitrogênio na cebola com uso do medidor indireto de clorofila SPAD.	26
3.1.11	Análise estatística.....	28
3.2	Determinação do coeficiente de cultura da cebola com uso de lisímetros de drenagem	29
3.2.1	Local e caracterização do experimento	29
3.2.2	Plantio da cebola	30
3.2.3	Adubação.....	30
3.2.4	Irrigação	31
3.2.5	Drenagem	32
3.2.6	Evapotranspiração de referência (ET_o)	33
3.2.7	Evapotranspiração da cultura (ET_c)	34
3.2.8	Coeficiente de cultura	35
3.2.9	Colheita da cebola	35
3.2.10	Controles de plantas daninhas, pragas e doenças.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Avaliação da aplicação de diferentes lâminas de água e diferentes doses de nitrogênio na cultura da cebola, com e sem aplicação de molibdênio	37
4.1.1	Elementos meteorológicos	37
4.1.2	Produtividade total de bulbos.....	44
4.1.3	Produtividade comercial de bulbos	50
4.1.4	Matéria seca dos bulbos	55
4.1.5	Produtividade de matéria seca dos bulbos	59
4.1.6	Avaliação do estado nutricional de nitrogênio na cebola com uso do medidor indireto de clorofila SPAD.	61
4.1.7	Determinação do Brix	66
4.2	Determinação do coeficiente de cultura da cebola com uso de lisímetros de drenagem	69
4.2.1	Coeficiente de cultura da cebola	69
5	CONCLUSÕES	72
6	REFERÊNCIAS	73
	ANEXOS	85

RESUMO

BAPTESTINI, Júlio Cezar Machado, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2013. **Produção de cebola submetida a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio com adubação molibdica.** Orientador: Rubens Alves de Oliveira. Coorientadores: Sanzio Mollica Vidigal, Mário Puiatti e Paulo Roberto Cecon.

No Brasil, a cebola é considerada a terceira hortaliça mais importante em termos de valor econômico. Dos fatores de produção, a água e os nutrientes são aqueles que limitam a produtividade da cultura com maior intensidade. Desse modo, o controle da irrigação e da fertilidade do solo são critérios preponderantes para o êxito da agricultura. Nesse projeto, teve-se como objetivos: (a) avaliar a influência de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio sobre a produção da cultura da cebola, (b) verificar a influência da aplicação de molibdênio na redução da adubação nitrogenada na cultura da cebola, com uso de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio; e (c) determinar os valores dos coeficientes de cultura em cada estágio de desenvolvimento, com uso de lisímetros de drenagem. Foram conduzidos três experimentos, e os dois primeiros referem-se ao uso de lâminas de água e doses de nitrogênio, com e sem aplicação de molibdênio, enquanto que o terceiro foi referente à determinação do coeficiente de cultura para a cebola, com uso de lisímetros de drenagem. Foram coletadas amostras de solo para determinação das características físicas e químicas. Nos dois primeiros experimentos foi utilizado um cultivar híbrido, denominado Aquarius. O plantio foi feito em canteiros de 15 m de comprimento e 1 m de largura, com espaçamento entre linhas de 25 cm e entre plantas de 10 cm, sendo transplantadas duas plantas por cova. Foi adotado o esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em inteiramente casualizado (DIC) com quatro

repetições, tendo nas parcelas cinco lâminas de água (0; 75; 100; 125; e 150 % da ET_c) e nas subparcelas, cinco doses de nitrogênio (0; 120; 180; 240; e 300 kg ha⁻¹). Em um dos experimentos foi aplicada uma dose de molibdênio de 100 g ha⁻¹, enquanto no outro não foi realizada a adubação com molibdênio. A adubação nitrogenada foi realizada com o uso de ureia, sendo aplicados 10 % aos 15 dias após o transplante (DAT); 40 % aos 40 DAT e 50 % aos 60 DAT. O manejo da irrigação foi feito com o uso do Irrigâmetro. A irrigação foi realizada usando-se o método de aspersão. A colheita foi realizada quando mais de 60 % das plantas estavam estaladas. Foram avaliadas as seguintes características: produtividade total de bulbos, produtividade comercial, matéria seca nos bulbos, avaliação do estado nutricional da cebola com uso do SPAD e determinação do Brix. No terceiro experimento foi determinado o coeficiente de cultura da cebola (K_c), foi utilizada a variedade BRS 367 – Riva, sendo o plantio feito por semeadura direta no solo. Foram utilizados seis lisímetros de drenagem. As irrigações foram feitas diariamente com uso do método de aspersão. A lâmina drenada foi coletada diariamente em baldes e medida com o uso de uma proveta. A evapotranspiração de referência foi determinada usando dados meteorológicos coletados por uma estação meteorológica instalada próximo à área experimental, obtida com o uso do programa computacional REF-ET, baseado na equação de Penman-Monteith FAO 56. Os valores de K_c foram obtidos por meio da relação ET_c/ET_o . Com os resultados, pode-se concluir que: (a) A maior produtividade total de bulbos de cebola (69,6 t ha⁻¹) foi obtida com aplicação de 141,3 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 150 % da ET_c com uso de molibdênio. Sem esse micronutriente, deve-se aplicar 226,8 kg ha⁻¹ de nitrogênio com a mesma lâmina de irrigação; (b) A aplicação de molibdênio provocou diminuição de 61,9 % da necessidade de adubação nitrogenada da cultura da cebola, ocasionando aumento de 9,6 % na produtividade comercial de cebola; (c) O aumento da lâmina de água aplicada na cultura provoca diminuição do teor de matéria seca dos bulbos de cebola. No entanto, o incremento de 50 % na lâmina de água equivalente a 100 % da ET_c provocou aumento de 28,6 % na produção de matéria seca; e (d) os valores de K_c encontrados para a cultura da cebola, nos estádios I, II, III e IV, foram 1,12; 1,69; 2,51 e 1,50, respectivamente.

ABSTRACT

BAPTESTINI, Júlio Cezar Machado, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2013. **Onion production under different irrigation water and nitrogen to molybdenum fertilization.** Adviser: Rubens Alves de Oliveira. Co-Advisers: Sanzio Mollica Vidigal, Mário Puiatti and Paulo Roberto Cecon.

In Brazil, the onion is considered the third most important vegetable crop in terms of economic value. Production factors, water and nutrients are those that limit crop productivity with greater intensity. Thus, control of irrigation and soil fertility are predominant criteria for successful agriculture. In this project, had the following objectives: (a) evaluate the influence of different irrigation water and nitrogen on the yield of onion, (b) assess the effect of application of molybdenum in the reduction of nitrogen in the culture of onions, using different depths of water and nitrogen, and (c) determine the values of crop coefficients in each stage of development, using drainage lysimeters. Three experiments were conducted, and the first two refer to the use of irrigation water and nitrogen, with and without application of molybdenum, while the third was related to the determination of crop coefficient for the onion, using lysimeters drainage. Soil samples were collected for determination of physical and chemical characteristics. In the first two experiments we used a hybrid cultivar, called Aquarius. The planting was done in plots of 15 m long and 1 m wide, with row spacing of 25 cm between plants and 10 cm, being transplanted two plants per hill. We adopted a split-plot, in randomized completely randomized (CRD) with four replications in plots with five irrigations (0, 75, 100, 125 and 150 % of ET_c) and subplots to five doses of nitrogen (0, 120, 180, 240, and 300 $kg\ ha^{-1}$). In one of the experiments was applied a dose of 100 $g\ ha^{-1}$ de Mo, while the other was not performed with molybdenum fertilization. Nitrogen fertilization was performed with

the use of urea and 10 % applied at 15 days after transplanting (DAT), 40 % at 40 DAT and 50 % at 60 DAT. Irrigation management was done using the Irrigameter. Irrigation was carried out using the method of sprinkling. Plants were harvested when more than 60 % of the plants were clicked. We evaluated the following characteristics: Total yield, marketable yield, dry matter bulbs, assessment of nutritional status using the SPAD onion and determination of Brix. The third experiment was determined crop coefficient of onion (K_c) was used BRS 367 - Riva, and the planting done by direct sowing in the soil. We used six drainage lysimeters. The irrigations were made daily using the spray method. The blade drains was collected in pails and measured daily using a beaker. The reference evapotranspiration was determined using meteorological data collected by a weather station installed near the experimental area was obtained using the computer program REF - ET , based on the equation of Penman - Monteith FAO 56 . K_c values were obtained by ET_c / ET_o . With the results, we can conclude that: (a) The highest total yield of onion bulbs (69.6 t ha^{-1}) was obtained with application of 141.3 kg ha^{-1} nitrogen, with 150 % ET_c use of molybdenum. Without this micronutrient should apply 226.8 kg ha^{-1} nitrogen with the same water depth, (b) the application of molybdenum caused a reduction of 61.9 % of the need for nitrogen fertilization onion crop , leading to increased 9.6 % in the commercial onion ; (c) the increase of applied water in culture causes decreased dry matter content of onion . However, the 50 % increase in water depth equivalent to 100 % of ET_c caused 28.6 % increase in dry matter production, and (d) K_c values found for the onion crop, at I, II, III and IV were 1.12 , 1.69 , 2.51 and 1.50, respectively.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da cebola ocupa o terceiro lugar, entre as hortaliças, em importância econômica no mundo, sendo o Brasil o oitavo maior produtor com cerca de 2 % da oferta mundial (Coopercitrus, 2012). No Brasil, em termos de valor econômico, a cebola fica atrás apenas da batata e do tomate (MAY et al., 2007).

O cultivo da cultura da cebola no Brasil teve início no século XVIII no Rio Grande do Sul, introduzida pelos açorianos (Barbieri & Medeiros, 2005). A partir de acessos de cebola introduzidos da Europa foram selecionadas duas populações principais: Baía Periforme no Rio Grande do Sul e Crioula em Santa Catarina (BUZAR et al., 2007).

O Nordeste, devido às condições edafoclimáticas, oferece maiores vantagens comparativas às demais regiões produtoras de cebola do país, uma vez que permite o plantio durante o ano todo (GRANGEIRO et al., 2008).

Entre as práticas utilizadas para maximizar a produção de cebola, encontra-se a irrigação, que é usada para disponibilizar água à cultura, de acordo com suas necessidades fisiológicas. Vilas Boas et al. (2011b) destacaram que o manejo correto da irrigação é indispensável, podendo ser ajustado às condições momentâneas da cultura; e alguns trabalhos sobre a irrigação da cebola evidenciam que a produtividade de bulbos é altamente dependente da quantidade de água aplicada (SANTA OLALLA et al., 1994; SHOCK et al., 2000).

Além da irrigação, outra prática que deve ser utilizada no cultivo da cebola é a adubação, que deve ser feita de maneira adequada para atender à demanda nutricional da cultura.

A fertilização constitui uma das práticas agrícolas de maior retorno econômico, resultando em maiores rendimentos e em produtos mais uniformes e de maior valor comercial (RESENDE et al., 2009a).

O fato relevante de se determinar uma dose adequada de adubação às culturas relaciona-se às perdas por volatilização e lixiviação que ocorrem com nitrogênio e potássio, que, segundo Pôrto et al. (2007) e Vidigal et al. (2010b), são os mais absorvidos em termos de porcentagem na matéria seca da cebola.

A produção das culturas agrícolas é determinada por vários fatores, referentes ao solo, à planta e à atmosfera, que interagem entre si. Existe uma relação funcional entre esses fatores e a produção das culturas. A produção requer grande quantidade de insumos ou fatores de produção, tais como: água, fertilizantes, defensivos, herbicidas, sementes, máquinas, implementos agrícolas e disponibilidade de mão de obra durante todo o ciclo da cultura (ROCHA, 2003).

Além do nitrogênio, outro nutriente que tem grande importância no desenvolvimento da cultura da cebola é o molibdênio (Mo). Ele é essencial à nutrição das plantas, sendo constituinte de, pelo menos, cinco enzimas catalisadoras de reações no interior das células vegetativas, três destas (redutase do nitrato, nitrogenase e oxidase do sulfito) encontradas nas plantas (GUPTA E LIPSETT, 1981). A função mais importante do molibdênio está relacionada ao metabolismo do nitrogênio, ligada à ação ou ativação enzimática, principalmente das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato (DECHEN et al., 1991).

O uso da água na agricultura é fator muito importante para maximizar a produção de alimentos. A utilização correta dos métodos de irrigação depende da necessidade hídrica da cultura, do seu estágio de desenvolvimento e do tipo de solo.

Segundo Pinto et al. (2009), o conhecimento da dinâmica do consumo de água de uma cultura ao longo do seu ciclo de crescimento e desenvolvimento é fundamental para o manejo racional e eficiente da água.

A evapotranspiração é uma das principais informações necessárias para o manejo racional da irrigação e para fins de planejamento do uso da água em qualquer cultura. Entre as maneiras disponíveis para a estimativa do consumo de água pelas plantas, destaca-se o uso de coeficientes de cultura (K_c) associados à evapotranspiração de referência (ET_o) (MENDONÇA et al., 2007).

O coeficiente de cultura (K_c) representa a integração dos efeitos de três características que distinguem a ET_c da evapotranspiração de referência (ET_o): a

altura da cultura, a resistência de superfície e o albedo da superfície cultura-solo. Durante o período vegetativo, o valor de K_c varia com o desenvolvimento da cultura e com a fração de cobertura da superfície do solo, pela vegetação (OLIVEIRA et al., 2003).

Doorenbos e Pruitt (1977) apresentaram coeficientes de cultura para várias espécies de interesse agrônômico, inclusive a cebola, e recomendaram que sejam realizados estudos regionais, visando ajustar os valores dos coeficientes de cultura para as condições edafoclimáticas locais.

Diante desse contexto, objetivou-se:

- Avaliar a influência de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio sobre a produção da cultura da cebola.
- Verificar a influência da aplicação de molibdênio na redução da adubação nitrogenada na cultura da cebola, com uso de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio.
- Determinar os valores dos coeficientes de cultura da cebola (*Allium cepa* L.), em cada estágio de desenvolvimento da cultura, com uso de lisímetros de drenagem, para a região da Zona da Mata Mineira.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura da cebola

A cebola, originária da Ásia Central (Turquia, Irã e Paquistão) é considerada uma das mais antigas espécies cultivadas. Pertencente à família *Alliaceae*, é uma hortaliça basicamente consumida como condimento. Em termos nutricionais, a cebola apresenta alto teor de carboidratos, baixos teores de proteínas e quantidades razoáveis de riboflavina e cálcio, além de ser excelente fonte de vitaminas A, B e C, sendo seu odor característico o resultado de compostos sulfurosos com ação bacteriostática (RESENDE et al., 2002b).

O cultivo da cebola tem caráter tipicamente familiar, sendo responsável pela sobrevivência de um grande número de pequenos produtores que cultivam como única fonte de renda (VILELA et al., 2002).

Essa cultura apresenta o sistema radicular fasciculado, com até 200 raízes por planta, apresentando poucas ramificações. A maior parte das raízes está concentrada na camada de solo até 15 cm de profundidade, podendo atingir 80 cm. As folhas são subcilíndricas ocas (tubulares), lisas e cerosas.

A área de produção no Brasil é de 70.000 ha ano⁻¹, com rendimento, nos últimos anos, próximo de 19 t ha⁻¹, mas cultivos bem conduzidos têm rendimentos entre 40 e 60 t ha⁻¹ ou até mesmo superior (VIDIGAL et al., 2007).

A cebola, preferida por suas características condimentares e propriedades terapêuticas, é uma das olerícolas mais significativas, do ponto de vista de volume de consumo e valor econômico (LIMA E BULL, 2008).

No Brasil, ela é plantada desde a Região Sul até a Região Nordeste, destacando-se os Estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Paraná,

Bahia, Pernambuco e Minas Gerais, responsáveis pela quase totalidade da produção nacional (BOEING, 2002).

O sistema de cultivo de cebola por transplante de mudas é o mais difundido no Brasil, enquanto nos Estados Unidos e em diversos países da Europa a técnica de semeadura direta em áreas extensas é bastante utilizada (FONTES e SILVA, 2002). Esse último método é o mais econômico e está em expansão nos Estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo (FERREIRA, 2000).

Em 2012, a produtividade média nacional, de acordo com o IBGE (2013), foi de aproximadamente $24,7 \text{ t ha}^{-1}$, sendo feito o cultivo em uma área de 58.496 ha. A produtividade esperada para a safra 2013 é de aproximadamente $24,4 \text{ t ha}^{-1}$ tendo uma diminuição de 1,2 % na produtividade.

Em termos de produtividade média nacional, o Estado de Minas Gerais se destaca com 50 t ha^{-1} , em uma área cultivada de 2.200 ha (SEAPA, 2010). A produção mineira de cebola concentra-se principalmente na região do Triângulo/Alto Paranaíba e na região Norte de Minas, principalmente no Projeto Jaíba.

Segundo Vidigal e Facion (2006), a área total de produção de cebola na época de inverno, no Projeto Jaíba, varia de 100 a 300 ha, distribuídos em pequenas áreas de até 3 ha por produtor. No entanto, em 2004 houve redução na produção da região Norte de Minas, que passou a responder por apenas 5 %, e a região do Triângulo/Alto Paranaíba, que passou a responder por 81 % das 66.122 toneladas de cebola produzidas no Estado.

Em Minas Gerais são cultivados, em média, $2.000 \text{ ha ano}^{-1}$ de cebola concentrados na época de inverno, e a comercialização ocorre no período de maior oferta, quando são colocadas no mercado cebolas produzidas em outros Estados e também na Argentina (VILELA et al., 2005).

Em São Paulo e Minas Gerais, alguns produtores de cebolas têm obtido produtividades entre 40 e 60 t ha^{-1} . Na região do Alto Paranaíba, MG, produtores que utilizam o sistema de alta densidade de plantio em semeadura direta e irrigação por pivô central têm alcançado até 90 t ha^{-1} (MAROUELLI et al., 2005).

2.2. Irrigação

A irrigação é um dos fatores de maior importância na produção de cebola ou qualquer outra cultura. Ela é uma importante prática realizada para suprir a demanda hídrica da cultura e otimizar o seu desenvolvimento e produção. A falta de água no para a cultura caracteriza uma das principais restrições ao seu crescimento (Lopes et al., 2011).

Dos fatores de produção, a água e os nutrientes são aqueles que limitam a produtividade das culturas com maior intensidade. Desse modo, o controle da irrigação e da fertilidade do solo constitui-se o critério preponderante para o êxito da agricultura. A utilização das funções de resposta permite encontrar soluções úteis na otimização do uso da água e dos fertilizantes na agricultura ou na previsão da produtividade das culturas (FRIZZONE, 1998).

Como a maioria das hortaliças, a cebola apresenta mais de 90 % de água na sua constituição. Por ser considerada medianamente exigente em água, necessita do uso de irrigação para garantir alta produtividade, permitindo a obtenção de bulbos mais uniformes e de melhor qualidade.

No Brasil, irrigação por sulco, aspersão e irrigação localizada são os sistemas utilizados para irrigar a cultura da cebola, cada qual com características próprias, vantagens e desvantagens (EMBRAPA, 2007).

De acordo com Vilas-Boas et al. (2011b), o uso correto da irrigação é indispensável uma vez que pode ser ajustado às condições da cultura. Alguns autores apresentam que a produtividade de bulbos da cebola é altamente dependente da quantidade de água aplicada (SANTA- OLALLA et al., 1994;SHOCK et al., 2000).

Segundo Oliveira et al. (2013), apesar da dependência da cultura da cebola à irrigação, são poucas as informações acerca das reais necessidades hídricas da cultura, que possam subsidiar o manejo das irrigações e, desta forma, promover maiores rendimentos.

Irrigação por aspersão é o sistema mais utilizado para a cultura da cebola no Brasil. Mesmo em regiões que tradicionalmente utilizam sistemas de irrigação por superfície, a aspersão vem sendo adotada como uma opção viável para garantir maior produtividade e qualidade de bulbo, aumentar a eficiência do uso de água e reduzir o uso de mão-de-obra. Em contrapartida, com a preocupação em nível 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, por ser mais eficiente na aplicação de água e de fertilizantes (NOGUEIRA et al., 1998).

A necessidade total de água da cultura depende das condições climáticas e do ciclo do cultivar, variando de 350 a 650 mm. A necessidade hídrica aumenta proporcionalmente ao crescimento das plantas, atingindo o máximo no estágio de bulbificação e diminuindo no estágio de maturação (MAROUELLI et al., 2005). Nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil, o consumo total de água varia de 350 a 550 mm (COSTA et al., 2002b).

Segundo Kumar et al. (2007), usando irrigação por microaspersão na cultura da cebola, a massa média de bulbos é influenciada positivamente pelas lâminas de irrigação aplicadas, obtendo-se valores de massa média de bulbos de 52,1 g, no tratamento com aplicação de 451,3 mm de lâmina de irrigação.

A irrigação em excesso, além de favorecer a formação de bulbos duplos, prolonga o crescimento das folhas e atrasa o processo de maturação. Riekels (1977) ressaltou que atrasos na maturidade (5 a 19 dias) dos bulbos podem ser causados por excesso de irrigação.

Teores excessivos de água no solo concorrem intensamente para o decréscimo do desenvolvimento das plantas de cebola (KLAR et al., 1972).

Segundo Doorenbos e Kassam (2000), 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.

2.3. Irrigâmetro

O manejo da água é de grande importância na agricultura irrigada, pois permite ao produtor rural aplicar na lavoura a quantidade de água adequada para o pleno desenvolvimento das plantas no momento correto.

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 a economia de água. A água transporta os nutrientes e seu excesso pode afastá-los das raízes (TAVARES, 2009).

A prática da irrigação visa promover aumento de produtividade e de qualidade dos produtos, com conseqüente aumento na rentabilidade da propriedade agrícola. Contudo, o uso dessa tecnologia deve ser criteriosamente analisado, visto que a irrigação vai além da simples aplicação de água às plantas, sendo um dos componentes do sistema de produção que interagem entre si para gerar aumento de rentabilidade do empreendimento agrícola.

Uma tecnologia desenvolvida com o objetivo de facilitar o manejo da água na agricultura e sua condução pelo próprio operador do sistema de irrigação é o Irrigâmetro. Este aparelho possibilita otimizar o uso da água na agricultura irrigada. Essa otimização é importante para a sociedade como um todo, tanto do ponto de vista ambiental, economizando água e energia e evitando degradação do meio ambiente, quanto do ponto de vista de geração de renda para o produtor rural, reduzindo custos e aumentando a produtividade das culturas e a disponibilidade de alimentos de melhor qualidade.

De acordo com Oliveira e Ramos (2008), a tecnologia do Irrigâmetro introduz grande simplicidade no manejo da água em áreas irrigadas. Nesse sentido, responde a certas questões básicas a respeito do manejo da irrigação: Quando irrigar? Qual a quantidade de água necessária à cultura? Qual o tempo de irrigação? E o que fazer no caso de ocorrência de chuva? Assim, o irrigante não precisa ter conhecimentos técnicos especializados sobre irrigação.

Em condições normais de manejo da irrigação com tanque universal Classe A, o operador mede a lâmina de água evaporada e a lâmina precipitada, com uso de

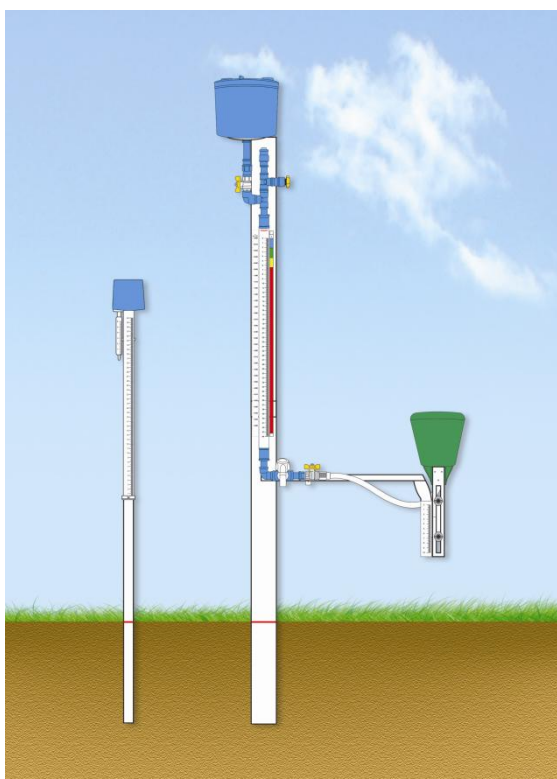
pluviômetro, e posteriormente efetua os cálculos necessários para determinar quando e quanto irrigar. Por outro lado, em condições de manejo da irrigação com uso do Irrigâmetro, a informação quanto ao momento e ao tempo de funcionamento do equipamento de irrigação, ou a sua velocidade de deslocamento, está prontamente disponível ao irrigante. Portanto, não é necessário ter conhecimento técnico nem efetuar cálculos, cuja complexidade pode dificultar o manejo da irrigação pelos irrigantes.

No caso de ocorrência de chuva, a lâmina precipitada é medida e computada facilmente pelo operador do Irrigâmetro, sabendo-se, em seguida, se ela foi suficiente ou não para suprir o déficit hídrico até então existente no solo, sem a necessidade de fazer cálculos.

De acordo com Oliveira e Ramos (2008), o manejo da irrigação com o uso do Irrigâmetro é realizado com o monitoramento de três escalas integradas ao aparelho. A escala laminar, que se constitui numa graduação existente no próprio tubo de alimentação do aparelho, possibilita medir a lâmina de água evapotranspirada. A escala da régua de manejo (sem graduação) possui quatro faixas verticais de coloração azul, verde, amarelo e vermelho, com a função de indicar o momento da irrigação, cujo modelo é dependente da sensibilidade da cultura ao déficit hídrico e de características físico-hídricas do solo da área irrigada. Tem-se também a escala da régua temporal ou percentual, que é graduada em horas e minutos ou em percentagem, respectivamente, sendo o modelo desta régua indicado de acordo com as características de aplicação de água do sistema de irrigação. Esta régua indica o tempo de funcionamento, no caso de aspersão convencional ou localizada, ou a velocidade de deslocamento do sistema de irrigação, no caso de pivô central ou sistema linear.

Na régua de manejo, as quatro faixas coloridas são indicadoras do momento de irrigar a cultura. Quando o nível da água no interior do tubo de alimentação encontra-se na direção da faixa azul ou da faixa verde, é indicativo de alta e boa disponibilidade de água no solo, respectivamente, não havendo necessidade de irrigar a cultura; na direção da faixa amarela, é recomendável irrigar; e caso o nível de água abaixe a ponto de atingir a faixa vermelha, o Irrigâmetro indicará ao produtor que o momento da irrigação já passou, podendo ocorrer redução na produtividade ou na qualidade da cultura que está sendo irrigada.

A figura seguinte mostra uma representação do Irrigâmetro, constituído por um evaporímetro e um pluviômetro.



Fonte: OLIVEIRA; RAMOS, 2008.

Figura 1 – Representação do Irrigâmetro equipado com evaporímetro (direita) e pluviômetro (esquerda).

O Irrigâmetro indica qual o momento e o tempo de irrigação, tornando o processo de manejo da irrigação mais simples aos agricultores. Ele tem-se mostrado capaz de estimar a evapotranspiração com boa precisão (OLIVEIRA et al., 2008), e esse processo depende diretamente dos elementos meteorológicos e suas inter-relações, associado ao correto ajuste do aparelho.

2.4. Adubação

O nitrogênio contribui marcadamente para a melhoria da produção de cebola, sendo absorvido em grandes quantidades, apenas superado pelo potássio (VIDIGAL et al., 2000).

Uma adubação nitrogenada realizada em quantidade e momento inadequados podem favorecer as perdas por volatilização e lixiviação e o menor aproveitamento pelas plantas. Por participar da constituição de proteínas, o nitrogênio contribui significativamente para a melhoria da produção e qualidade de bulbos de cebola (FACTOR et al., 2009).

De acordo com Filgueira (2003), o nitrogênio normalmente é o segundo macronutriente mais requerido pelas culturas olerícolas. Ele está presente na constituição de todas as moléculas de proteínas da célula. Porém, existe grande variação nos níveis nutricionais propostos para a cultura. Pode-se observar que a maioria dos valores está em torno de 100 kg ha^{-1} de nitrogênio, mas as respostas são variáveis, conforme as condições edafoclimáticas e formas de condução da lavoura.

A recomendação de adubação nitrogenada é mais difícil de ser realizada, se comparada com a de outros nutrientes. Essa dificuldade em se determinar a disponibilidade potencial do nitrogênio é devida à sua dinâmica altamente complexa no solo. Por essa razão, em Minas Gerais, têm sido utilizadas como referência as recomendações de adubação para as hortaliças, publicada pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), as quais não têm variado muito nos últimos 30 anos, principalmente quanto à adubação nitrogenada. Contudo, os produtores de hortaliças têm utilizado as mais diversas quantidades de N, sem nenhum critério, tanto no plantio quanto na cobertura. Na maioria das vezes, opta-se por doses elevadas que podem causar toxidez direta ou indireta às plantas, dependendo da fonte utilizada.

A adubação nitrogenada é de suma importância no cultivo de cebola, tendo grande correlação com a produtividade e qualidade do produto. Respostas positivas à aplicação de N na cultura da cebola têm sido relatadas por diversos autores nas doses de 150 kg ha^{-1} (SINGH et al., 2004), 200 kg ha^{-1} (NEERAJA et al., 2001), 136 kg ha^{-1} de N (LEE et al., 2003), enquanto Mandira e Khan (2003) obtiveram melhores rendimentos com 150 kg ha^{-1} de N. Boyhan et al. (2007) observaram que as melhores respostas quanto à produtividade foram obtidas com a dose de 263 kg ha^{-1} de N.

De acordo com Vidigal et al. (2010a), em experimento conduzido com diferentes aplicações de doses de nitrogênio em cebola (Optima F1), no município de São João Del Rei-MG, é recomendado que seja feita aplicação de 148 kg ha^{-1} de N, para que seja obtida maior eficiência na produção.

Segundo May et al. (2007), em experimento desenvolvido em São José do Rio Pardo-SP, para obtenção de produtividades máximas, de 71 t ha⁻¹ e 64,8 t ha⁻¹ para as cultivares Superex e Optima, devem ser fornecidas quantidades de 125 kg ha⁻¹ e 105 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Vidigal et al. (2000) citaram que algumas áreas de cultivo no Estado de Minas Gerais chegam a ser adubadas com 175 kg ha⁻¹ de nitrogênio para o cultivar Alfa Tropical, mas com baixa produtividade (20 t ha⁻¹), em razão da baixa tecnologia de cultivo empregada.

Apesar da resposta positiva à fertilização nitrogenada, a aplicação inadequada pode alterar o desenvolvimento das plantas, promovendo o engrossamento do pseudocaulo das plantas, reduzindo o valor comercial dos bulbos na comercialização (BREWSTER e BÜTLER, 1989). Tanto o excesso como a deficiência de N pode provocar a não formação de bulbos, principalmente quando o nitrogênio é aplicado na fase de crescimento do bulbo.

Outro tipo de adubação que tem sido estudado no cultivo de hortaliças é o uso de molibdênio. Alguns trabalhos têm relatado uma resposta diferencial de algumas espécies à maior disponibilidade de molibdênio. Malavolta e Kliemann (1985) encontraram respostas significativas na produtividade em alface, brócolis, beterraba, couve-flor, espinafre e repolho. Segundo Castellane et al. (1991), algumas das hortaliças mais exigentes em consumo de molibdênio são: couve-flor, brócolis, alface, beterraba, espinafre-europeu, nabo e tomate.

Em alguns casos, o Mo pode substituir parte da adubação nitrogenada de cobertura devido às suas funções metabólicas, favorecendo a assimilação do nitrogênio atmosférico e, ou, melhorando o aproveitamento do nitrogênio disponível na forma de nitrato (VIEIRA et al., 1998). Esse micronutriente tem sido empregado com grande frequência e sucesso na adubação do feijoeiro (VIEIRA et al., 1992; AMANE et al., 1994).

Segundo Ferreira et al. (2001) qualquer deficiência do elemento pode comprometer o metabolismo do nitrogênio, diminuindo o rendimento das culturas.

A aplicação de molibdênio pode não apresentar resposta na produtividade das culturas. Isso pode ocorrer devido ao teor deste nutriente no solo ser suficiente ao desenvolvimento da cultura. Essa ausência de resposta poderia ser também devido à época de aplicação que pode ser tardia para correção de possíveis deficiências (FERREIRA et al., 2001).

A condição química do solo é de suma importância na adubação com uso de molibdênio. Quanto maior a acidez, mais insolúvel fica o Mo; assim, mesmo estando presente no solo, a sua disponibilidade para as plantas diminui (FRANCO e DAY, 1980). No sentido inverso, a correção da acidez do solo pode corrigir a deficiência de Mo para as plantas (RUBIN, 1995).

No Brasil, poucas são as pesquisas realizadas sobre os efeitos do fornecimento isolado de molibdênio nas produções de hortaliças. Ao que parece, exceto para a espécie *Phaseolus vulgaris* L., que abrange o feijão para produção de grãos e o feijão-vagem, os trabalhos publicados envolvendo o uso de molibdênio em hortaliças são raros (CASTELLANE et al., 1991).

2.4. Coeficiente de cultura

A determinação do coeficiente de cultura (K_c) das plantas é de suma importância para o uso no manejo da irrigação. Cada estágio de desenvolvimento da cultura possui valor específico de K_c .

A quantificação da água a ser aplicada via irrigação, para cada cultura está associada à capacidade da superfície do solo e da vegetação de perder água para a atmosfera (SILVA et al., 2011).

O consumo de água das culturas pode ser obtido diretamente a partir da determinação da evapotranspiração da cultura, com o uso de evaporímetros ou, ainda, através de sua estimativa a partir da evapotranspiração de referência (ET_o), com o uso dos coeficientes de cultura, sendo esses determinados a partir da relação ET_c/ET_o .

A evapotranspiração da cultura (ET_c) é uma variável da irrigação e depende dos elementos meteorológicos, da cultura e do solo podendo ser medida diretamente (lisímetros) ou indiretamente (equações combinadas) por vários métodos (CHAVES et al., 2005).

Segundo Allen et al. (1998), o K_c é influenciado pela interação entre a altura da planta, albedo, propriedade aerodinâmica e a evaporação do solo.

Existem alguns trabalhos que foram realizados para determinação desses coeficientes. Porém, segundo Doorenbos e Pruitt (1977), há a necessidade de calibrar esses valores para condições climáticas específicas. Allen et al. (1998)

recomendaram que os valores de coeficiente de cultura e as durações do estádios de desenvolvimento sejam ajustados para cada região, de acordo com a cultura plantada, condições climáticas e as técnicas de cultivos utilizadas.

Silveira e Stone (2004) alegam haver na literatura nacional alguma variação entre os valores de K_c devido, possivelmente, ao cultivar utilizado e às práticas culturais adotadas.

Segundo Allen et al. (1998), os valores de K_c para a cultura da cebola em seus estádios inicial, médio e final são, respectivamente, 0,7; 1,05; e 0,75. De acordo com Santos et al. (2012), em experimento com o uso de lisímetro de lençol freático constante para estimativa do coeficiente de cultura da cebola na região de Juazeiro, BA, os valores de K_c encontrados para os estádios de desenvolvimento da cultura (I, II, III e IV) foram, respectivamente, 0,55; 0,64; 0,96; e 0,66. Segundo Marouelli et al. (2005), os valores de K_c recomendados para cada estágio de desenvolvimento da cultura, com uso de irrigação por gotejamento são, respectivamente, 0,60; 0,80; 0,95; e 0,65. Porém, esses valores devem ser determinados de acordo com as condições edafoclimáticas e de manejo da cultura, na região onde será feito o seu cultivo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em duas etapas, para avaliar os efeitos de aplicação de de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio na cultura da cebola, com e sem aplicação de molibdênio, e para determinar o coeficiente de cultura da cebola.

3.1. Avaliação da aplicação de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio com e sem aplicação de molibdênio, na cultura da cebola

3.1.1. Tratamento e delineamento experimental

Nesta etapa foram conduzidos dois experimentos distintos, um com aplicação de molibdênio e outro sem aplicação de molibdênio. Para os dois, foi adotando um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as cinco lâminas de água ($L_0 = 0\%$ da ET_c , $L_1 = 75\%$ da ET_c , $L_2 = 100\%$ da ET_c , $L_3 = 125\%$ da ET_c e $L_4 = 150\%$ da ET_c) e nas subparcelas, as cinco doses de nitrogênio ($D_0 = 0\text{ kg ha}^{-1}$, $D_1 = 120\text{ kg ha}^{-1}$, $D_2 = 180\text{ kg ha}^{-1}$, $D_3 = 240\text{ kg ha}^{-1}$ e $D_4 = 300\text{ kg ha}^{-1}$) no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições. Em um dos experimentos foi aplicada uma dose de molibdênio de 100 g ha^{-1} (CMo), enquanto no outro não foi realizada adubação com molibdênio (SMo), como apresentado na Figura 2. Cada repetição representou uma área de $0,5\text{ m}^2$ na superfície do canteiro, correspondendo a um total de 40 plantas. Nos dois experimentos, as parcelas e subparcelas tinham dimensões de 1 m de largura por 15 m e 3 m de comprimento, respectivamente. A área total dos dois experimentos foi de 531 m^2 . Ao eliminar as áreas ocupadas pelos corredores entre os canteiros, restou uma área efetiva de plantio

de 300 m². Em cada canteiro, as duas fileiras laterais de plantas e faixas de meio metro de comprimento, que separavam os diferentes tratamentos com doses de nitrogênio foram consideradas bordaduras.

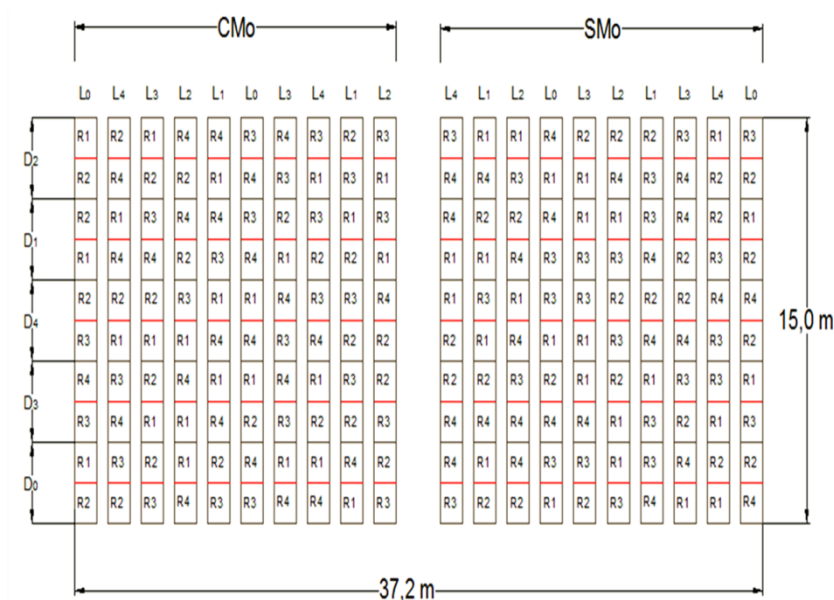


Figura 2 - Esquema experimental.

3.1.2. Local e caracterização do experimento

O estudo foi realizado na Área Experimental de Irrigação e Drenagem pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa, Minas Gerais, situada a 20° 45' de latitude Sul e 42° 51' de longitude Oeste, a uma altitude de 651 m. O clima da região é temperado quente, com inverno seco e verão chuvoso. A pluviosidade média anual é de 1.248 mm e a umidade anual relativa média do ar, 80,6 % (SOARES JÚNIOR, 2000). A temperatura média anual é de 19 °C (CASTRO et al., 1983). O solo da área de cultivo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, típico de terraços da Zona da Mata mineira (VICENTE et al., 2007).

3.1.3. Características do solo

Na etapa inicial de condução do projeto, foram coletadas amostras de solo em sete pontos aleatórios da área experimental, para determinação de suas características

físicas e químicas. As amostras foram retiradas na camada de 0 a 30 cm de profundidade, com o uso de um trado tipo holandês. As características químicas foram determinadas no Laboratório de Fertilidade do Solo, pertencente ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram determinados o pH, os teores disponíveis de P, K, Na e S e os teores trocáveis de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} e $\text{H} + \text{Al}$ segundo metodologias descritas pela EMBRAPA (2011).

Tabela 1 – Características químicas do solo da área experimental na camada de 0 a 30 cm de profundidade, antes do início do experimento

Camada (cm)	pH H_2O	P	K	Na	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Al^{+3}	H+Al	t	T	SB	V (%)
0-30	5,45	16,5	105	1,4	2,24	0,58	0,0	2,4	3,1	5,5	3,10	56,4

Tabela 2. Distribuição granulométrica e resultado das análises físico-hídrica do solo da área experimental

Camada (cm)	Distribuição Granulométrica (%)				θ (g g^{-1})		Densidade do solo (g cm^{-3})
	Argila	Silte	Areia Grossa	Areia Fina	Cc	Pm	
0-30	38	16	32	14	0,293	0,181	0,97

No Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da UFV, foram determinados os teores de água no solo na capacidade de campo (Cc) e no ponto de murcha permanente (Pm) com uso do extrator de Richards. Para determinação da capacidade de campo foi feita a média dos teores de água no solo obtidos nos potenciais matriciais de -10 e -30 kPa, enquanto que o ponto de murcha permanente foi obtido com potencial matricial de -1500 kPa. A densidade do solo foi determinada utilizando a metodologia do Tubo de PVC descrita por Oliveira e Ramos (2008).

3.1.4. Preparo dos canteiros

De acordo com os resultados da análise química do solo, foi feita a correção da acidez três meses antes do transplante das mudas para os canteiros. As adubações de estabelecimento e de manutenção ao longo do ciclo da cultura foram realizadas, segundo recomendações da CFSEMG (1999).

Foram realizadas uma aração profunda e duas gradagens, para quebra dos torrões e homogeneização do solo, facilitando a construção dos canteiros e o plantio das mudas.

Os canteiros foram construídos com o uso de uma rotoencanteiradora, ficando com 1 m de largura no topo, 15 m de comprimento, altura de 0,20 m e com espaçamento de aproximadamente 0,6 m entre eles, como apresentado na Figura 3.



Figura 3 - Preparo dos canteiros.

3.1.5. Plantio

Foi utilizado um cultivar híbrido, denominado Aquarius com formato arredondado, coloração amarela e pungência alta, cujo ciclo é de aproximadamente 150 dias.

A implantação da cultura foi feita por transplante das mudas produzidas em bandejas de isopor. O transplante foi realizado em canteiros, com quatro fileiras de plantas espaçadas de 0,25 m, com espaçamento de 0,10 m ao longo da fileira, sendo

usadas duas plantas por cova, totalizando 80 plantas por metro quadrado de canteiro. O transplante foi realizado no dia 3 de julho de 2012, 49 dias após a semeadura (DAS).

3.1.6. Adubação

A adubação nitrogenada foi realizada com o uso de ureia, sendo consideradas cinco doses: 0, 120, 180, 240 e 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Os parcelamentos das doses foram em três aplicações: 10 % aos 15 dias após o transplante (DAT), 40 % aos 40 DAT e 50 % aos 60 DAT, seguindo-se recomendações de Vidigal (2000). Além disso, em um dos experimentos, foi realizada a adubação com uso de molibdênio aplicando-se 100 g ha⁻¹, na forma de molibdato de sódio, aplicado por pulverização aos 40 DAT. A adubação potássica foi feita simultaneamente à nitrogenada, com aplicação de 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em cobertura, de acordo com a análise de solo. As adubações nitrogenadas e potássicas foram realizadas com o uso de um regador com um tubo de PVC de ½” de 25 cm de comprimento, todo perfurado, a ele acoplado (Figura 4). Elas foram realizadas individualmente em cada subparcela experimental (faixas de 3 m de comprimento nos canteiros). O adubo foi diluído em água, dentro de garrafas pet e posteriormente colocado dentro do regador para realização das adubações. Depois do término dessa atividade foram feitas irrigações para evitar perdas de nitrogênio por volatilização e queima das folhas das plantas devido ao contato direto com a solução.



Figura 4 - Adubação da cebola, com aplicação de adubos diluídos em água.

3.1.7. Manejo e condução da irrigação

O manejo da água de irrigação foi realizado utilizando a tecnologia do Irrigâmetro (Figura 5), instalado próximo à área experimental. Ele foi usado para estimar diretamente a evapotranspiração da cultura (ET_c), por meio das leituras em milímetros, na escala graduada do aparelho. O Irrigâmetro foi previamente ajustado para as características do solo e para a cultura da cebola, com modelo CMS da régua de manejo. A disponibilidade total de água do solo no local desse experimento corresponde a $1,1 \text{ mm cm}^{-1}$. Não foi utilizada a régua temporal no aparelho. Os níveis de água no evaporatório do Irrigâmetro, usados em cada estágio de desenvolvimento da cultura da cebola, estádios II e III, foram, respectivamente, 3,5 e 4,5 cm. Não foi considerado o nível do estágio I, pois no início do manejo da água de irrigação a cultura já estava no estágio de desenvolvimento II.

A partir da definição da lâmina de água da irrigação, foram realizados os cálculos dos volumes de água a serem aplicados em cada tratamento.



Figura 5 - Irrigâmetro usado no experimento.

A irrigação foi realizada usando-se cinco lâminas: 0, 75, 100, 125 e 150 % da ET_c . Ela foi feita com o uso de um tubo de PVC perfurado com comprimento igual à largura da parcela experimental (1,0 m) e diâmetro de 32 mm. Os furos estavam espaçados de 1 cm. Esse tubo foi acoplado a um hidrômetro e a uma mangueira que eram alimentados, por gravidade, por um reservatório com capacidade de 3.000 L. O hidrômetro foi usado para medir o volume de água aplicado na parcela experimental, com base na lâmina de água recomendada pelo Irrigâmetro. O procedimento utilizado no momento da irrigação está apresentado na Figura 6.



Figura 6 – Método de aplicação das lâminas de irrigação.

Inicialmente era realizada a leitura da ET_c com o uso do Irrigâmetro e, em seguida, calculado o volume de água a ser aplicado a cada lâmina. Tendo sido determinados esses volumes, uma pessoa treinada para se deslocar com velocidade constante arrastava o sistema de irrigação sobre o canteiro (parcela experimental) até que todo o volume necessário fosse aplicado. O operador do sistema deslocava-se nas duas direções com a velocidade necessária para que não ocorresse empoçamento da água sobre a superfície dos canteiros.

Para verificação da distribuição da água nos canteiros, foi realizado um teste de uniformidade de distribuição de água, utilizando-se a metodologia proposta por Christiansen (1942). Foram instaladas cinco linhas de coletores uma em cada subparcela, sendo os coletores colocados nas linhas de plantio. Com esse teste foi encontrado um valor de CUC de 91,3 %. Segundo Merriam e Keller (1978), valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) acima de 90 % podem ser considerados excelentes para irrigação por aspersão.

Na Figura 7 está apresentado um esquema da realização do teste de uniformidade.

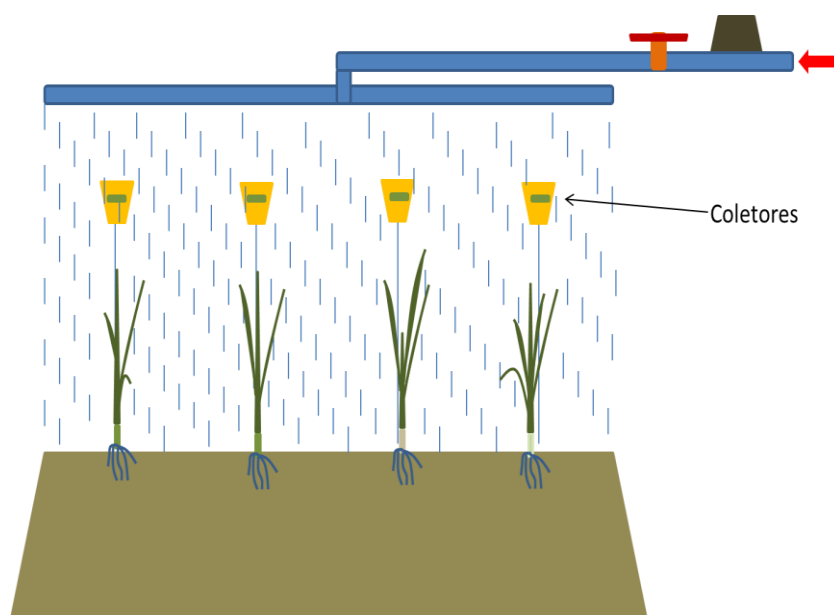


Figura 7 – Disposição dos coletores na subparcela, para avaliação da uniformidade de aplicação de água.

3.1.8. Controles de plantas daninhas, pragas e doenças

O controle das plantas daninhas foi feito com o uso de capinas manuais rotineiras, enquanto as pragas e doenças associadas à cultura foram controladas com o uso de inseticidas e fungicidas, aplicados por meio de pulverização sobre as plantas a cada 15 dias, fazendo-se rotação entre os produtos.

Foram aplicados Decis 25 EC - contra Thripes e outros insetos, Rovral SC e Folicur contra mancha-púrpura e Manzate WG e Ridomil Gold contra míldio.

Na Figura 8 está apresentado o mecanismo que foi utilizado nas pulverizações. Esse equipamento é constituído por um pulverizador costal acoplado sobre uma estrutura com roda que aciona o sistema de compressão de ar do pulverizador. Além disso, ele possui quatro bicos de pulverização, cada um sobrepondo uma linha de plantas, aumentando, assim, a eficiência de aplicação dos produtos químicos.



Figura 8 - Pulverização de produtos químicos na cultura da cebola.

3.1.9. Colheita

A colheita foi realizada no dia 12 de outubro de 2012, quando mais de 60 % das plantas já tinham estalado. Elas foram arrancadas manualmente, colocadas em sacos identificados e pendurados sob um abrigo coberto, para a complementação do processo de cura. Em seguida, foi feito o toalete, com a eliminação da parte aérea e das raízes e a classificação dos bulbos sem defeitos em quatro classes, de acordo com a Tabela 3. A produção não comercial correspondeu aos bulbos com diâmetro menor que 35 mm e aos bulbos desqualificados devido à ocorrência de podridões e bulbos malformados, rachados e danificados pelo ataque de pragas.

Tabela 3 - Classificação dos bulbos de cebola sem defeitos, de acordo com o maior diâmetro transversal¹

Classe (Calibre)	Classificação	Diâmetro (mm)
2	Pequeno	$35 \leq D < 50$
3	Médio	$50 \leq D < 70$
4	Grande	$70 \leq D < 90$
5	Extra grande	$D > 90$

¹ Portaria Ministerial n.º 529, de 18 de agosto de 1995, do MARA.

3.1.10. Efeitos dos fatores sobre a cultura

Para estudar os efeitos dos fatores sobre a produção da cebola, avaliou-se:

- a) Produtividade total de bulbos ($t\ ha^{-1}$).
- b) Produtividade comercial ($t\ ha^{-1}$).
- c) Porcentagem de matéria seca dos bulbos.
- d) Determinação do Brix.
- e) Avaliação do estado nutricional de nitrogênio na cebola com uso do medidor indireto de clorofila SPAD.

3.1.10.1. Produtividade total de bulbos

Na determinação da produtividade total de bulbos de cebola foram considerados todos os bulbos colhidos em cada repetição, incluindo cebolas com bulbos duplos, com ataque de fungos, podres ou qualquer tipo de defeito.

Sendo o plantio feito em canteiros, logo, foi considerada uma área efetiva de plantio de 80 % da área total. Sendo assim, o cálculo da produtividade total foi realizado dividindo-se a massa total de bulbos pela área de 0,5 m² de canteiro, correspondente a cada repetição e multiplicando-a por 0,8 (fator que correspondente à área efetiva de plantio).

Calculou-se o incremento relativo na produtividade advinda da adubação nitrogenada (IRPAN). Para tal utilizou-se a diferença entre a produtividade máxima de bulbos (PM), em $kg\ ha^{-1}$ e a produtividade de bulbos com a dose zero (PB zero), dividida pela dose de N necessária para obter a produtividade máxima (PM), por meio da fórmula: $IRPAN = (PM - PB\ zero) / (dose\ para\ PM)$

Foi calculado o incremento relativo na produtividade advinda da lâmina de água aplicada (IRPLA). Para tal utilizou-se a diferença entre a produtividade máxima de bulbos (PM), em $kg\ ha^{-1}$ e a produtividade de bulbos com a lâmina zero (PB zero), dividida pela lâmina água necessária para obter a produtividade máxima (PM), por meio da fórmula: $IRPLA = (PM - PB\ zero) / (lâmina\ para\ PM)$

Além disso, foram feitas simulações considerando 100 % da área plantada. Isso ocorre em algumas regiões de cultivo de cebola.

3.1.10.2. Produtividade comercial de bulbos

Para determinação da produtividade comercial de cebola, foi levada em consideração a classificação da Portaria Ministerial n.º 529, de 18 de agosto de 1995, do MARA. Essa classificação mostra que é considerada comercial a produtividade representada por bulbos de diâmetro maior que 3,5 cm. Foram excluídos os bulbos com qualquer tipo de defeito físico (podridão, bulbos duplos, etc).

A produtividade comercial foi determinada dividindo-se a massa de bulbos comerciais pela área de 0,5 m² de canteiro, correspondente a cada repetição e multiplicando-a por 0,8 (fator que corresponde à área efetiva de plantio).

3.1.10.3. Porcentagem de matéria seca dos bulbos

Para determinação da porcentagem de matéria seca dos bulbos foram coletados, de cada repetição, três bulbos de cebola da classe com maior representação numérica. Esses bulbos foram pesados para obtenção de sua massa fresca, posteriormente picados em pequenos pedaços e colocados em uma estufa de circulação forçada com regulagem de temperatura em 70 °C por cinco dias para eliminação de toda água contida no material. Após a secagem, o material foi pesado novamente para obtenção da massa seca.

A porcentagem de matéria seca foi determinada dividindo-se a massa seca dos bulbos de cebola pela massa fresca dos mesmos.

3.1.10.4. Determinação do Brix

A determinação do Brix foi feita no caldo extraído da cebola efetuada com o uso de um refratômetro provido de correção de temperatura, devendo o valor final ser expresso a 20 °C.

Para determinação do Brix foi, ao acaso, coletada uma cebola de cada repetição de cada tratamento, totalizando quatro repetições por tratamento. As cebolas foram cortadas ao meio com o uso de uma faca, que era lavada com água destilada e seca, logo depois de realizado o corte de cada cebola. O extrato coletado

de cada cebola era colocado sobre o visor do espectrofotômetro e, logo após, efetuava-se a leitura, determinando o Brix.

3.1.10.5. Avaliação do estado nutricional de nitrogênio na cebola com uso do medidor indireto de clorofila SPAD

A medida indireta do teor de clorofila foi obtida com o auxílio de um medidor portátil, o clorofilômetro Chlorophyll meter, modelo SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development). O aparelho possui LEDs (Diodo Emissor de Luz) posicionados na ponta do medidor, que emitem luz na faixa do 600-700 nm (pico em 650 nm) e na faixa de 860 a 1.060 (pico em 940 nm) em sequência, quando o medidor está fechado. A luz vinda desses LEDs passa pela janela de emissão, parte passa através da folha, parte é absorvida e parte é refletida. A luz que passa pela folha entra na janela de recepção constituída por um SPD (Fotodíolo de Silicone) e é convertida em sinais elétricos, amplificados, e convertidos de sinais analógicos para digitais e processados, dando o valor lido em uma unidade denominada SPAD. A precisão do aparelho é de uma unidade SPAD para valores entre 0 e 50 unidades SPAD, ou seja, ele mede a intensidade da coloração verde da folha (quantidade de luz absorvida pela clorofila) e torna possível obter valores indiretos dos teores de clorofila presentes nas folhas.

As leituras com o uso do SPAD foram realizadas durante o turno da manhã, entre 9 e 10 h. Foram feitas oito repetições de leitura em cada tratamento do experimento. Essas leituras foram feitas no terço superior, em amostras de folhas adultas, totalmente desenvolvidas. O procedimento adotado na realização das leituras com SPAD está apresentado na Figura 9.



Figura 9 - Uso do SPAD.

3.1.11. Análise estatística

Os dados foram submetidos às análises de regressão. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão e no coeficiente de determinação (R^2). Para verificação do efeito do molibdênio, foi realizada a análise conjunta, adotando o teste Tukey a 10 % de probabilidade. Nas análises estatísticas empregou-se o programa “SAEG 9.0” (2006).

3.2. Determinação do coeficiente de cultura da cebola com uso de lisímetros de drenagem

3.2.1. Local e caracterização do experimento

O estudo foi realizado na Área Experimental de Irrigação e Drenagem pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa, Minas Gerais, situada a 20° 45' de latitude Sul e 42° 51' de longitude Oeste, a uma altitude de 651 m.

O experimento foi montado em uma área experimental de 5,5 m de largura por 6,3 m de comprimento, totalizando 34,65 m², onde se encontravam instalados seis lisímetros de drenagem, como mostrado na Figura 10. Os lisímetros utilizados foram caixas de cimento-amianto com área superficial de 1,68 m² e profundidade de 0,7 m, preenchidos com uma camada inferior de 0,05 m de brita zero, uma intermediária de 0,12 m de areia e uma camada superior com 0,50 m de solo. Além disso, foi deixado 0,03 m de altura dos lisímetros acima do nível do solo, para evitar entrada e saída de água via escoamento superficial. O solo utilizado foi proveniente de um Latossolo Vermelho-Amarelo, retirado na camada de 0,5 m de profundidade, tendo sido destorroado.



Figura 10 - Lisímetros de drenagem utilizados no experimento.

3.2.2. Plantio

O plantio foi realizado em fileiras de plantas distantes 0,25 m, com espaçamento de 0,10 m, entre plantas, ao longo da fileira, sendo usadas duas plantas por cova, o que correspondeu a uma população de 800 mil plantas por hectare. Foi utilizada a variedade BRS 367 – Riva, sendo a semeadura realizada de maneira direta na área do experimento. Essa variedade possui folhagem semi-ereta, com cerosidade forte e pseudocaule com diâmetro de cerca de 1,7 cm. Os bulbos têm massa média de 115 g e são de formato globular. A polpa é de coloração branca.

A marcação das covas foi realizada com o uso de um gabarito de madeira. As covas tinham formato de pirâmide invertida, com profundidade média de 2 cm. Após a marcação, foi colocada pequena quantidade de esterco bovino no fundo das covas, sobre o qual foram plantadas as sementes de cebola que, posteriormente, receberam uma fina camada de esterco bovino de aproximadamente 0,5 cm. No décimo sexto dia após a semeadura, foi feito o desbaste, deixando-se duas plantas por cova.

No experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DCI), com seis repetições.

3.2.3. Adubação

A princípio foi realizada uma adubação de plantio, 17 dias antes da semeadura, com a aplicação proporcional à área plantada de uma mistura de 1.500 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, 70 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio, 13 kg ha⁻¹ de ácido bórico e 20 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco. Essa mistura foi incorporada ao solo, com o uso de enxadão, a uma profundidade de aproximadamente 30 cm.

Além da adubação de plantio, foram realizadas adubações de cobertura ao longo do ciclo da cultura, quando foram aplicados nitrogênio na forma de ureia e potássio na forma de cloreto de potássio. A dose de nitrogênio usada foi de 180 kg ha⁻¹, parcelada em quatro aplicações (10 % aos 30 dias após a semeadura (DAS); 10 % aos 45 DAS, 30 % aos 60 DAS e 50 % aos 80 DAS), enquanto a dose de

cloreto de potássio foi de 250 kg ha^{-1} , parcelada em duas aplicações (50 % aos 30 DAS e 50 % aos 45 DAS).

A aplicação da adubação de cobertura foi feita com o uso de um regador, ao qual estava acoplado um tubo de PVC todo perfurado, que distribuía a solução nutritiva sobre o solo. A mistura de adubos foi diluída em água e, posteriormente, aplicada, como mostrado na Figura 11. Após as adubações eram realizadas irrigações para lavar a superfície das folhas de cebola, visando evitar a sua queima.



Figura 11 - Adubação de cobertura com o uso de regador.

3.2.4. Irrigação

O controle da lâmina de água aplicada à cultura da cebola nos lisímetros teve início 17 dias após a semeadura. Durante os 17 dias, para que houvesse bom desenvolvimento da cultura, foi instalado um sistema de irrigação por microaspersão, que foi usado para a realização das irrigações duas vezes por dia, às 9 e às 17 h.

As irrigações foram realizadas todos os dias, durante o ciclo da cultura. Foram feitas com o uso de mangueira acoplada a um hidrômetro previamente calibrado e a um tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ " perfurado na parte inferior, com espaçamento de 1 cm entre os furos, simulando irrigação por aspersão.

A lâmina de água aplicada foi determinada de acordo com a equação seguinte:

$$L = \frac{V}{A} \quad (1)$$

em que:

L = lâmina de água, mm;

V = volume de água aplicado, L; e

A = área do lisímetro, m².

3.2.5. Drenagem

Da mesma forma que as irrigações, as medições de drenagem foram feitas diariamente, para que fosse possível calcular a evapotranspiração diária da cultura. A coleta da água de drenagem foi realizada com o auxílio de uma tubulação de PVC de ½”, toda perfurada, instalada no fundo de cada lisímetro, direcionando-a para dentro de um abrigo, onde era coletada em baldes e, posteriormente, medido seu volume com o uso de uma proveta (Figura 12).



Figura 12 - Baldes utilizados na coleta da água e medição do volume de drenagem.

3.2.6. Evapotranspiração de referência (ET_o)

Na área experimental foi instalada uma estação meteorológica automática da marca DAVIS, modelo Vantage Pro II, utilizada na coleta dos dados horários de radiação, umidade relativa, velocidade do vento e temperatura do ar, necessários para a determinação da evapotranspiração de referência (ET_o).

Na determinação da evapotranspiração horária foi utilizado o programa computacional REF-ET (ALLEN, 2000), com a aplicação do método-padrão de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN, 1998), de acordo com a equação 2. A evapotranspiração diária estimada pelo método de Penman-Montheith – FAO 56 foi determinada integralizando-se os valores de evapotranspiração horária do período entre 9 h de um dia até as 9 h do dia seguinte, uma vez que as irrigações e as leituras de drenagem nos lisímetros eram feitas no intervalo entre 8h30 e 9 h.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{37}{T_a + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

em que:

ET_o = evapotranspiração de referência, mm h⁻¹;

R_n = saldo de radiação na superfície, MJ m⁻² h⁻¹;

G = densidade do fluxo de calor no solo, MJ m⁻² h⁻¹;

T_a = temperatura média do ar diária, °C;

U₂ = velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;

e_s = pressão de saturação de vapor, kPa;

e_a = pressão parcial de vapor, kPa;

Δ = declividade da curva de pressão de saturação de vapor, kPa °C⁻¹; e

γ = coeficiente psicrométrico, kPa °C⁻¹.

3.2.7. Evapotranspiração da cultura (ET_c)

A ET_c foi determinada a partir do balanço hídrico, que tem seu fundamento na Lei da Conservação das Massas, como apresentado na equação 3.

$$P + I - D - ET_c = \pm\Delta h \quad (3)$$

em que:

P = precipitação pluvial, mm;

I = lâmina de água de irrigação, mm;

D = lâmina de drenagem profunda, mm;

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm; e

Δh = variação da armazenagem da água no solo, em mm.

Durante os eventos de precipitação, foram colocadas coberturas sobre os lisímetros para impedir a entrada de água das chuvas. Dessa forma, a influência da componente precipitação foi desconsiderada no balanço hídrico. As coberturas eram compostas por uma estrutura fixa de 0,5 m de altura e outra parte móvel, com 0,5 m de altura, 1,5 m de largura e 1,9 m de comprimento, como apresentado na Figura 13.



Figura 13 - Coberturas usadas para evitar a interferência das chuvas.

Para evitar grandes variações no armazenamento de água no solo e mantê-lo com umidade próxima à capacidade de campo, as irrigações foram realizadas todos

os dias. Desse modo, esse termo da equação de conservação de massas se tornava pequeno, passando a ser desconsiderado no balanço hídrico.

Para que ocorresse drenagem de água nos lisímetros, foram realizadas irrigações em excesso.

De acordo com essas considerações, a equação para determinação da ET_c foi assim simplificada:

$$ET_c = I - D \quad (4)$$

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm;

I = lâmina de água de irrigação, mm; e

D = lâmina de drenagem profunda, mm.

3.2.8. Coeficiente de cultura

A determinação do coeficiente de cultura da cebola foi realizada diariamente, utilizando-se a equação 5.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (5)$$

em que:

K_c = coeficiente da cultura, adimensional;

3.2.9. Colheita da cebola

A colheita foi realizada quando mais de 60 % das plantas se encontravam estaladas, aos 150 dias após a germinação. Foram coletadas, separadamente, todas as plantas de cada lisímetro, para que posteriormente pudesse ser determinada a produtividade total média da cultura nas condições a que elas foram submetidas. As plantas foram arrancadas manualmente e penduradas em uma estrutura de metal durante sete dias, para a ocorrência do processo de cura. Após esse período, foi feito o toalete, com a eliminação da parte aérea e das raízes.

O cálculo da produtividade total em cada lisímetro foi feito usando-se a equação seguinte:

$$P_c = \frac{M_{bc}}{A_1} \quad (6)$$

em que:

P_c = produtividade de cebola, kg m^{-2} ;

M_{bc} = massa de bulbos de cebola, kg; e

A_1 = área do lisímetro, m^2 .

3.2.10. Controles de plantas daninhas, pragas e doenças

O controle de plantas daninhas foi feito com o uso de capinas manuais rotineiras, enquanto as pragas associadas à cultura da cebola foram controladas com o uso de inseticidas e fungicidas, que foram aplicados a cada 15 dias, fazendo-se a rotação entre esses produtos. Foram aplicados Decis 25 EC - contra Tripes e outros insetos, Rovral SC e Folicur - contra mancha-púrpura e Manzate WG e Ridomil Gold - contra míldio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da aplicação de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio na cultura da cebola, com e sem aplicação de molibdênio

4.1.1. Elementos meteorológicos

Nas Figuras seguintes estão apresentadas as variações dos valores dos elementos meteorológicos, ao longo dos dias após o transplante (DAT) das mudas de cebola, durante os estádios de desenvolvimento da cultura.

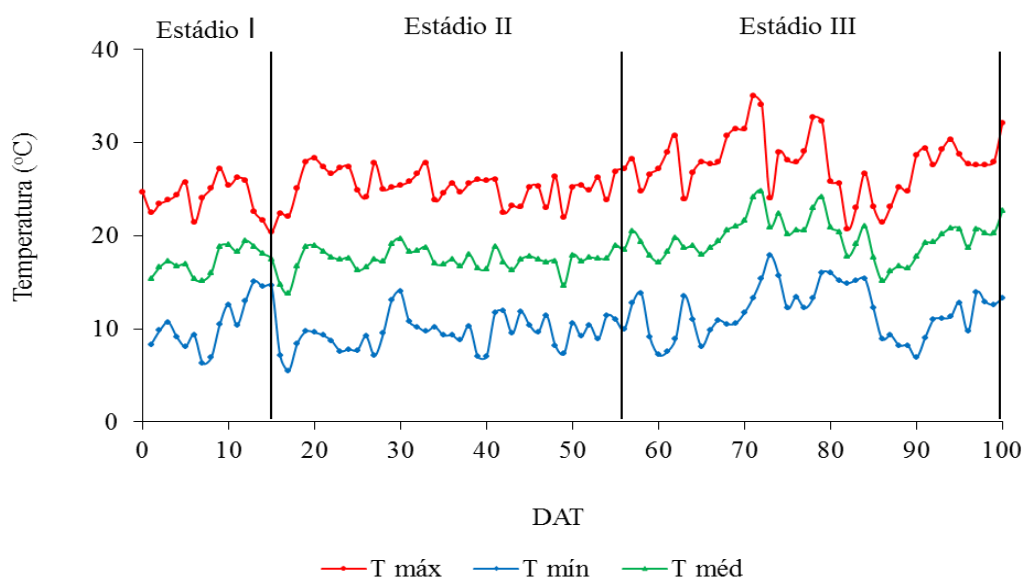


Figura 14 - Variação diária dos valores de temperaturas máxima, mínima e média após o transplante das mudas (DAT).

Os valores médios das temperaturas máxima, mínima e médias durante o ciclo de cultivo foram de 25,8; 10,5; e 18,2 °C, respectivamente.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios das temperaturas máxima, mínima e média de cada estágio de desenvolvimento da cultura.

Tabela 4 - Valores médios diários de temperaturas máxima, mínima e média em cada estágio de desenvolvimento da cultura da cebola

Estádios	T _{máx}	T _{mín}	T _{méd}
	(°C)		
I	24,5	10,0	17,2
II	25,2	9,7	17,5
III	27,8	11,9	19,8

Em condições de temperatura acima de 35 °C, durante a fase inicial de desenvolvimento das plantas pode ocorrer a bulbificação precoce. Entretanto, em condições prolongadas de temperaturas baixas, em torno de 13 °C, poderá ser induzida o florescimento prematuro (LEITE et al., 2010). Segundo os autores, a faixa ótima de temperatura para o crescimento foliar é de 20 a 25 °C, sendo linear a taxa de crescimento foliar na faixa de 6 a 20 °C. É importante que durante os estádios I e II as temperaturas estejam nessa faixa para que as plantas desenvolvam a parte aérea, armazenando o máximo possível de fotoassimilados que, posteriormente, serão usados para formação dos bulbos. De acordo com Souza e Resende (2002), citados por Lima et al. (2011), as temperaturas críticas de interferência no desenvolvimento da cultura da cebola se situam abaixo de 10 °C e acima de 32 °C.

Pode ser observado que as temperaturas durante o estágio I não foram elevadas o suficiente para estimular a bulbificação precoce e nem baixas o bastante para induzir o florescimento prematuro das plantas. Entre outros, a temperatura foi adequada para que a cultura tivesse desenvolvimento normal durante seu ciclo.

No que se refere à época de plantio, a formação de bulbos está relacionada à interação entre a temperatura e o fotoperíodo. Nessa interação, o fator mais importante é o fotoperíodo, que determina os limites de adaptação dos diferentes cultivares (GALMARINI, 1997).

A influência do fotoperíodo permite classificar as cebolas em “de dias curtos” e “de dias longos”. Essa divisão tem grande importância na escolha da época adequada de semeadura. As variedades de dias curtos são aquelas que devem ser

semeadas em épocas em que as horas de luz sejam inferiores às de escuridão ou quando o fotoperíodo seja decrescente. Isso para se ter vegetação normal, pois essas variedades bulbificam em condições de fotoperíodo crítico inferior (SCHOPPER, 1995).

Cultivares exigentes em fotoperíodos longos não formam bulbos em condições de dias curtos. Cultivares pouco exigentes, quando sujeitos a condições de dias longos, bulbificam precocemente, formando bulbos pequenos. Os cultivares menos exigentes requerem cerca de 10 h, e muitos cultivares exigem 13 ou mais horas de fotoperíodo (CARDOSO, 1997).

Durante o desenvolvimento do experimento foi possível observar que o fotoperíodo médio durante os estádios de desenvolvimento da cultura (I, II e III) foi de 8,6; 9,2; e 10,4 h, respectivamente. Observou-se que durante o estágio III, em que teve início a bulbificação, o fotoperíodo foi superior a 10 h. Por ser variedade de dias curtos, a cebola Aquarius teve seu processo de bulbificação ocorrendo normalmente.

Na Figura 15 são apresentados os valores de umidade relativa média do ar durante o ciclo da cebola em DAT, tendo valor médio de 80,4 %.

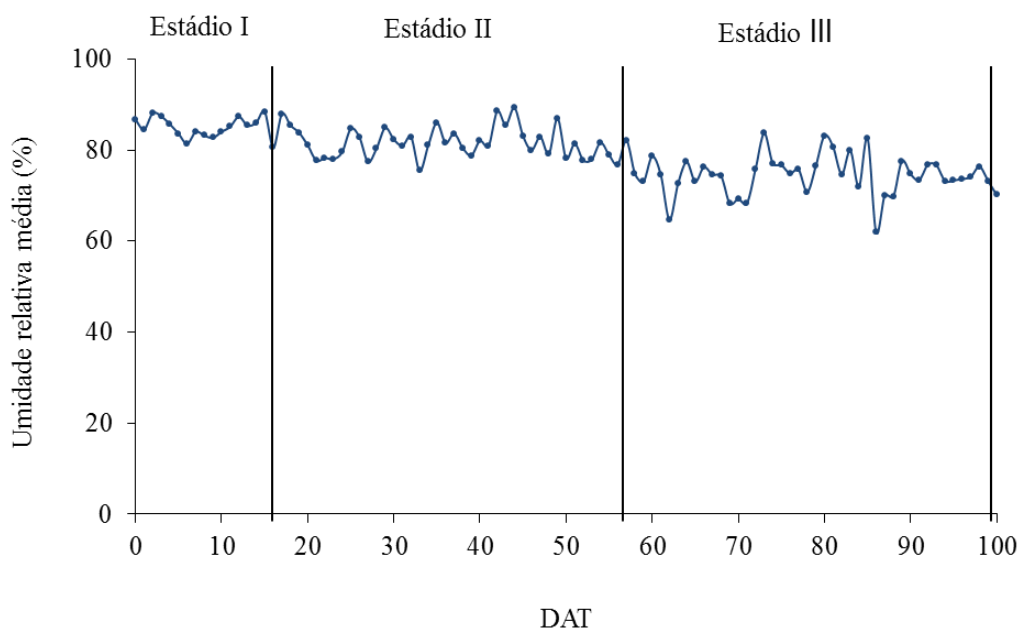


Figura 15 - Variação diária da umidade relativa média do ar durante o ciclo de cultivo, ao longo dos dias após o transplante das mudas (DAT).

Os valores de umidade relativa média encontrados nos estádios de desenvolvimento I, II e III da cultura foram, respectivamente, de 84,8; 81,9; e 74,6 %.

Pode-se observar que os valores médios de umidade relativa foram superiores a 81 % durante os estádios I e II, sendo classificada como alta, de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977). A umidade relativa média alta pode favorecer o desenvolvimento de doenças. A combinação da umidade relativa elevada com as frequentes irrigações facilita o desenvolvimento de algumas doenças, como a mancha-púrpura, causada pelo fungo *Alternaria porri* e o míldio, provocado pelo fungo *Peronospora destructor*. Essas doenças foram controladas com o uso de pulverizações alternadas com fungicidas. As doenças citadas se desenvolveram durante o final do estágio II e durante o estágio III da cultura. Nesses estádios, as plantas já estavam com aproximadamente 50 cm de altura e com grande parte das folhas adultas, propiciando um microclima entre as plantas que favoreceram o desenvolvimento das doenças.

Na Figura 16 é apresentada a variação da velocidade média do vento durante o período experimental.

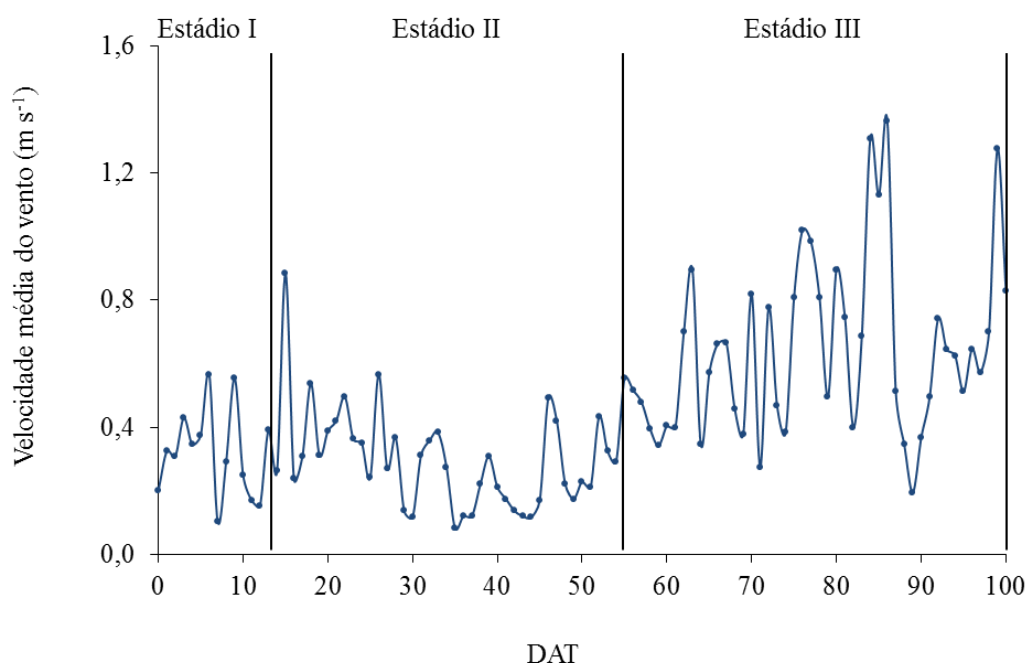


Figura 16 - Variação diária da velocidade média do vento medida durante o período experimental, ao longo dos dias após o transplante (DAT).

Os valores médios de velocidade do vento encontrados nos estádios I, II e III de desenvolvimento da cultura foram de 0,32; 0,31; e 0,65 m s^{-1} , respectivamente.

A velocidade média do vento, durante o período experimental, foi igual a 0,43 m s^{-1} , menor que 1 m s^{-1} , sendo classificada como leve, de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977). Além disso, a velocidade média do vento foi maior durante o estágio III de desenvolvimento da cultura, estágio esse em que ocorreram ataques de algumas pragas e doenças. O vento é fator importantíssimo no desenvolvimento dos fungos, pois transporta os esporos de uma planta para as outras. Por essa razão, o controle das pragas e doenças foi dificultado, porém puderam ser controladas com uso de defensivos agrícolas.

Na Figura 17 está apresentada a variação diária da radiação solar total ao longo dos dias em que o experimento foi conduzido.

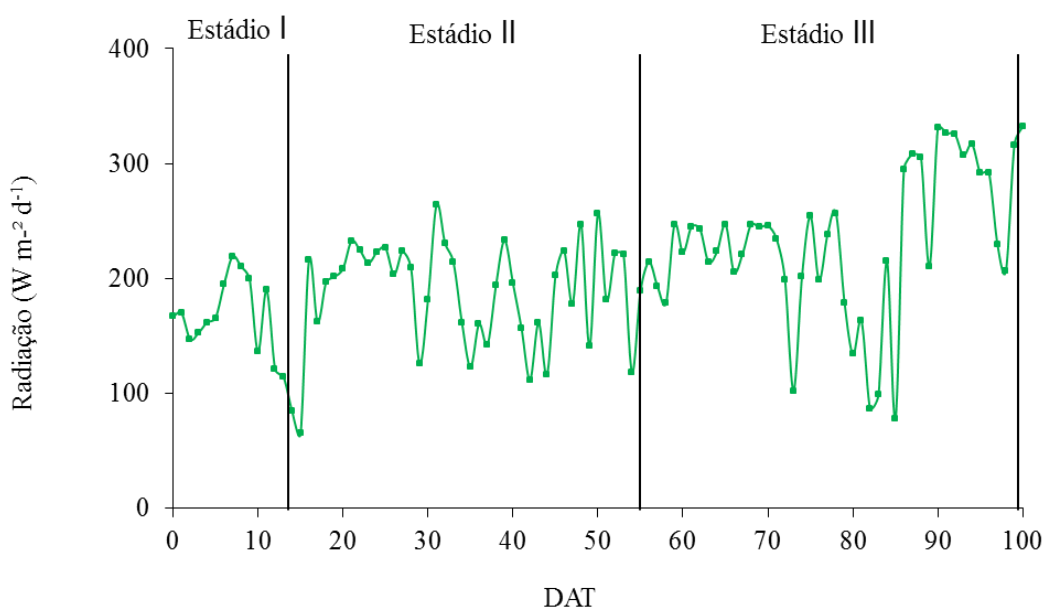


Figura 17 - Variação dos valores de radiação solar total diária durante os dias após o transplante das mudas.

Os valores médios de radiação encontrados nos estádios I, II e III de desenvolvimento da cultura foram, respectivamente, de 167,9; 187,4; e 232,1 $\text{W m}^{-2} \text{h}^{-1}$.

A radiação solar apresentou pouca variação durante o período experimental. O valor médio diário durante esse período foi de 195,8 $\text{W m}^{-2} \text{h}^{-1}$. Medeiros (2002) mencionou que os principais elementos meteorológicos que proporcionam energia para evaporação e remoção de vapor de água a partir de superfícies evaporantes são a

radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, além do déficit de pressão de vapor. A radiação solar é o elemento de maior importância na demanda evaporativa da atmosfera.

Na Figura 18 estão apresentados os valores de precipitação pluvial registrada durante o experimento.

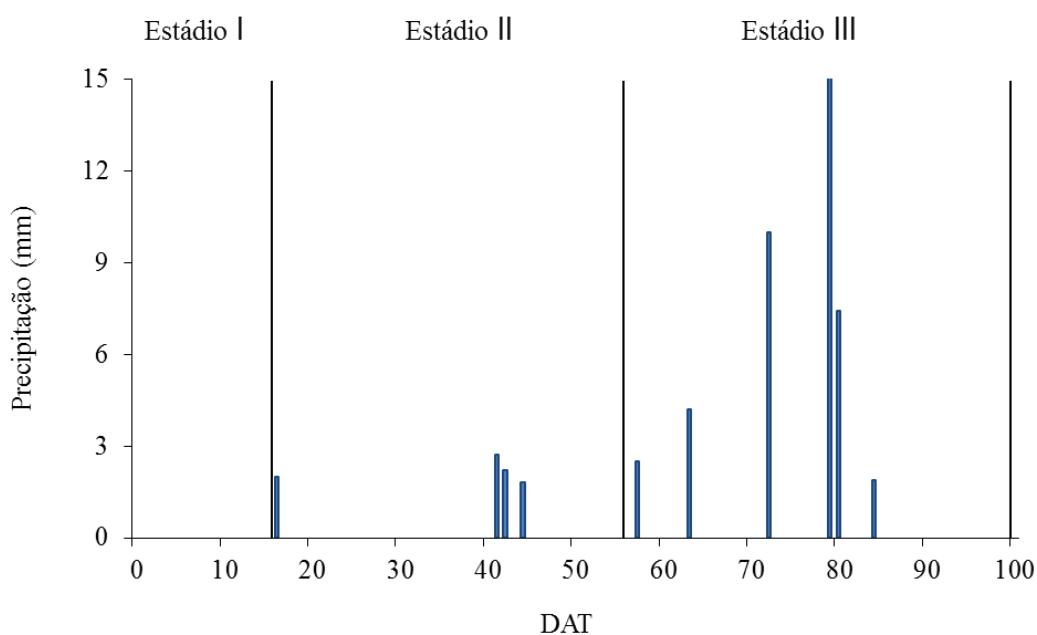


Figura 18 - Precipitação pluvial durante o período experimental.

Durante o estágio I foram realizadas irrigações da cultura com uso de um sistema de aspersão convencional, sem diferenciação das lâminas entre os tratamentos, para que as plantas se recuperassem do estresse do transplante. Isso foi muito importante para que as plantas se desenvolvessem bem a partir do início do controle da lâmina de água, que passou a ser realizado a partir do décimo terceiro dia após o transplante das mudas.

Como observado na Figura 18, não ocorreu precipitação pluvial durante o estágio I, e a maioria da lâmina precipitada se deu durante o estágio III. Durante o período em que foi realizado o manejo da irrigação (88 dias), em apenas 10 dias aconteceram precipitações pluviais. Durante esse mesmo período foram realizados 67 eventos de irrigação, o que favoreceu o controle dos tratamentos com diferentes lâminas de água devido à pequena interferência das chuvas.

Na Figura 19 estão apresentadas as lâminas de água totais aplicadas em cada tratamento, a evapotranspiração da cultura estimada pelo Irrigâmetro e a precipitação

pluvial total. As lâminas de água aplicadas via irrigação foram de 0; 224,9; 299,9; 374,9; e 449,9 mm, a evapotranspiração da cultura foi de 299,9mm e a precipitação pluvial total de 50,7 mm.

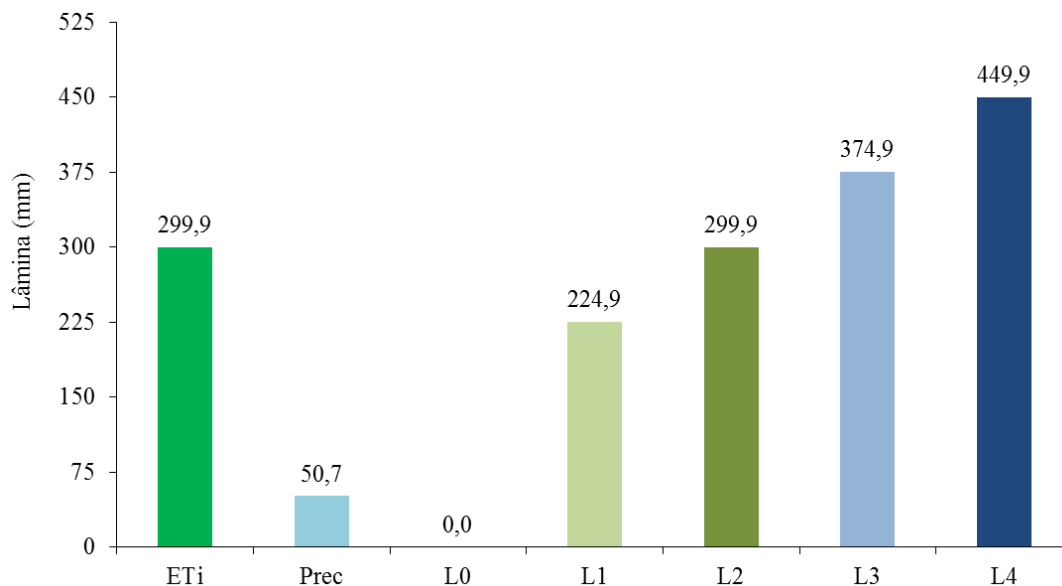


Figura 19 - Evapotranspiração da cultura estimada pelo Irrigâmetro (ET_i), precipitação total (P) e lâminas aplicadas em cada tratamento.

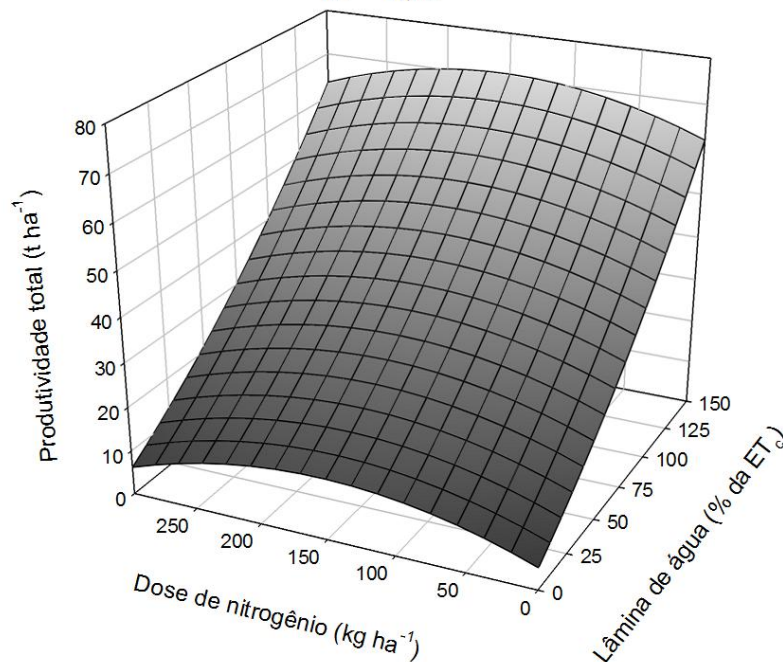
Bandeira et al. (2013) conduziram um experimento em Juazeiro, BA, manejando a irrigação da cultura da cebola com uso da equação de Penman–Montheith FAO 56 e do Tanque Classe A, e obtiveram lâminas brutas, a partir do momento do transplante das mudas (50 dias após a semeadura) de 529,98 mm e 556,32 mm, respectivamente.

Trabalhos com irrigação de cebola desenvolvidos no Norte de Minas Gerais indicaram que o consumo médio de água pela cultura durante seu desenvolvimento oscila entre 500 e 670 mm. Como pode ser observado na Figura 19, as lâminas de água aplicadas neste experimento foram inferiores ao mínimo aplicado no Norte de Minas. Isso pode ser explicado principalmente pela diferença climática entre essa região e a Zona da Mata Mineira. O clima da região Norte de Minas, durante o período de realização do experimento, possui características que favorecem a obtenção de maiores valores de temperatura e menor umidade relativa do ar, com maiores valores de evapotranspiração da cultura. Já o clima da região de Viçosa é mais ameno, implicando obtenção de menores valores de ET_c .

4.1.2. Produtividade total de bulbos

Na Figura 20 é apresentada a superfície de resposta da produtividade total de bulbos de cebola em função das doses de nitrogênio e das lâminas de água, com aplicação de molibdênio.

$$PT = 4,97 + 2,57 \cdot 10^{-1} L + 8,00 \cdot 10^{-4} L^2 + 1,13 \cdot 10^{-1} D - 4,00 \cdot 10^{-4} D^2$$
$$R^2 = 0,92$$



Significâncias dos coeficientes da equação: ** 1 % e * 5 %

Figura 20 - Superfície de resposta da produtividade total de bulbos de cebola em função de doses de nitrogênio e de lâminas de água com a aplicação de molibdênio.

Foi possível determinar o ponto de inflexão de máxima produtividade total, levando-se em consideração o fator dose de nitrogênio, no entanto, este ponto não foi encontrado para lâmina de água aplicada. A produtividade aumentou à medida que as lâminas de água foram crescentes.

A dose de nitrogênio que resultou em máxima produtividade total foi obtida a partir da primeira derivada do modelo ajustado em função da dose desse fator, correspondendo a 141,3 kg ha⁻¹. Foi considerado o modelo de segundo grau, por causa do maior coeficiente de determinação e por representar, com maior fidelidade,

o comportamento biológico do desenvolvimento das plantas de cebola quando submetidas às doses de nitrogênio e lâminas de água.

Na prática, a lâmina de água aplicada na irrigação corresponde a 100 % da ET_c ; no entanto, nesse experimento, a aplicação de água com lâmina equivalente a 150 % da ET_c foi a que resultou em maior produtividade total de bulbos. Levando em consideração esses fatos, serão feitas algumas ressalvas em relação a aplicação dessas duas lâminas de água.

Considerando a dose de nitrogênio que resultou na máxima produtividade total ($141,3 \text{ kg ha}^{-1}$) e a lâmina de água de 100 % da ET_c , foi possível obter produtividade total de $46,7 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola. De acordo com Vidigal et al. (2007), em cultivos bem conduzidos a produtividade de cebola no Brasil tem variado entre 40 e 60 t ha^{-1} ou, até mesmo, superior. Assim, é possível afirmar que as condições impostas ao desenvolvimento das plantas de cebola foram bem conduzidas.

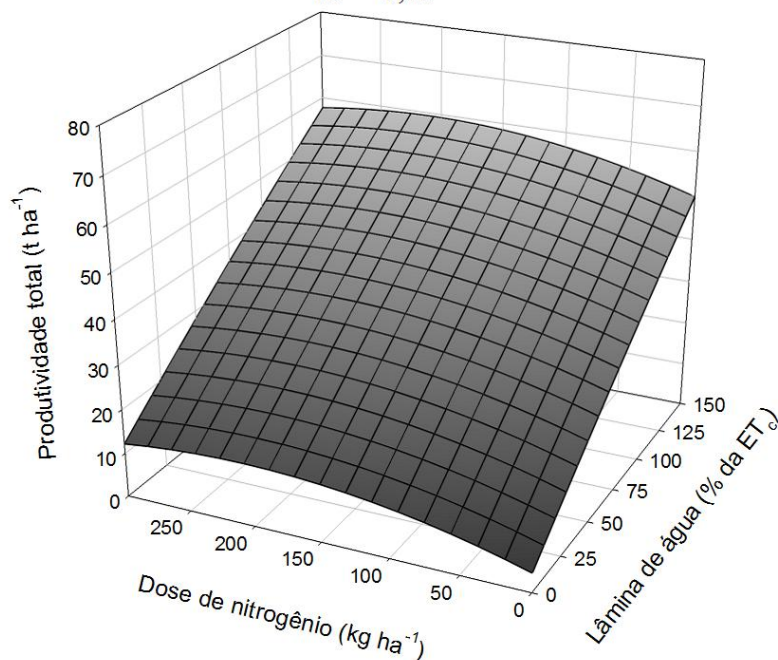
Considerando a lâmina de 150 % da ET_c , com a dose de $141,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e aplicação de molibdênio foi possível obter produtividade igual a $69,6 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola. Essa produtividade corresponde a $22,9 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola a mais que o obtido com a aplicação de água com lâmina igual a 100 % da ET_c e $141,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. Essa produtividade corresponde a um aumento de 49 % ou seja, 1.145 sacos de cebola (de 20 kg) por hectare.

O incremento relativo na produtividade total advinda da adubação nitrogenada corresponde a 56,4 kg de cebola por kg de nitrogênio. Enquanto o incremento relativo na produtividade total advinda da lâmina de irrigação corresponde a 113,3 kg de cebola por unidade de lâmina de irrigação (mm).

Na Figura 21 está apresentada a superfície de resposta da produtividade total de bulbos de cebola em função das doses de nitrogênio e das lâminas de água, sem aplicação de molibdênio.

$$PT = 4,36 + 3,28.10^{-1} L - 2,00.10^{-4} L^2 + 9,07.10^{-2} D - 2,00.10^{-4} D^2$$

$$R^2 = 0,95$$



Significâncias dos coeficientes da equação: ** 1 % e * 5 %

Figura 21 - Superfície de resposta da produtividade total de bulbos de cebola em função de doses de nitrogênio e de lâminas de água sem a aplicação de molibdênio.

É possível observar que também não foi encontrado o ponto de inflexão de máxima produtividade total em função da lâmina de água aplicada, porém foi possível determinar a dose de nitrogênio de máxima produtividade total.

Como no caso em que ocorreu aplicação de molibdênio, o comportamento da produtividade total em função da lâmina de água aplicada foi crescente.

A dose de nitrogênio que resultou em máxima produtividade total, sem aplicação de molibdênio, foi obtida a partir da primeira derivada do modelo ajustado em função da dose de nitrogênio, representando o ponto de máxima desse fator. A dose de nitrogênio correspondente a 226,8 kg ha⁻¹ é a que resultou em máxima produtividade total de bulbos (60,7 t ha⁻¹). Considerando esta dose de nitrogênio e a

lâmina de água de 100 % da ET_c , foi possível obter produtividade total de $45,5 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola.

Ao se considerar a lâmina de 150 % da ET_c , a dose de $226,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e sem aplicação de molibdênio, foi possível obter produtividade total igual a $59,4 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola. Essa produtividade corresponde a $13,9 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola a mais que o obtido com a aplicação de água com lâmina igual a 100 % da ET_c e $226,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. Isso corresponde a um aumento de 30,6 %, ou seja, 695 sacos de cebola por hectare plantado.

Nesse caso, o incremento relativo na produtividade total advinda da adubação nitrogenada corresponde a 45,3 kg de cebola por kg de nitrogênio. Enquanto o incremento relativo na produtividade total advinda da lâmina de irrigação corresponde a 89,5 kg de cebola por unidade de lâmina de água.

Ao comparar a aplicação de molibdênio com a ausência deste, observou-se que para obtenção da produtividade de $45,5 \text{ t ha}^{-1}$ (obtida com a aplicação de $226,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, lâmina de água de 100 % da ET_c e sem a aplicação de molibdênio) é preciso aplicar apenas $86,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, com a mesma lâmina de água, quando se aplica molibdênio, ou seja, para obter essa produtividade, a aplicação de molibdênio resultou em diminuição de $140,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio. Isso corresponde à diminuição de 61,9 % da necessidade de adubação nitrogenada.

Na Figura 22 estão apresentadas as curvas de produtividade total de cebola em função da lâmina de 100 % da ET_c , com e sem aplicação de molibdênio.

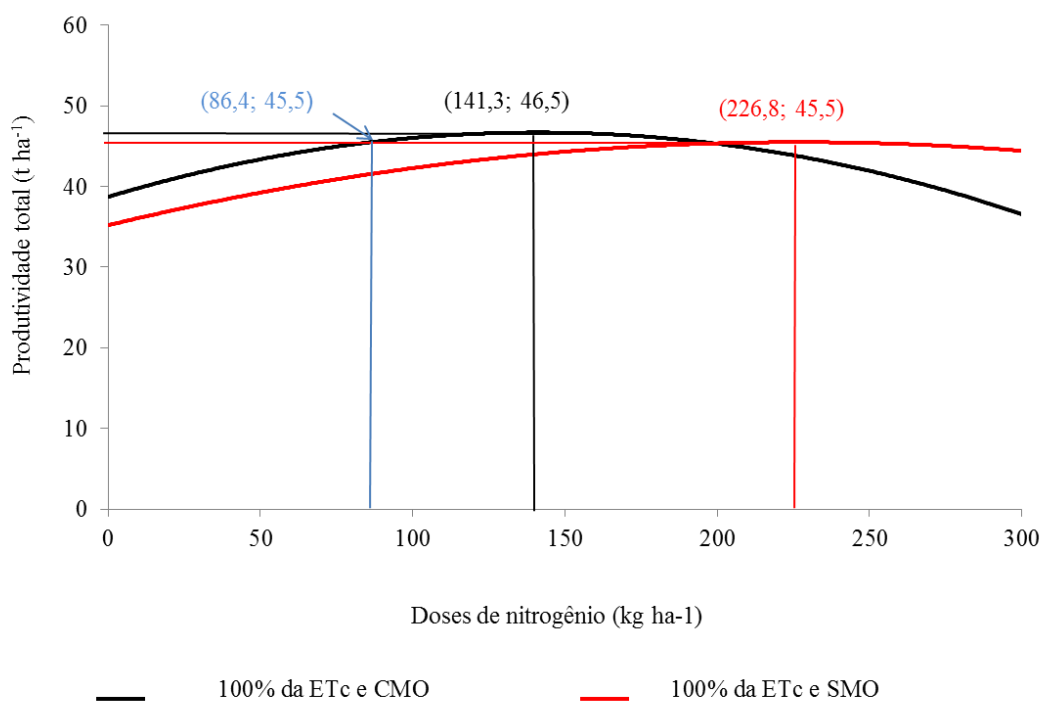


Figura 22 - Curvas de resposta da produtividade total em função das doses de nitrogênio, nos experimentos com e sem aplicação de molibdênio e com 100 % da ET_c aplicada.

Quando é feita a aplicação de 86,4 kg ha⁻¹ de N, associada à lâmina de água de 100 % da ET_c e com a aplicação de molibdênio, pode ser obtida produtividade total de 45,5 t ha⁻¹. No entanto, quando não é feita a aplicação do molibdênio e considerando as mesmas características de adubação nitrogenada e manejo de irrigação, obtém-se produtividade de 41,5 t ha⁻¹. Portanto, nestas condições, a aplicação de molibdênio permite aumento de 9,6 % na produtividade total de cebola.

Na Tabela seguinte estão apresentados os valores de produtividade total encontrados nos experimentos e os resultados da análise conjunta que foi realizada para verificar o efeito da aplicação do molibdênio sobre essa característica.

Tabela 5 - Análise conjunta para verificação da influência do molibdênio na produtividade total de cebola

PT	L = 0		L = 75		L = 100		L = 125		L = 150	
	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo
0	11,4 a	10,3 a	23,3 a	24,2 a	30,7 a	31,5 a	36,7 a	35,6 a	34,0 a	27,1 a
120	9,7 a	13,0 a	29,5 a	33,9 a	56,7 a	46,1 a	63,3 a	46,2 b	70,1 a	58,1 b
180	10,0 a	11,5 a	35,3 a	38,3 a	59,4 a	52,5 a	62,2 a	55,6 a	67,5 a	56,2 b
240	11,3 a	11,3 a	24,8 a	30,8 a	46,9 a	45,5 a	55,9 a	58,5 a	62,1 a	52,9 a
300	11,0 a	12,0 a	27,2 a	32,5 a	45,8 a	46,0 a	56,2 a	55,9 a	57,0 a	55,8 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, para cada lâmina, não diferem entre si ao nível de 10 % pelo teste Tukey.

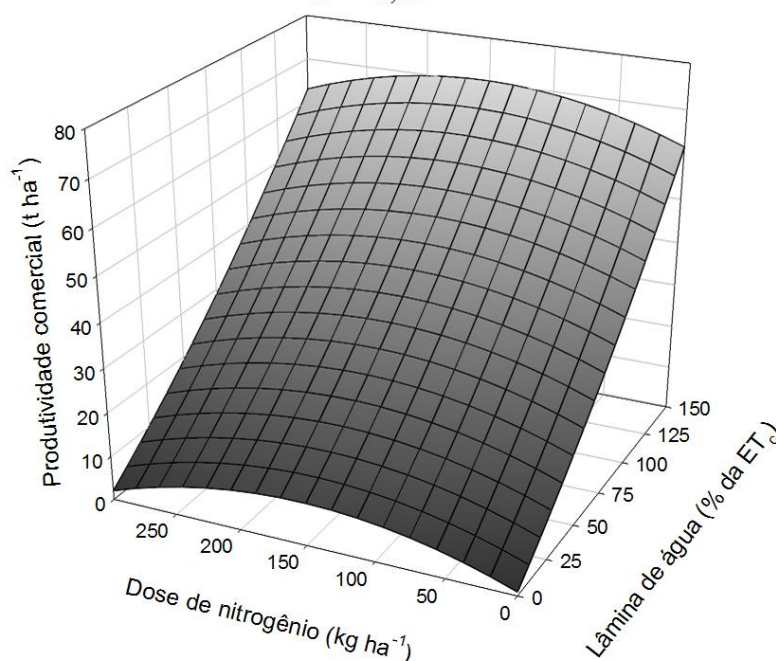
Observou-se que a análise conjunta dos dados para avaliar o efeito da aplicação de molibdênio na produtividade total dos bulbos de cebola não apresentou diferença significativa entre as médias de produtividade total em relação à ausência da aplicação de molibdênio. Existe diferença significativa apenas quando é utilizado $P < 0,22$.

Pôde ser observado que no experimento em que foi feita a aplicação de molibdênio houve variação na produtividade total de $9,7 \text{ t ha}^{-1}$, alcançada com a combinação da aplicação de 120 kg ha^{-1} de nitrogênio, sem irrigação, a $70,2 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola, alcançada com a aplicação de água com lâmina igual a 150 % da ET_c e 120 kg ha^{-1} de nitrogênio. Já no experimento que não recebeu a aplicação de molibdênio, a variação foi de $10,4 \text{ t ha}^{-1}$, obtida no tratamento que não foi irrigado e nem adubado, a $58,5 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola, no tratamento com aplicação de 125 % da ET_c e 240 kg ha^{-1} de nitrogênio.

4.1.3. Produtividade comercial de bulbos

Na Figura 23 é apresentada a superfície de resposta da produtividade comercial de bulbos de cebola em função das doses de nitrogênio e das lâminas de água, com a aplicação de molibdênio.

$$PC = 0,88 + 3,09 \cdot 10^{-1} L + 6,00 \cdot 10^{-4} L^2 + 1,13 \cdot 10^{-1} D - 4,00 \cdot 10^{-4} D^2$$
$$R^2 = 0,93$$



Significância dos coeficientes da equação: ** 1 %

Figura 23 - Superfície de resposta da produtividade comercial de bulbos de cebola em função de doses de nitrogênio e de lâminas de água com a aplicação de molibdênio.

A produtividade comercial de cebola apresenta o mesmo comportamento que a produtividade total.

O ponto de máxima produtividade comercial para essa característica foi encontrado com aplicação de 141,3 kg ha⁻¹ de nitrogênio, obtida a partir da derivada primeira do modelo de segundo grau ajustado.

Levando em consideração o fator lâmina de água, não se pode determinar o ponto de inflexão de máxima produtividade comercial, pois este não se encontra dentro do limite dos níveis desse fator.

Considerando a dose de nitrogênio que resultou na máxima produtividade comercial ($141,3 \text{ kg ha}^{-1}$) e lâmina de água de 100 % da ET_c , foi possível obter produtividade comercial de $45,8 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola.

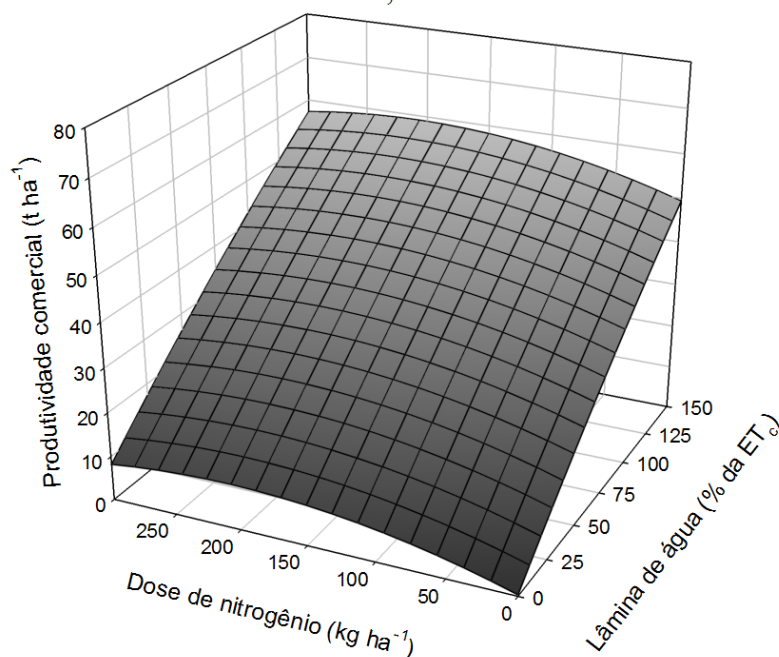
Ao se considerar a lâmina de 150 % da ET_c , dose de $141,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e com aplicação de molibdênio, foi possível obter produtividade comercial igual a $68,7 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola. Essa produtividade corresponde a 23 t ha^{-1} de bulbos de cebola a mais que o obtido com a aplicação de água equivalente a 100 % da ET_c e $141,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. Isso corresponde a um aumento de 50,2 % ou seja, 1.150 sacos de cebola por hectare.

Nesse caso, o incremento relativo na produtividade comercial advinda da adubação nitrogenada corresponde a 56,1 kg de cebola por kg de nitrogênio. Enquanto o incremento relativo na produtividade comercial advinda da lâmina de irrigação corresponde a 119,9 kg de cebola por unidade de lâmina de água (mm).

Na Figura 24 é apresentada a superfície de resposta da produtividade comercial de bulbos de cebola em função das doses de nitrogênio e das lâminas de água, sem a aplicação de molibdênio.

$$PC = 0,32 + 3,77 \cdot 10^{-1} L - 3,00 \cdot 10^{-4} L^2 + 9,19 \cdot 10^{-2} D - 2,00 \cdot 10^{-4} D^2$$

$$R^2 = 0,95$$



Significâncias dos coeficientes da equação: ** 1 % e * 5 %

Figura 24 - Superfície de resposta da produtividade comercial de bulbos de cebola em função de doses de nitrogênio e de lâminas de água sem a aplicação de molibdênio.

A dose de nitrogênio que resultou em máxima produtividade comercial, sem a aplicação de molibdênio, corresponde a 229,8 kg ha⁻¹.

Considerando a dose de nitrogênio que resultou na máxima produtividade comercial (229,8 kg ha⁻¹) e a lâmina de água de 100 % da ET_c, foi possível obter produtividade comercial de 45,6 t ha⁻¹ de bulbos de cebola.

Ao se considerar a lâmina de 150 % da ET_c, dose de 229,8 kg ha⁻¹ de N e sem aplicação de molibdênio foi possível obter produtividade comercial igual a 60,7 t ha⁻¹ de bulbos de cebola. Essa produtividade corresponde a 15,1 t ha⁻¹ de bulbos de cebola a mais que o obtido com a aplicação de água com lâmina igual a 100 % da

ET_c e $229,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. Isso corresponde a um aumento de 33,1 %, ou seja, 755 sacos de cebola (sacos de 20 kg) por hectare.

Ao comparar o experimento que teve a aplicação de molibdênio com o experimento em que ele não foi aplicado, observou-se que para obtenção de produtividade de comercial $45,6 \text{ t ha}^{-1}$ (obtida com aplicação de $229,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, lâmina de água de 100 % da ET_c e sem a aplicação de molibdênio) é preciso aplicar 120 kg ha^{-1} de nitrogênio, com a mesma lâmina e com a aplicação de molibdênio. A aplicação de molibdênio resultou em diminuição de $109,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio. Isso corresponde à diminuição de 47,8 % da necessidade de adubação nitrogenada.

Quando é feita a aplicação de 120 kg ha^{-1} de nitrogênio, associado à lâmina de água de 100 % da ET_c e com a aplicação de molibdênio, pode ser obtida produtividade comercial de $45,6 \text{ t ha}^{-1}$. No entanto, quando não é feita a aplicação de molibdênio e considerando as mesmas características de adubação nitrogenada e manejo de irrigação, obtém-se produtividade de $43,2 \text{ t ha}^{-1}$. Como pode ser observado, a aplicação de molibdênio provoca aumento de 5,6 % na produtividade comercial de cebola.

O incremento relativo na produtividade comercial advinda da adubação nitrogenada corresponde a $45,9 \text{ kg}$ de cebola por kg de nitrogênio. Enquanto o incremento relativo na produtividade comercial advinda da lâmina de irrigação corresponde a $99,6 \text{ kg}$ de cebola por unidade de lâmina de irrigação (mm).

Pôde ser observado que no experimento em que foi feita a aplicação de molibdênio, ocorreu variação da produtividade comercial de $5,3 \text{ t ha}^{-1}$, alcançada com a combinação da aplicação de 120 kg ha^{-1} de nitrogênio, sem irrigação, a $69,4 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola, alcançada com a aplicação de água equivalente a 150 % da ET_c e 120 kg ha^{-1} de nitrogênio. Já no experimento que não teve aplicação de molibdênio, a variação foi de $6,1 \text{ t ha}^{-1}$, obtida no tratamento que não foi irrigado e nem adubado, a $58,1 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos de cebola, no tratamento com a aplicação de lâmina de água equivalente a 125 % da ET_c e 240 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Segundo Abreu et al. (2011), apesar de não haver resposta significativa do Mo para a produção de bulbos comercializáveis, a aplicação de $50,0 \text{ g ha}^{-1}$ de Mo proporcionou uma diferença na produção de bulbos de 7,16 %, que significa 175 sacos (de 20 kg) a mais, com a aplicação de apenas 13 kg ha^{-1} de N.

Segundo Vilas Boas et al. (2011), em experimento realizado em Lavras, MG, com o uso de irrigação por gotejamento em cebola, utilizando o cultivar Alfa Tropical e aplicando 615 mm de lâmina de água, foi possível obter produtividade máxima de 39,5 t ha⁻¹ de cebola. Já com o uso da cultivar Optima F1 e aplicando 603,6 mm de lâmina de água, foi possível obter produtividade de 57,8 t ha⁻¹ de cebola.

Na Tabela seguinte estão apresentados os resultados da análise conjunta, que foi usada para verificar o efeito da aplicação de molibdênio na produtividade comercial da cultura.

Tabela 6 - Análise conjunta para verificação da influência do molibdênio na produtividade comercial de cebola

PC	L = 0		L = 75		L = 100		L = 125		L = 150	
	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo
0	7,2 a	6,1 a	21,9 a	22,1 a	29,4 a	30,8 a	36,1 a	34,5 a	33,2 a	25,7 a
120	5,3 a	9,5 a	27,9 a	32,8 a	56,2 a	45,4 a	63,1 a	45,4 b	69,4 a	57,6 b
180	6,3 a	7,4 a	34,2 a	37,6 a	59,0 a	52,2 a	61,5 a	55,2 a	66,9 a	55,8 a
240	6,9 a	7,5 a	23,5 a	29,4 a	46,3 a	44,6 a	55,5 a	58,1 a	61,9 a	52,1 a
300	7,1 a	8,0a	26,0 a	31,3 a	45,0 a	45,1 a	55,7 a	55,7 a	56,5 a	55,8 a

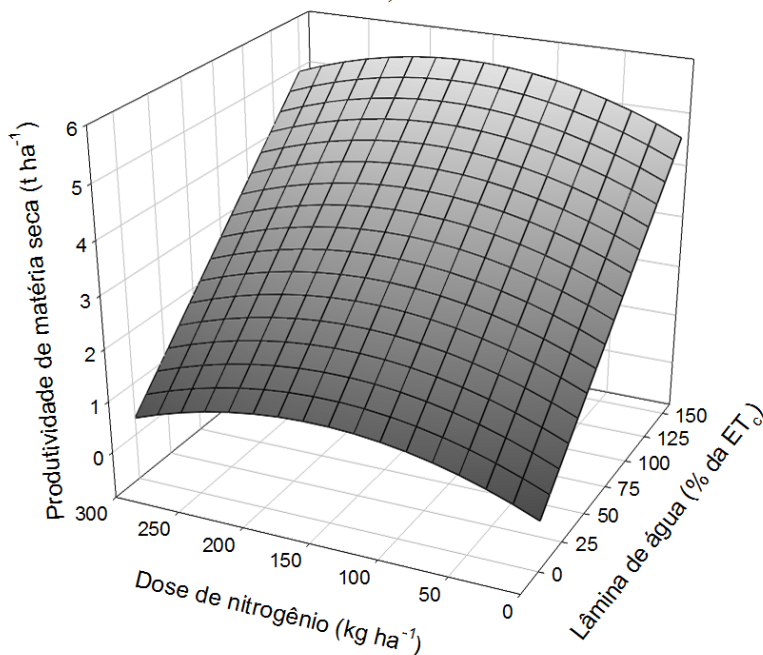
As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, para cada lâmina, não diferem entre si ao nível de 10 % pelo teste Tukey.

Como ocorreu na análise estatística da produtividade total, também não houve diferença significativa entre as médias de produtividade comercial, como pode ser observado na Tabela anterior. Nesse caso, a diferença da aplicação ou não de molibdênio ocorre para $P < 0,22$.

4.1.4. Matéria seca dos bulbos

Na Figura 25 é apresentada a superfície de resposta da porcentagem de matéria seca dos bulbos de cebola em função das doses de nitrogênio e das lâminas de água, no experimento com a aplicação de molibdênio.

$$\text{PMS} = 0,07 + 3,07 \cdot 10^{-2} L - 2,09 \cdot 10^{-7} L^2 + 1,13 \cdot 10^{-2} D - 3,47 \cdot 10^{-5} D^2$$
$$R^2 = 0,90$$



Significâncias dos coeficientes da equação: ** 1 %, * 5 % e [∇] 15 %

Figura 25 - Superfície de resposta da porcentagem de matéria seca dos bulbos de cebola em função de doses de nitrogênio e de lâminas de água com a aplicação de molibdênio.

O conteúdo de matéria seca é importante característica da qualidade do produto, principalmente para a indústria de processamento. Quanto maior o teor de matéria seca, menor a quantidade de energia exigida para o processo de desidratação (SOARES et al., 2004).

Pode ser observado que a maior porcentagem de matéria seca foi obtida quando não houve irrigação, com valor igual a 10,6 %, e que o aumento da lâmina aplicada acarreta diminuição da porcentagem de matéria seca dos bulbos de cebola.

Esse comportamento é o mesmo no experimento em que não ocorreu a aplicação de molibdênio (Figura 26).

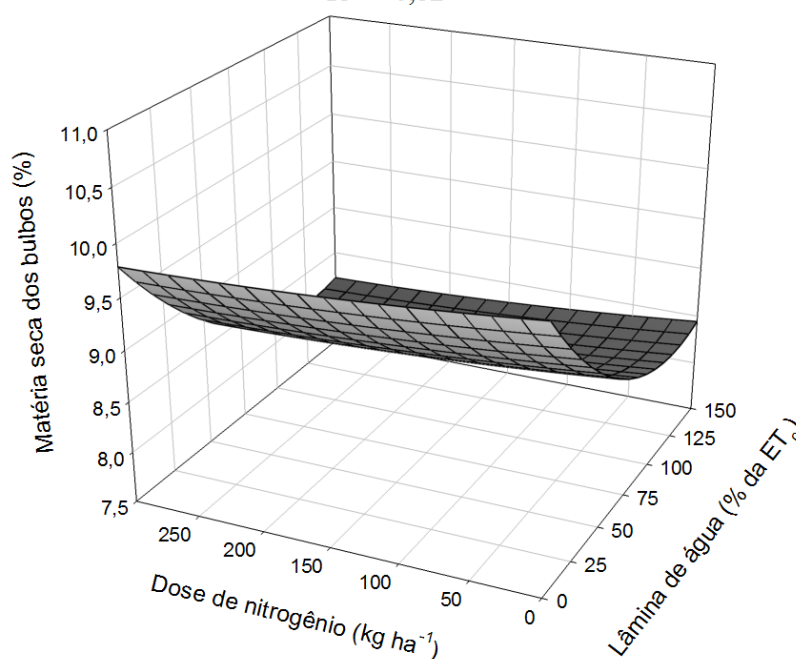
Quando foi aplicada dose de nitrogênio correspondente à que resultou em máxima produtividade total (141,3 kg ha⁻¹ de N e 150 % da ET_c) foi obtida porcentagem de matéria seca nos bulbos de cebola equivalente a 7,9 %, sendo essa uma das menores porcentagens de matéria seca obtida no experimento.

É possível observar que o decréscimo da porcentagem de matéria seca nos bulbos de cebola é mais acentuado pelo aumento da lâmina de água aplicada do que pelo aumento das doses de nitrogênio.

Na Figura 26 é apresentada a superfície de resposta da porcentagem de matéria seca dos bulbos de cebola em função das doses de nitrogênio e das lâminas de água, para o experimento sem a aplicação de molibdênio.

$$MS = 10,04 - 2,61 \cdot 10^{-2} L + 1,04 \cdot 10^{-4} L^2 - 1,46 \cdot 10^{-3} D + 2,19 \cdot 10^{-6} D^2$$

$$R^2 = 0,82$$



Significâncias dos coeficientes da equação: * 5 % e ∇ 15 %

Figura 26 - Superfície de resposta da porcentagem de matéria seca dos bulbos de cebola em função de doses de nitrogênio e de lâminas de água sem a aplicação de molibdênio.

Pode ser observado que a maior porcentagem de matéria seca foi obtida na condição sem irrigação, com valor de 9,8 %, e que, como no experimento com

aplicação de molibdênio, o aumento da lâmina de água acarreta diminuição da porcentagem de matéria seca dos bulbos de cebola.

Quando foi aplicada a dose de nitrogênio correspondente à que resultou em máxima produtividade total sem aplicação de molibdênio ($226,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) e 150 % da ET_c foi obtida porcentagem de matéria seca nos bulbos de cebola equivalente a 8,2 %.

Observou-se que o comportamento do teor de matéria seca é muito semelhante entre os experimentos com e sem a aplicação de molibdênio. Também, pode ser observado que no experimento em que ocorreu aplicação de molibdênio houve variação na porcentagem de matéria seca nos bulbos de cebola de 7,7 %, alcançada com a combinação da aplicação de água com lâmina equivalente a 150 % da ET_c e 240 kg ha^{-1} de nitrogênio, a 10,9 %, obtida com a aplicação de 180 kg ha^{-1} de nitrogênio, sem irrigação. Já no experimento que não teve aplicação de molibdênio, a variação foi de 7,9 %, obtida no tratamento que recebeu 150 % da lâmina de água e 240 kg ha^{-1} de nitrogênio, a 10,1 % de matéria seca nos bulbos de cebola, no tratamento que não foi irrigado e nem adubado.

A porcentagem de matéria seca nos bulbos de cebola é maior com a aplicação das menores doses de nitrogênio, porém foi mostrado que a aplicação das menores doses de nitrogênio implica menores produtividades. Com essas informações é possível dizer que o aumento das lâminas de água aumenta a produtividade total, porém diminui o teor de matéria seca. Diante desse quadro, é importante determinar não apenas o teor de matéria seca, mas sim a produtividade e a matéria seca que resulte em maiores ganhos econômicos aos produtores e à indústria.

Na Tabela 7 estão os resultados da análise conjunta que foi aplicada sobre os valores de porcentagem de matéria seca dos bulbos de cebola, para verificar o efeito da aplicação do molibdênio sobre a cultura da cebola.

Tabela 7 - Análise conjunta para verificação da influência do molibdênio na matéria seca dos bulbos de cebola

MS D	L = 0		L = 75		L = 100		L = 125		L = 150	
	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo
0	10,1 a	10,9 a	9,7 a	8,5 a	8,8 a	8,9 a	7,8 a	8,3 a	8,8 a	8,3 a
120	10,1 a	10,4 a	9,7 a	7,9 a	7,3 a	8,7 b	8,0 a	8,7 a	8,3 a	8,8 a
180	10,3 a	10,7 a	9,6 a	7,9 b	7,8 a	8,7 a	7,8 a	8,3 a	7,9 a	8,2 a
240	10,7 a	10,7 a	9,4 a	7,9 b	7,9 a	8,9 a	8,3 a	8,4 a	7,6 a	7,8 a
300	10,8 a	11,8 a	9,3 a	8,1 a	8,4 a	8,3 a	7,2 a	8,4 a	7,9 a	8,4 a

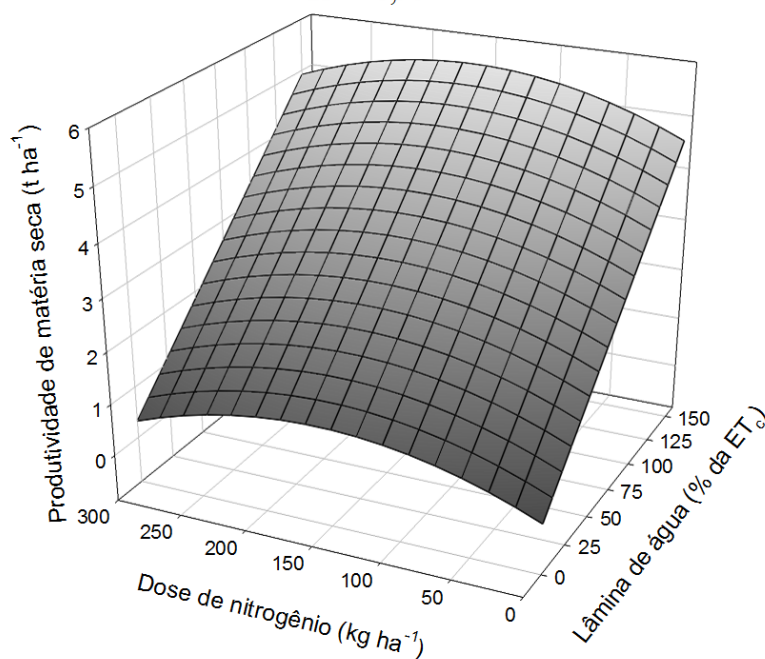
As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, para cada lâmina, não diferem entre si ao nível de 10 % pelo teste Tukey.

Como pode ser verificado, em apenas três situação ocorrem diferenças significativa entre as médias de percentagem de matéria seca dos bulbos de cebola. Duas ocorrem quando é feita a aplicação de 180 e 240 kg ha⁻¹ de N associadas a 75 % da ET_c, outra ocorre com aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N associadas a 100 % da ET_c.

4.1.5. Produtividade de matéria seca dos bulbos

Na Figura 27 é apresentada a superfície de resposta da produtividade de matéria seca dos bulbos de cebola em função das doses de nitrogênio e das lâminas de água, no experimento com a aplicação de molibdênio.

$$\text{PMS} = 0,07 + 3,07 \cdot 10^{-2} \text{ L} - 2,09 \cdot 10^{-7} \text{ L}^2 + 1,13 \cdot 10^{-2} \text{ D} - 3,47 \cdot 10^{-5} \text{ D}^2$$
$$R^2 = 0,90$$



Significâncias dos coeficientes da equação: ** 1%, * 5% e [∇] 15%

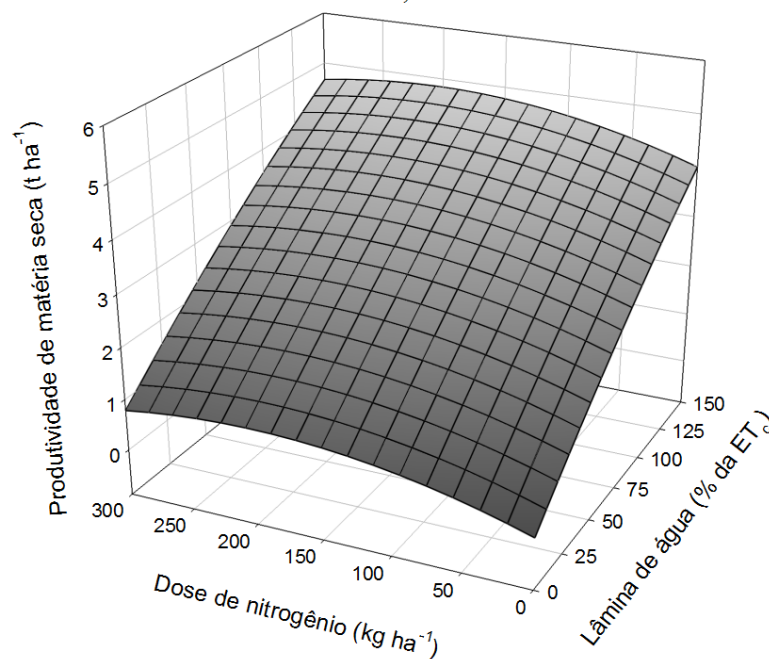
Figura 27 - Superfície de resposta da produtividade de matéria seca dos bulbos de cebola em função de doses de nitrogênio e de lâminas de água com a aplicação de molibdênio.

Quando levado em consideração o fator dose de nitrogênio, pode ser observado que a produtividade de matéria seca dos bulbos de cebola é crescente até atingir um ponto de inflexão (ponto de máxima), que é obtido com aplicação de 162,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Aplicando essa dose de nitrogênio e considerando a aplicação de 150 % da ET_c, pode ser obtida produtividade de matéria seca de cebola igual a 5,6 t ha⁻¹. Assim, o incremento de 50 % na lâmina de água aplicada além da ET_c provoca aumento de 28,6 % na produtividade de matéria seca.

Na Figura 28 é apresentada a superfície de resposta da produtividade de matéria seca dos bulbos de cebola em função das doses de nitrogênio e das lâminas de água, no experimento sem a aplicação de molibdênio.

$$PMS = 0,10 + 3,09 \cdot 10^{-2} L - 3,32 \cdot 10^{-5} L^2 + 8,48 \cdot 10^{-3} D - 2,03 \cdot 10^{-5} D^2$$

$$R^2 = 0,89$$



Significâncias dos coeficientes da equação: ** 1 % e * 5 %

Figura 28 - Superfície de resposta da produtividade de matéria seca dos bulbos de cebola em função de doses de nitrogênio e de lâminas de água sem a aplicação de molibdênio.

Ao analisar a Figura 28, que representa o experimento sem a aplicação de molibdênio, pode ser observado que, com o fator dose de nitrogênio, pode ser obtido um ponto de máxima com a aplicação de 208,9 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Com a aplicação de água com lâmina de 100 % da ET_c e de 208,9 kg ha⁻¹ de nitrogênio, foi obtida a produtividade de matéria seca igual a 3,7 t ha⁻¹. Como no experimento em que ocorreu a aplicação de molibdênio, a produtividade de matéria seca é crescente em todos os tratamentos aplicados com lâminas de água. Isso permite que a aplicação de lâminas maiores que 150 % da ET_c possa aumentar ainda mais a produtividade de matéria seca.

Aplicando 150 % da ET_c, 208,9 kg ha⁻¹ de nitrogênio e sem aplicação de molibdênio é possível obter 4,9 t ha⁻¹ de produtividade de matéria seca. Assim,

aplicando-se 50 % a mais de lâmina de água além da ET_c obtém-se um aumento de 24,5 % na produtividade de matéria seca de bulbos de cebola.

Pode ser verificado que a aplicação de molibdênio provoca aumento na produtividade total de matéria seca, nas condições edafoclimáticas local.

Segundo Guimarães et al. (2007), a aplicação de molibdênio na cultura do arroz irrigado apresentou incrementos na massa seca em relação à testemunha.

A análise conjunta que foi feita para determinar o efeito da aplicação de molibdênio sobre a cultura mostra que não existe diferença significativa entre a presença e ausência de molibdênio. Porém, há aumento de $0,3 \text{ t ha}^{-1}$ de produtividade de matéria seca, correspondendo a um aumento de 7,5 % na produtividade de matéria seca.

4.1.6. Avaliação do estado nutricional de nitrogênio na cebola com uso do medidor indireto de clorofila SPAD.

Entre algumas técnicas usadas para avaliar o estado nutricional de nitrogênio em tempo real, destaca-se a análise da intensidade do verde das folhas, determinada com o uso do medidor indireto de clorofila SPAD.

Os índices SPAD têm correlação significativa entre intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha. O uso desse aparelho tem sido estudado para diversas culturas, com resultados satisfatórios quanto à avaliação do estado nutricional em alho (VILLAS BOAS et al., 2003; LIMA, 2005), algodoeiro (NEVES et al., 2005), feijoeiro (SORATTO et al., 2004; SILVEIRA et al., 2003), milho (GODOY et al., 2007), batata (BOOIJ et al., 2000; GIL et al., 2002) e arroz (PENG et al., 1995). Entretanto, torna-se necessária a sua calibração em várias outras culturas em diferentes condições edafoclimáticas.

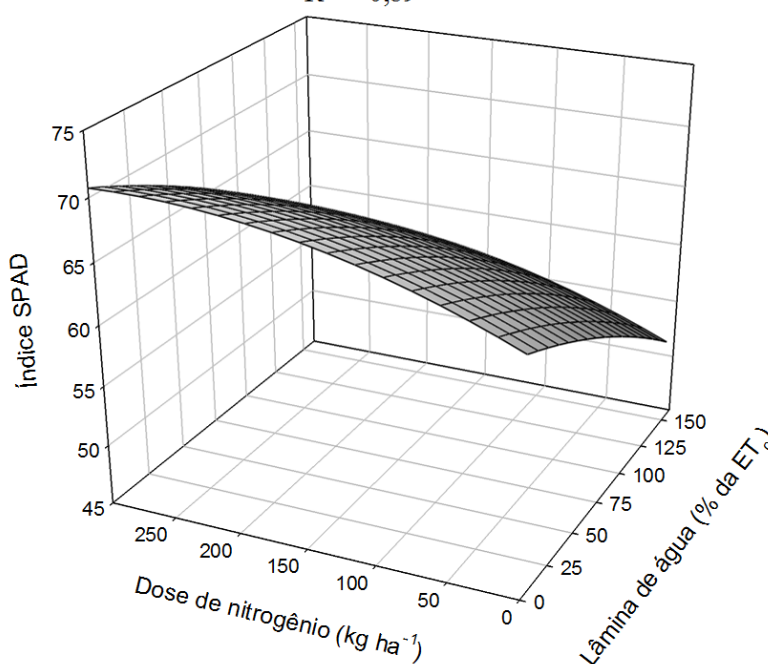
A maior vantagem da determinação da intensidade do verde em relação ao teor de N na folha é instantânea e não destrutiva, não sendo influenciada pelo excesso de adubação nitrogenada (BLACKMER; SCHEPERS, 1995). Em excesso, o nitrogênio absorvido acumula-se como nitrato e, nessa forma, não se associa à molécula de clorofila, não sendo detectado pelo medidor (DWYER et al., 1995). Com o aumento das doses de N, o teor de clorofila nas plantas atinge valor máximo e estabiliza, sendo esse ponto indicativo da dose ótima de N (BACKES et al., 2008).

Portanto, autores como Blackmer e Schepers (1995) consideraram o medidor de clorofila melhor indicativo do estado nutricional da planta do que o teor foliar.

Na Figura 29 está apresentada a superfície de resposta do índice SPAD nas folhas de cebola em função das doses de nitrogênio e das lâminas de água, com aplicação de molibdênio.

$$\text{SPAD} = 64,21 - 5,81 \cdot 10^{-2} L - 1,47 \cdot 10^{-4} L^2 + 4,72 \cdot 10^{-2} D - 8,48 \cdot 10^{-5} D^2$$

$$R^2 = 0,89$$



Significâncias dos coeficientes da equação: ** 1 %, e [∇] 15 %

Figura 29 - Superfície de resposta do índice SPAD nas folhas de cebola em função de doses de nitrogênio e de lâminas de água com a aplicação de molibdênio.

Derivando a equação de segundo grau apresentada na Figura 29 em relação a dose de nitrogênio, pode ser observado que a dose de adubação nitrogenada que resultou no ponto de inflexão, ponto de máximo, índice SPAD é de 278 kg ha⁻¹ de N.

O índice SPAD nas folhas de cebola variou tanto em função das lâminas de água quanto das doses de nitrogênio aplicadas.

O aumento da dose de adubação nitrogenada provoca aumento dos índices SPAD, implicado em maior concentração de N nas folhas de cebola e, conseqüentemente, em melhor estado nutricional. Porém, o efeito provocado pelo

incremento das lâminas de irrigação é contrário ao da adubação nitrogenada, diminuindo a concentração de N nas folhas.

Maiores lâminas de água podem provocar perdas de nitrogênio, via lixiviação, da zona de maior concentração do sistema radicular das plantas, diminuindo a disponibilidade desse elemento a elas. Entretanto, a disponibilidade de água às plantas favorece a absorção de água e nutrientes, a ponto de manter a clorofila muito diluída dentro do tecido foliar, diminuindo, assim, a intensidade do verde das folhas.

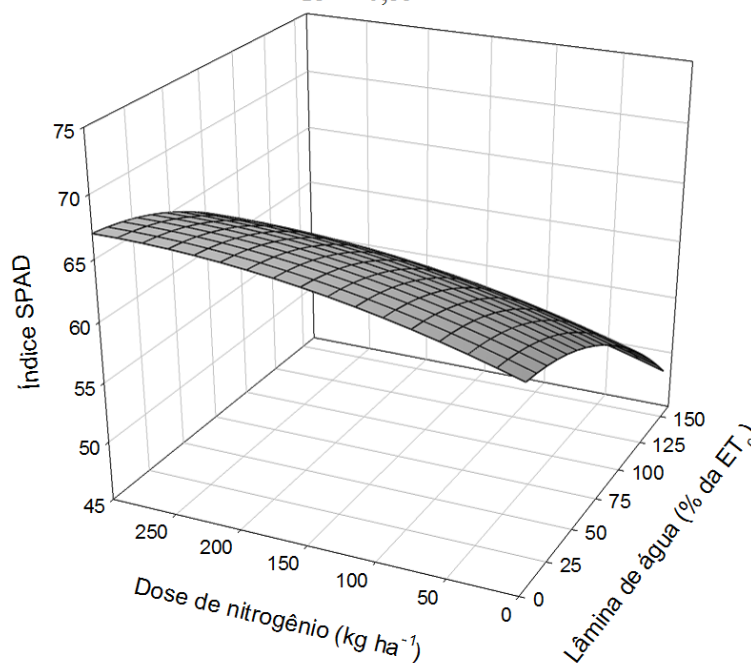
Nas plantas que receberam menos água, ocorreram maiores valores do índice SPAD. A diminuição da disponibilidade de água para as plantas aumentou a concentração de clorofila dentro do tecido foliar, implicando em maior intensidade da cor verde.

Ao analisar a aplicação da lâmina de água e dose de nitrogênio que apresentaram maior produtividade total na presença de molibdênio (150 % da ET_c e $141,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de N), pode ser obtido valores do índice SPAD igual a 57,2. Entre os índices SPAD obtidos, essa está entre as menores. Esse resultado mostra que apesar da correlação com a adubação nitrogenada ser elevada, o incremento na irrigação diminui seu efeito sobre a cultura da cebola.

Na Figura 30 é apresentada a superfície de resposta dos índices SPAD nas folhas de cebola em função das doses de nitrogênio e das lâminas de água, no experimento sem aplicação de molibdênio.

$$\text{SPAD} = 61,92 - 1,76 \cdot 10^{-2} \nabla L - 4,45 \cdot 10^{-4} L^2 + 3,42 \cdot 10^{-2} D - 5,73 \cdot 10^{-5} D^2$$

$$R^2 = 0,85$$



Significâncias dos coeficientes da equação: ** 1 %, * 5 % e ∇ 15 %

Figura 30 - Superfície de resposta do índice SPAD nas folhas de cebola em função de doses de nitrogênio e de lâminas de água sem a aplicação de molibdênio.

No experimento que não foi realizada a aplicação de molibdênio, a derivada da equação de segundo grau, apresentada na Figura 30, resultou em ponto de máximo índice SPAD para a aplicação de 298 kg ha⁻¹ de N.

Pode ser observado que o comportamento do índice SPAD é muito semelhante às obtidas no experimento com aplicação de molibdênio.

Quando foi analisada a aplicação da lâmina de água e dose de nitrógeno que apresentaram maior produtividade total na presença de molibdênio (150 % da ET_c e 229,8 kg ha⁻¹ de N), pode ser obtido índice SPAD igual a 54,1.

Ao fazer a comparação dos experimentos com e sem aplicação de molibdênio, pode ser observado que a aplicação do mesmo provoca aumento de 4,5 % nos valores do índice SPAD. A aplicação desse micronutriente acarreta melhoras no estado nutricional da cultura da cebola.

Observou-se no experimento em que ocorreu a aplicação de molibdênio que ocorreu variação no índice SPAD nas folhas de cebola. Essa variação ocorreu entre 48,9, alcançada com a combinação da aplicação de 150 % da ET_c , e 0 kg ha^{-1} de nitrogênio, a 70,8, obtida com a aplicação de 0 % da ET_c e 180 kg ha^{-1} de nitrogênio. Já no experimento que não teve aplicação de molibdênio a variação foi de 49, obtida no tratamento que recebeu 150 % da lâmina de água e 0 kg ha^{-1} de nitrogênio, a 66,8, com a aplicação de 0 % da ET_c e 300 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Pode ser observado que o comportamento do índice SPAD foi semelhante, tendo maiores valores com as interações entre as menores lâminas de água e as maiores doses de aplicação de nitrogênio. Porém, a aplicação de molibdênio possibilitou maiores valores de leitura que estão diretamente relacionados às concentrações de clorofila nas folhas das plantas e nitrogênio.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores dos índices SPAD e os resultados da análise conjunta feita para verificar o efeito da aplicação do molibdênio na cultura da cebola.

Tabela 8 - Análise conjunta para verificação da influência do molibdênio nas leituras com o uso do SPAD nas folhas de cebola

SPAD D	L = 0		L = 75		L = 100		L = 125		L = 150	
	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo	CMo	SMo
0	67,4 a	66,8 a	61,5 a	55,9 a	55,4 a	55,6 a	52,6 a	50,7 a	50,8 a	48,9 a
120	68,7 a	65,9 a	65,9 a	62,9 a	60,9 a	59,3 a	57,9 a	53,4 a	54,9 a	53,9 a
180	70,8 a	65,8 a	63,5 a	61,5 a	62,8 a	57,9 a	59,6 a	55,4 a	58,9 a	56,4 a
240	67,6 a	66,3 a	67,4 a	66,9 a	64,5 a	63,4 a	61,5 a	56,9 a	61,0 a	55,6 b
300	69,0 a	63,0 a	63,7 a	65,4 a	63,6 a	61,3 a	61,6 a	57,7 a	60,4 a	53,8 b

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, para cada lâmina, não diferem entre si ao nível de 10 % pelo teste Tukey.

Apesar de não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos com e sem aplicação de molibdênio, apresentadas na Tabela 8, pode-se dizer que a aplicação de molibdênio provoca melhoria na condição nutricional das plantas, possibilitando-lhes a obtenção de maiores produtividades. A diferença entre os experimentos torna-se significativa com $P < 0,28$.

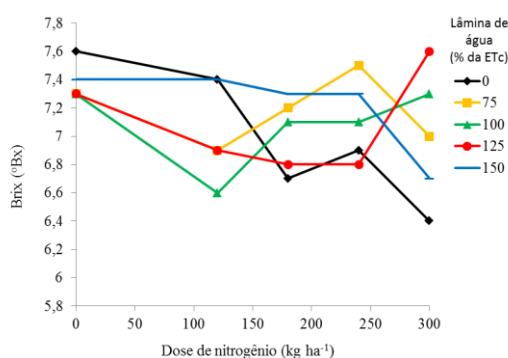
Em estudo realizado com batata sob fertilização nitrogenada, na região de Viçosa, MG, Martínez e Guiamet (2004) verificaram que o decréscimo no conteúdo relativo de água da folha causa aumento nas leituras do índice SPAD, havendo o

decréscimo da transmitância relativa da folha. O aumento da reflectância da luz pode ser uma possível explicação para a diminuição aparente da transmitância das folhas levemente desidratadas. Devido a esse fator, menores teores de água na composição das folhas de cebola que receberam menores lâminas de água podem resultar em maiores valores de leitura do índice SPAD.

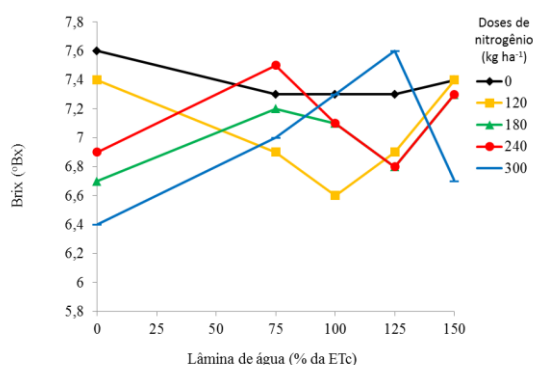
Segundo Westerveld et al. (2004), os valores do índice SPAD podem variar com a época do ano, cultivar, data de determinação e ambiente, dentre outros fatores.

4.1.7. Determinação do Brix

Nas Figuras 31 e 32 são apresentados os diagramas de dispersão do Brix encontrado no suco dos bulbos de cebolas colhidas nos experimentos com e sem a aplicação de molibdênio, respectivamente.

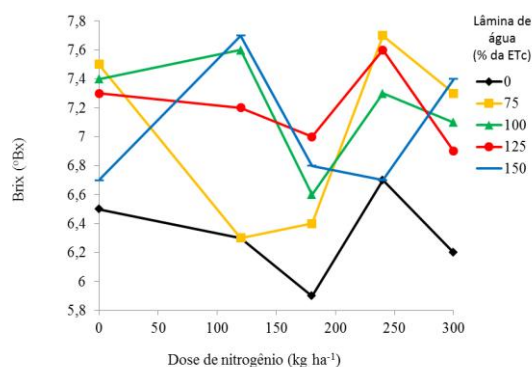


(a)

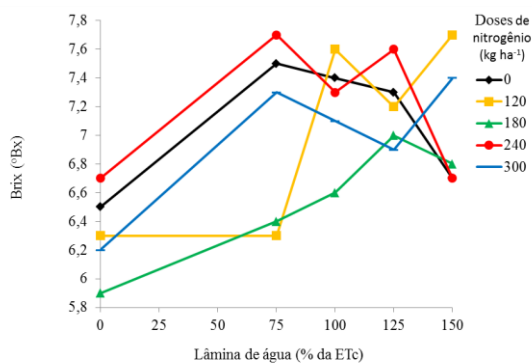


(b)

Figura 31 - Diagrama de dispersão do Brix nos bulbos de cebola em função das doses de nitrogênio para as respectivas lâminas (a) e das lâminas de água para as respectivas doses (b) com a aplicação de molibdênio.



(a)



(b)

Figura 32 - Diagrama de dispersão do Brix nos bulbos de cebola em função das doses de nitrogênio para as respectivas lâminas (a) e das lâminas de água para as respectivas doses (b) sem a aplicação de molibdênio.

O Brix constitui parte dos sólidos solúveis de um produto agrícola. Segundo Vilas Boas et al. (2011), a análise dos sólidos solúveis para a agroindústria é importante, haja vista que o teor de sólidos solúveis totais está ligado à pungência (combinação entre sabor e odor). Segundo Lima et al. (2011), a pungência conferida pelo ácido pirúvico é maior quanto maior for o teor de sólidos solúveis totais; entretanto, quanto mais pungente, mais limitante o consumo fresco.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os sólidos solúveis correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em determinado solvente o qual, no caso dos alimentos, é a água; são eles 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).

Pode ser observado nas Figuras 31 e 32 que, tanto para o experimento com a aplicação de molibdênio quanto para o experimento sem a sua aplicação, não houve resposta significativa para nitrogênio e lâmina de água.

Pode-se verificar que não houve relação do Brix da cebola com as lâminas de água e com as doses de nitrogênio aplicadas.

4.2. Determinação do coeficiente de cultura da cebola com uso de lisímetros de drenagem

4.2.1. Coeficiente de cultura da cebola

Na Figura 33 está apresentada a variação do coeficiente de cultura (K_c) ao longo do ciclo de desenvolvimento da cebola.

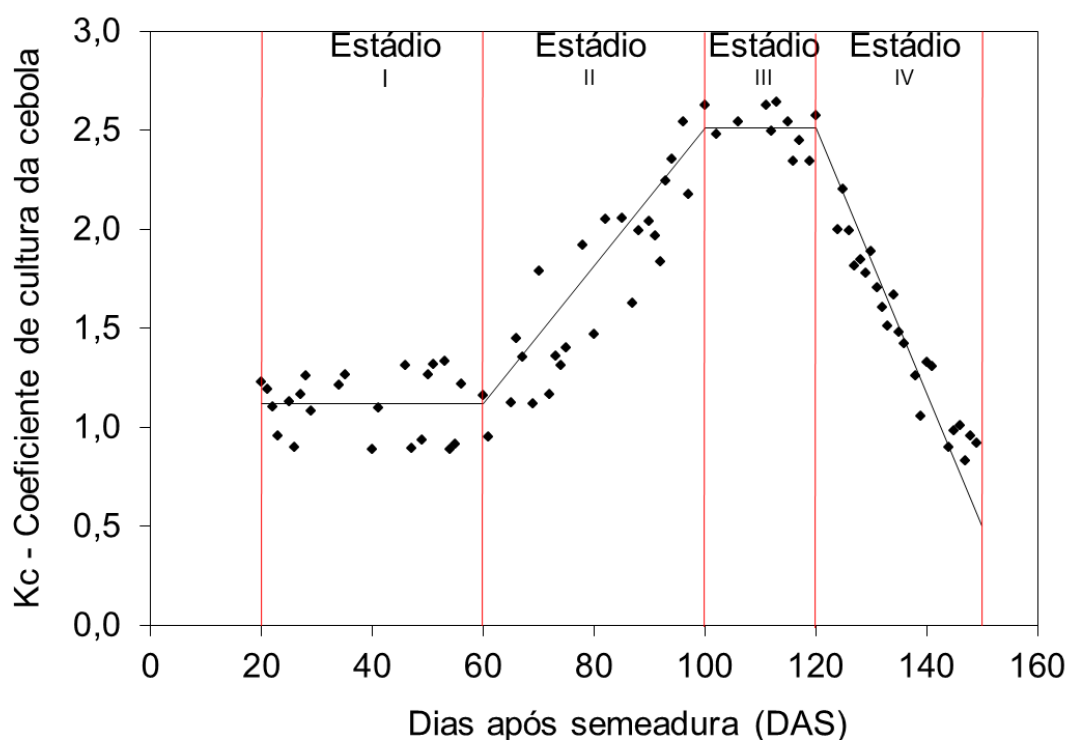


Figura 33 – Variação do coeficiente de cultura ao longo do ciclo de desenvolvimento da cebola.

Observa-se que durante o Estádio I de desenvolvimento da cultura o valor do coeficiente se manteve constante e igual a 1,12, durante 40 dias. Durante o segundo estágio, com duração de 40 dias, a cultura teve maior desenvolvimento da parte aérea e o iniciou a formação dos bulbos, com valor médio do coeficiente de cultura igual a 1,69. No terceiro estágio, com duração de 20 dias, observou-se o maior valor médio do coeficiente de cultura (2,51). Nesse estágio ocorreu a formação dos bulbos com o início de sua maturação. Durante o quarto estágio, com duração de 30 dias houve

diminuição no valor médio do K_c da cultura da cebola, igual a 1,5. Neste estágio ocorreu a senescência das folhas e maturação dos bulbos.

Na Tabela 9 estão apresentadas as durações de cada estágio de desenvolvimento da cultura da cebola e os respectivos valores de K_c .

Tabela 9 - Duração de cada estágio de desenvolvimento e valores médios do coeficiente de cultura da cebola.

Estádios de desenvolvimento da cultura	Duração (Dias)	K_c médio
I	40	1,12
II	40	1,69
III	20	2,51
IV	30	1,50

O período de desenvolvimento da cultura foi dividido em quatro estágios: Inicial (I) – da germinação até o estabelecimento inicial das plantas (10 % de crescimento vegetativo), (II) – do estabelecimento inicial das plantas até o início da bulbificação; bulbificação (III) – início da bulbificação até o início da maturação; e maturação (IV) – início da maturação dos bulbos até a colheita.

Segundo Allen et al. (1998), os valores de K_c para a cultura da cebola em seus estágios inicial, médio e final são, respectivamente, 0,7; 1,05; e 0,75. De acordo com Santos et al. (2012), em experimento com o uso de lisímetro de lençol freático constante para a estimativa do coeficiente de cultura da cebola na região de Juazeiro, BA, os valores de K_c encontrados nos estágios de desenvolvimento da cultura (I, II, III e IV) foram, respectivamente, 0,55; 0,64; 0,96; e 0,66. Segundo Marouelli et al. (2005), os valores de K_c recomendados para cada estágio são, respectivamente, 0,60; 0,80; 0,95; e 0,65.

Pode ser observado que os valores de K_c obtidos neste experimento foram bastante elevados comparativamente aos encontrados na literatura. Esses elevados valores de K_c ocorreram devido à grande frequência de irrigação. A realização das irrigações todos os dias, durante a manhã, mantendo a umidade do solo muito próxima à capacidade de campo, favoreceu a perda de água por evaporação diretamente da superfície do solo, contribuindo para a obtenção de valores superiores aos encontrados na literatura de ET_c . Em média, os valores de K_c encontrados para cada estágio de desenvolvimento foram 83, 105, 145 e 108 % maiores que os encontrados em literaturas.

A produtividade total média de bulbos de cebola produzida dentro dos lisímetros foi equivalente a 54,3 t ha⁻¹. De acordo com Vidigal et al. (2007), em cultivos realizados de maneira correta, tem sido obtidas produtividades de cebola no Brasil, variando entre 40 e 60 t ha⁻¹. Assim, é possível afirmar que as condições impostas à cultura, durante o período experimental, foram adequadas ao seu cultivo.

5. CONCLUSÕES

1. A maior produtividade total de bulbos de cebola ($69,6 \text{ t ha}^{-1}$) foi obtida com aplicação de $141,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, lâmina de água equivalente a 150 % da ET_c com uso de molibdênio. Sem esse micronutriente, deve-se aplicar $226,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio com a mesma lâmina de irrigação, nas condições em que o experimento foi conduzido.
2. A aplicação de molibdênio provocou diminuição de 61,9 % da necessidade de adubação nitrogenada para a cultura da cebola, ocasionando aumento de 9,6 % na produtividade comercial de cebola.
3. O aumento da lâmina de água aplicada na cultura provoca diminuição do teor de matéria seca dos bulbos de cebola. No entanto, o incremento de 50 % na lâmina de água equivalente a 100 % da ET_c provocou aumento de 28,6 % na produtividade de matéria seca.
4. O aumento das doses de nitrogênio resultou em maior índice SPAD, indicando melhoria no estado nutricional das plantas. Por outro lado o aumento das lâminas de irrigação diminuiu a concentração de nitrogênio nas folhas das plantas de cebola.
5. Não houve relação entre Brix e doses de nitrogênio e lâminas de irrigação.
6. Os valores de K_c encontrados para a cultura da cebola, nos estádios I, II, III e IV, foram, respectivamente, 1,12; 1,69; 2,51; e 1,50.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, P.C., VIDIGAL, S.M., LOPES, I.P.C., RIBEIRO, M.R.F., SEDIYAMA, M.A.N. **Produção de cebola em função da adubação com nitrogênio e molibdênio**. Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 8, 2011, Belo Horizonte.

ALLEN, R.G. **REF-ET**: reference evapotranspiration calculator, Version 2.1. Idaho: Idaho University, 2000. 82 p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A.A.; ARAÚJO, G.A. de A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres**, v. 41, p. 202-16, 1994.

BACKES, C.; LIMA, C.P.; GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L.; IMAIZUMI, I. Coloração verde nas folhas da cultura do alho vernalizado em resposta à adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 491-498, 2008.

BANDEIRA, G. R. L.; DE QUEIROZ, S. O. P.; ARAGÃO, C. A.; COSTA, N. D.; SANTOS, C. A. F. Desempenho agrônômico de cultivares de cebola sob diferentes manejos de irrigação no submédio São Francisco. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 73-84, janeiro-março, 2013

BARBIERI, R.L.; MEDEIROS, A.R.M. 2005. A cebola ao longo da história. In: BARBIERI, RL (ed). **Cebola: ciência, arte e evolução**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 13-20.

BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 8, p. 56-60, 1995.

BOEING, G. **Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense**. Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 2002. 88 p.

BOOIJ, R.; VALENZUELA, J.L.; AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A. J.; MACKERRON, D. K. L. (Ed.). **Management of nitrogen and water in potato production**. The Netherlands: Wageningen Pers, 2000. p. 72-82.

BOYHAN, G.E.; TORRANCE, R.L.; HILL, C.R. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium rates and fertilizer sources on yield and leaf nutrient status of short-day onions. **HortScience**, v.42, p.653- 660, 2007.

BREWSTER, J.L.; BÜTLER, H.A. Effects of nitrogen supply on bulb development in onion *Allium cepa* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 40, n. 219, p. 1155-1162, 1989.

BUZAR, A.G.R.; OLIVEIRA, V.R; BOITEUXLS. 2007. Estimativa da diversidade genética de germoplasma de cebola via descritores morfológicos, agronômicos e bioquímicos. **Horticultura Brasileira** 25: 527-532.

CARDOSO, A.I.I. **Seleção de cebola (*Allium cepa* L.) para bulbificação e maturação no sistema de cultivo de bulbilhos de “ciclo curto”**. 1997. 105 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, SP, 1997.

CASTELLANE, P.D.; SOUZA, A.F.; MESQUITA FILHO, M.D. Culturas olerícolas. m.d. culturas olerícolas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, SP: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 549-584.

CASTRO, P.S. et al. Interceptação da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 7, p. 76-9, 1983.

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

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

CHRISTIANSEN, E.J. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: University of California, 1942.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

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. 2012.

COSTA, E.L.; MAROUELLI, W.A.; NETO, L.F.C.; SILVA, W.L.C. Irrigação da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, EPAMIG, v. 23, n. 218, p. 57-66, 2002a.

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, 2002b.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Funções de micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, SP: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 65-78.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 2000. 221 p. (Irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Crop water requeriment**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).

DWYER, L.M.; ANDERSON, A.M.; MA, B.L.; STEWART, D.W.; TOLLENAAR, M.; GREGORICH, E. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 75, p. 179-182, 1995.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Revisada. Rio de Janeiro: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção**. 3 ISSN 1807-0027. Versão eletrônica Nov/2007.

FACTOR, T.L; LIMA, J.R.S; PURQUERIO, L.F.V; TIVELLI, S.W; TRANIPE; BREDA, J.R.J.M; ROCHA, M.A.V. 2009. Manejo da adubação nitrogenada na produção de cebola em plantio direto. **Horticultura Brasileira** 27: S613-S620.

FERREIRA, A.C.B; ARAÚJO, G.A.A; PEREIRA, P.R.G; CARDOSO, A.A. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DO MILHO ADUBADO COM NITROGÊNIO, MOLIBDÊNIO E ZINCO. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.131-138, jan./mar. 2001

FERREIRA, M.D. **Cultura da cebola**: recomendações técnicas. Campinas, SP: ASGROW, 2000. 36 p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2.ed. Viçosa: UFV, 2003. 412p.

FONTES, P.C.R.; SILVA, D.J.H. da. Métodos de produção de cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 28-35, 2002.

FRANCO, A.A., DAY, J.M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. **Turrialba**, San José, v.30, p.99-105, 1980.

FRIZZONE, J.A. Função de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 87.

GALMARINI, C.R. Características botánicas y fisiológicas. In: **Manual del cultivo de la cebolla**. GALMARINI, C.R. (ed.). San Juan: INTA, 1997. 128 p.

GIL, P.T.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; FERREIRA, F.A. Índice spad para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.

GODOY, L.J.G.; SOUTO, L.S.; FERNANDES, D.M.; VILLAS BÔAS, R.L. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 38-44, 2007.

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

GUIMARÃES, S.L; BALDANI, J.I; BALDANI, V.L.D e NETO, J.J. Adição de molibdênio ao inoculante turfoso com bactérias diazotróficas usado em duas cultivares de arroz irrigado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.3, p.393-398, mar. 2007

GUPTA, U.C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 73-115, 1981.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 agost. 2013.

KLAR, A.E.; KIMOTO, T.; SIMÃO, S. Os efeitos de diferentes regimes de irrigação sobre vários caracteres da cultura da cebola (*Allium cepa* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 29, p. 261-271, 1972.

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

LEE, J.T.; HA, I.J.; LEE, C.J.; MOON, J.S.; CHO, Y.C. Effect of N, P₂O₅, and K₂O application rates and top dressing time on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.)

under spring culture in low land. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology**, v.21, p.260-266, 2003.

LEITE, D.L.; OLIVEIRA, V.R.; SANTOS, C.A.F.; COSTA, N.D. Influência do fotoperíodo e temperatura na bulbificação de cultivares de cebola. **Revista Campo e Negócios - HF**, n. 56, p. 57-59, 2010.

LIMA, C.B.A.; OLIVEIRA, G.M.; SANTOS, I.M.S.; BISPO, R.C.; SANTOS, C.A.F. Produtividade da cebola dentro e fora de evapotranspirômetros. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. S3552-S3559, 2011.

LIMA, C.P. **Medidor de clorofila na avaliação de nutrição nitrogenada na cultura do alho vernalizado**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu SP, 2005.

LIMA, M.D.B.; BULL, L.T. Produção de cebola em solo salinizado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 231-235, 2008.

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

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1985. 136 p.

MANDIRA, C.; KHAN, A.H. Effect of nitrogen and potassium on growth, yield and yield attributes of onion. **New Agriculturist**, v.14, p.9-11, 2003.

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

MARTÍNEZ, D.E.; GUIAMET, J.J. Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. **Agronomie**, v. 24, n. 1, p. 41-46, 2004.

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**, v. 25, p. 053-059, 2007.

MEDEIROS, A.T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE.** 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2002.

MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M.T.; PEÇANHA, A.L.; GOTTARDO, R.D. Determinação do coeficiente cultural (K_c) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007.

MERRIAN, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management.** Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

NEERAJA, G.; REDDY, K.M.; REDDY, M.S.; RAO, V.P. Influence of irrigation and nitrogen levels on bulb yield, nutrient uptake and nitrogen use efficiencies in rabi onion (*Allium cepa*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.7, p.109-111, 2001.

NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G.; MARTINS, F.A.D.; PÁDUA, T.R.P.; PINHO, P.J. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.

NOGUEIRA, L.C.; NOGUEIRA, L.R.Q.; MIRANDA, F.R. **Irrigação do coqueiro.** In: Ferreira, J. M. S.; Warwick, D. R. N.; Siqueira, L. A. (ed.). A cultura do coqueiro no Brasil. 2.ed. revisada e ampliada. Brasília: Embrapa SPI; Aracaju: Embrapa CPATC, 1998. p.159-187.

OLIVEIRA, R. A.; RAMOS, M. M. **Manual do irrigâmetro.** 1ª edição, Viçosa, Minas Gerais, 2008. 144p.

OLIVEIRA, G.M; LEITÃO, M.M.B.R; BISPO, R.C; SANTOS, I.M.S; LIMA, C.B.A; e 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 v.17, n.9, p.969–974, 2013

OLIVEIRA, R.A.; ROCHA, I.B.; SEDIYAMA, G.C.; PUIATTI, M.; CECON, P.R.; SILVEIRA, S.F.R. Coeficientes de cultura da cenoura nas condições edafoclimáticas do Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 280-284, 2003.

PENG, S.; GARCIA, F.V.; LAZA, R.C.; SANICO, A.L.; VISPERAS, R.M.; CASSMAN, K.G. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. **Field Crops Research**, v. 47, p. 243-252, 1995.

PINTO, D.G.; RAMARI, T.O.I.; GONÇALVES, A.C.A. Construção, operação e avaliação de lisímetros de drenagem para medidas de evapotranspiração em solo argiloso. **Anais do XVIII EAIC**. [S.l. : s.n.t.], 2009.

PÔRTO, D.R.Q.; CECILIO FILHO, A.B.; MAY, A.; VARGAS, P.F. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola “Superex” estabelecida por semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 37, p. 949-955, 2007.

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, L.M.A.; MASCARENHAS, M.H.T.; SIMÃO, M.L.R. Panorama da produção e da comercialização da cebola em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 23, p. 218; 7-19, 2002.

RIEKELS, J.W. Nitrogen-water relationships of onion grown on organic soil. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 102, p. 139, 1977.

ROCHA, I.B. **Produção da cenoura (*Daucus carota* L.) irrigada nas condições edafoclimáticas da região do Alto Paranaíba: avaliação econômica e determinação do coeficiente de cultura**. 2003. 117 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

RUBIN, S.A.L., SANTOS, O.S., RIBEIRO, N.D., et al. Tratamento de sementes de soja com micronutrientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.5, n.1, p.39-42, 1995.

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.0**: Fundação Arthur Bernardes – UFV. Viçosa, MG, 2006.

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**, v. 3, p. 85-92, 1994.

SANTOS, I.M.S; OLIVEIRA, G.M; LEITÃO, M.M.V.B.R; CARVALHO, A.R.P; BISPO, R.C; LIMA, C.B.A. 2012. Evapotranspiração e coeficiente de cultura para as diferentes fases fenológicas da cebola. **Horticultura Brasileira** 30: S5711-S5716.

SCHOPPER, M. **Plant physiology**. Trad. por De G. LAWLOR e D. W. LAWLOR. Berlin: Springer - Verlag, 1995. 629 p.

SEAPA. **Perfil do agronegócio** (2003 - 2009). Belo Horizonte: Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais, 2010. 142 p.

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

SILVA, A.C. DA; LIMA, L.A.; EVANGELISTA, A.W.P.; MARTINS, C.P. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1215-1221, 2011.

SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; DIDONET, A.D. Chlorophyll meter to evaluate the necessity of nitrogen in dry beans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, v.5, n.223, p.74-82, 2004.

SINGH, S.; YADAV, P.K.; SINGH, S. Effect of nitrogen and potassium on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) cv. Pusa Red. **Haryana Journal of Horticultural Sciences**, v.33, p.308- 309, 2004.

SOARES JÚNIOR, F.J. **Composição florística e estrutura da vegetação arbórea de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual na Fazenda Tico-Tico, Viçosa, MG.** 2000. 64 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 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**, v. 22, p. 18-22, 2004.

SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

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

TAVARES DE PAULA, 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.

VICENTE, M.R.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, M.A.; CUNHA, F.F.; TEIXEIRA, E.N. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade e no sistema radicular do feijoeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 238-249, 2007.

VIDIGAL, S.M.; COSTA, E.L.; CIOCIOLA JÚNIOR, A.I. Cebola (*Allium cepa* L.). In: PAULA JÚNIOR, T.J.; VENZON, M. (Org.). **101 culturas** – Manual de Tecnologias Agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 243-252.

VIDIGAL, S.M.; FACION, C.E. Comportamento de cultivares de cebola com mudas produzidas em canteiro e bandeja. **Ceres**, v. 53, n. 307, p. 399-405, 2006.

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

VIDIGAL, S.M.; MOREIRA, M.A.; PEREIRA, P.R.G. Crescimento e adubação de nutrientes pela planta cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplante de mudas. **Biosciense Journal**, v. 26, p. 59-70, 2010a.

VIDIGAL, S.M.; PEDROSA, M.W.; FONSECA, M.S.; SANTOS, I.C. Adubação com nitrogênio em cobertura na produção de cebola. 2010b. **Horticultura Brasileira** 28: S3705-S3711.

VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A.O.; ARAÚJO, G.A. de A. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. **Revista Agricultura**, v. 67, p. 117-24, 1992.

VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C.; CARDOSO, E.J.B. N.; MOSQUIM, P.R. Foliar application of molybdenum in common bean. II. Nitrogenase and nitrate reductase activities in a soil of low fertility. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, n. 10, p. 2141-2151, 1998.

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

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**, v. 15, n. 2, p. 117-124, 2011b.

VILELA, N.J.; MAKISHIMA, N.; OLIVEIRA, V.R.; COSTA, N.D.; MADAIL, J.C.M.; CAMARGO FILHO, W.P.; BOEING, G.; MELO, P.C.T. Desafios e oportunidades para o agronegócio da cebola no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p.1029-1033, 2005.

VILELA, N.J.; MAKISHIMA, N.; VIEIRA, R.C.M.T.; CAMARGO FILHO, W.P.; MADAIL, J.C.M.; COSTA, N.D.; BOEING, G.; VIVALDI, L.F.; WERNER, H. Identificação de sistemas de produção de cebola nos principais Estados produtores: relatório final de pesquisa - subprojeto 13.2001.865- 07. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002.

VILLAS BÔAS, R.L.; GODOY, L.J.G.; VERZIGNASSI, J.R.; KUROSAWA, C. Teor de clorofila e de nitrogênio estimados pelo clorofilômetro nas folhas de plantas de alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 354, 2003.

WESTERVELD, S.M.; MCKEOWN, A.W.; MACDONALD, M.R.; SCOTT-DUPREE, C.D. Assessment of chlorophyll and nitrate meters as field tissue nitrogen tests for cabbage, onions and carrots. **HortTechnology**, v.14, p.179-188, Apr./June 2004.

ANEXOS

Tabela 1A – Valores diários de irrigação, drenagem, evapotranspiração da cultura, evapotranspiração de referência e dos coeficientes de cultura da cebola.

DAS	Irrigação	Drenagem	ET _c	ET _o	K _c
	(mm)				
21	3,57	1,12	2,45	3,27	0,75
22	4,76	1,22	3,54	3,23	1,10
23	4,76	1,29	3,47	3,24	1,07
24	4,76	0,92	3,84	3,12	1,23
25	4,76	1,40	3,36	2,82	1,19
26	4,76	1,57	3,20	2,90	1,10
27	4,76	1,82	2,94	3,07	0,96
28	4,17	1,23	2,93	3,91	0,75
29	3,57	0,74	2,83	2,50	1,13
30	3,57	0,69	2,89	3,20	0,90
31	3,57	0,27	3,30	2,83	1,17
32	4,17	0,37	3,80	3,01	1,26
33	4,76	0,79	3,97	3,66	1,08
34	4,17	0,65	3,51	2,05	1,71
35	4,17	1,33	2,84	1,93	1,47
36	3,57	1,10	2,47	3,50	0,71
37	2,98	0,24	2,74	3,85	0,71
38	4,17	0,62	3,55	3,35	1,06
39	4,76	0,27	4,49	3,55	1,26
40	4,76	0,74	4,02	2,35	1,71
41	4,17	1,66	2,51	2,24	1,12
42	2,98	1,61	1,37	2,26	0,61
43	2,38	0,84	1,54	2,67	0,58
44	2,38	0,31	2,07	2,33	0,89
45	2,98	0,35	2,63	2,39	1,10
46	3,57	0,64	2,93	1,67	1,75
47	2,98	0,82	2,16	1,46	1,48
48	3,57	1,19	2,38	3,10	0,77
49	2,98	0,72	2,26	2,44	0,93
50	2,98	0,78	2,19	1,67	1,31
51	2,98	0,54	2,43	2,72	0,89
52	2,98	0,34	2,63	1,67	1,58
53	3,57	0,66	2,91	3,10	0,94
54	3,57	0,31	3,26	2,57	1,27
55	4,17	0,37	3,80	2,88	1,32
56	4,17	0,69	3,48	2,25	1,55

*DAS: Dias após a semeadura

continua

57	3,57	1,29	2,28	1,71	1,33
58	2,98	0,43	2,55	2,24	1,14
59	2,98	0,48	2,49	2,73	0,91
60	3,57	0,47	3,10	2,64	1,17
61	4,17	0,79	3,37	2,01	1,68
62	3,80	1,03	2,77	3,76	0,74
63	2,98	0,64	2,34	0,60	3,89
64	2,98	1,34	1,64	1,41	1,16
65	2,38	0,79	1,59	1,67	0,95
66	2,38	0,31	2,07	2,71	0,76
67	2,98	0,08	2,89	1,70	1,70
68	4,17	0,67	3,50	1,79	1,96
69	4,17	1,13	3,03	2,70	1,12
70	3,57	0,63	2,94	2,03	1,45
71	3,57	0,62	2,95	2,18	1,35
72	3,57	0,77	2,80	1,45	1,93
73	3,57	0,72	2,85	2,55	1,12
74	3,57	0,69	2,88	1,61	1,79
75	3,57	1,17	2,41	2,59	0,93
76	2,98	0,33	2,64	2,26	1,17
77	4,17	0,52	3,65	2,68	1,36
78	4,17	0,29	3,87	2,95	1,31
79	4,17	0,11	4,06	2,90	1,40
80	4,76	0,35	4,42	2,01	2,20
81	4,76	0,93	3,83	1,70	2,26
82	4,76	1,28	3,48	1,81	1,92
83	4,17	0,70	3,46	2,76	1,25
84	4,17	0,08	4,09	2,78	1,47
85	4,76	0,67	4,09	3,65	1,12
86	4,76	2,13	2,63	1,28	2,05
87	3,57	1,28	2,29	1,68	1,36
88	2,98	0,34	2,64	2,26	1,17
89	4,17	0,30	3,86	1,88	2,06
90	4,76	0,99	3,77	1,28	2,95
91	4,76	1,10	3,66	2,25	1,63
92	4,17	0,42	3,75	2,01	1,86
93	4,76	1,17	3,60	1,55	2,32
94	4,17	0,78	3,38	3,15	1,07
95	4,17	0,23	3,93	2,00	1,97
96	4,76	0,14	4,62	2,52	1,83
97	5,36	0,13	5,23	2,33	2,24
98	5,95	0,25	5,70	2,42	2,36
99	6,55	0,96	5,58	2,55	2,19

continua

100	6,55	1,54	5,01	1,97	2,54
101	5,36	0,24	5,12	2,02	2,53
102	4,76	0,72	4,04	2,49	1,62
103	5,95	0,44	5,52	2,26	2,44
104	6,55	1,79	4,76	1,51	3,15
105	4,76	0,53	4,23	2,32	1,82
106	5,95	0,25	5,70	2,30	2,48
107	5,95	0,77	5,18	2,36	2,19
108	5,95	0,34	5,62	2,60	2,16
109	6,55	0,07	6,48	2,66	2,44
110	7,14	0,91	6,23	2,45	2,54
111	6,55	0,81	5,73	2,61	2,20
112	6,55	0,07	6,47	2,26	2,86
113	7,74	1,94	5,80	2,27	2,56
114	8,33	2,16	6,17	2,09	2,95
115	6,04	0,02	6,02	2,06	2,92
116	7,14	0,92	6,22	2,49	2,50
117	6,55	0,28	6,27	2,37	2,64
118	7,14	0,23	6,92	2,50	2,77
119	7,74	0,80	6,94	2,73	2,54
120	7,74	0,99	6,75	2,88	2,34
121	7,14	2,02	5,12	2,87	1,78
122	8,33	1,90	6,43	2,06	3,12
123	7,74	1,39	6,35	2,71	2,34
124	7,14	2,07	5,07	2,76	1,84
125	7,14	2,37	4,78	2,44	1,96
126	5,95	1,89	4,06	3,44	1,18
127	4,76	1,68	3,08	3,21	0,96
128	4,76	0,04	4,72	3,56	1,33
129	6,55	0,88	5,66	3,19	1,78
130	7,14	1,50	5,64	3,17	1,78
131	6,55	0,98	5,57	3,07	1,81
132	7,14	1,26	5,88	3,18	1,85
133	6,55	0,60	5,94	3,34	1,78
134	7,14	1,84	5,30	3,23	1,64
135	6,55	0,91	5,64	3,31	1,70
136	7,14	2,81	4,33	3,25	1,33
137	6,55	1,82	4,72	3,12	1,51
138	6,55	1,79	4,76	3,77	1,26
139	7,14	2,15	4,99	3,37	1,48
140	5,95	1,58	4,37	3,07	1,42
141	5,95	2,42	3,53	2,76	1,28
142	4,76	1,49	3,27	3,50	0,93

continua

143	4,17	0,46	3,70	3,51	1,06
144	4,76	0,47	4,29	3,23	1,33
145	5,36	1,05	4,30	3,29	1,31
146	5,36	1,33	4,03	2,38	1,69
147	4,76	2,17	2,60	3,48	0,75
148	3,57	1,37	2,20	3,38	0,65
149	2,98	0,85	2,13	2,16	0,98
150	3,57	0,81	2,76	2,73	1,01
