NATÁLIA SILVA ASSUNÇÃO

FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

NATÁLIA SILVA ASSUNÇÃO

FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de abril de 2016.

Dr.Sc. Christiane Augusta Diniz Melo	Prof. Leonardo Angelo de Aquino (Coorientador)
Profa. Maria Elisa de Sena Fernandes (Orientadora)	Prof. Marcelo Rodrigues dos Reis

Aos meu pais, Heli Donizete de Assunção e Carmen Aparecida da Silva Assunção, por serem minha força e inspiração.

À minha irmã, Fernanda Silva Assunção, meu maior orgulho, pelo apoio e carinho.
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido o dom de vida, tranquilidade e paciência nos momentos difíceis, e por me iluminar em todas as minhas indecisões.

À Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, em particular, aos professores da Pós-Graduação em Agronomia, os quais me incentivaram e contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal.

À CAPES pela bolsa concedida durante a realização deste curso.

Aos meus familiares pelo apoio, carinho e pelas bênçãos que derramam em mim todos os dias, independente da distância que estamos. Com vocês compartilho esta conquista.

À professora/orientadora Maria Elisa de Sena Fernandes pela oportunidade de poder ingressar em seu grupo de pesquisa, pela paciência, incentivo, compreensão e transmissão de conhecimentos que contribuíram para concretização deste trabalho e para minha vida profissional.

Ao professor Leonardo Angelo de Aquino, pela ajuda, paciência e sugestões que muito contribuíram para realização deste trabalho.

Aos professores, Flávio Lemes Fernandes, Vinícius Faria e André Mundstock Xavier de Carvalho pela atenção e auxílio durante a condução e conclusão deste trabalho.

Ao professor Marcelo Rodrigues dos Reis e a Dr.Sc. Christiane Augusta Diniz Melo pela participação da banca de defesa de dissertação e sugestões que auxiliaram no aprimoramento deste trabalho.

Aos técnicos e funcionários do galpão, os quais muito contribuíram para o desenvolvimento dos experimentos e não mediram esforços para me ajudar.

A todos meus amigos, em especial a Isabella, Jéssica, Nayara e Samarina que juntas compartilhamos os trabalhos e comemoramos cada passo dado.

Aos membros do Grupo de Pesquisa em Hortaliças que sempre me ajudaram na condução dos experimentos.

A todos que contribuíram de alguma forma para conclusão deste trabalho.

Meus Sinceros Agradecimentos!

SUMÁRIO

RESUMO v
ABSTRACT vi
INTRODUÇÃO GERAL 1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 3
CAPÍTULO I - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO 5
RESUMO 5
1. INTRODUÇÃO 6
2. MATERIAL E MÉTODOS 7
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 10
4. CONCLUSÕES 13
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 13
CAPÍTULO II - QUALIDADE NUTRICIONAL DOS FRUTOS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO 19
RESUMO 19
1. INTRODUÇÃO 20
2. MATERIAL E MÉTODOS 21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 24
4. CONCLUSÕES 26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 26
CONSIDERAÇÕES FINAIS 30

RESUMO

ASSUNÇÃO, Natália Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Abril de 2016. **Fontes e doses de nitrogênio na qualidade e produtividade do tomateiro.** Orientadora: Maria Elisa de Sena Fernandes. Coorientadores: Leonardo Angelo de Aquino e Flávio Lemes Fernandes.

A nutrição mineral é um dos fatores de maior relevância na produtividade e na qualidade nutricional dos frutos de tomate. Dentre os principais nutrientes, destaca-se o nitrogênio (N). Há uma dificuldade no ajuste da adubação nitrogenada em função da escolha adequada das doses e fontes a serem aplicadas. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio na qualidade e produtividade do tomateiro. Foram conduzidos dois experimentos na área experimental da Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, em Rio Paranaíba (MG), um em campo e o outro em vasos. Foram utilizados os híbridos comerciais Forty e Dominador, no experimento em campo e vasos, respectivamente. No experimento em campo, as plantas foram espaçadas de 0,20 x 2,0 m, enquanto que nos vasos foram cultivadas quatro plantas em cada. Em ambos, os tratamentos consistiram de duas doses de N, 100 e 400 kg ha^{-1} para o campo e 50 e 200 mg dm^{-3} para os vasos, combinadas com quatro fontes (ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de cálcio), em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Foi adotado o esquema fatorial (4 x 2) + 1 (quatro fontes combinadas com duas doses de N, mais um tratamento sem aplicação de N). Houve incremento no índice SPAD e diâmetro longitudinal dos frutos com o aumento da dose de N no experimento em campo, assim como aumentos de ºBrix em ambas as pesquisas e de acidez titulável no cultivo em vasos. Em ambos os experimentos a ureia e o nitrato de amônio proporcionaram os maiores valores de pH nos frutos. Para o experimento em campo, o nitrato de amônio e de cálcio propiciaram frutos mais firmes e o menor teor de N na folha índice. Enquanto que a maior produtividade foi obtida com a aplicação de fontes que continham amônio e a menor no tratamento controle. O teor de potássio nos frutos cultivado em campo foi maior com a aplicação da dose de 100 kg ha^{-1}. Para o cultivo em vasos, não foram verificadas diferenças significativas para os teores de potássio, licopeno e carotenoides totais nos frutos de tomate.

ABSTRACT

ASSUNÇÃO, Natália Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2016. **Nitrogen sources and doses on quality and yield of tomato**. Advisor: Maria Elisa de Sena Fernandes. Co-Advisors: Leonardo Angelo de Aquino and Flávio Lemes Fernandes.

The mineral nutrition is one of the factors most relevant in productivity and nutritional quality of tomato fruits. Among the major nutrients, stands out nitrogen (N). There is a difficulty in adjusting the nitrogen fertilizer due to the appropriate choice of doses and sources to be applied. Thus, this study aimed to evaluate the effect of sources and doses of nitrogen on quality and yield of tomato. Two experiments were conducted in the experimental area of Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaiba in Rio Paranaiba (MG), one field and the other one in pots. Commercial hybrid Forty and Dominador were used in the field experiment and vessels, respectively. In the field experiment, the plants were spaced 0,20 x 2,0 m, while the pots were cultivated four plants in each. In both, the treatments consisted of two doses of N, 100 and 400 kg ha^{-1} for the field and 50 and 200 mg dm^{-3} for the vessels, combined with four sources (urea, ammonium sulfate, ammonium nitrate and nitrate calcium), in a randomized block design with four replications. The factorial design was adopted (4 x 2) + 1 (four sources combined with two doses of N plus a treatment without N application). There was an increase in the SPAD index and longitudinal diameter of fruit with increasing N rate in the experiment in the field, as well as ºBrix increases in both research and titratable acidity in cultivation in pots. In both experiments urea and ammonium nitrate provided higher pH values in the fruit. For the field experiment, the ammonium nitrate and calcium firmer fruits propitiated and the lowest N content in the leaf index. While the highest productivity was obtained with the application of sources containing ammonium and lowest in the control treatment. The potassium content fruit grown in the field was higher with the application of the dose of 100 kg ha^{-1}. For growing in pots, were not observed significant differences in the levels of potassium, lycopene and carotenoids in tomato fruit.

INTRODUÇÃO GERAL

Os frutos do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) destacam-se pelo alto consumo nacional e mundial (Guil-Guerrero & Reboolloso-Fuentes, 2009). No Brasil, no ano de 2015, foi cultivada uma área de 55 mil hectares, sendo os estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo os maiores produtores nacionais de tomate. A maior parte da produção é destinada a atender o mercado interno, uma vez que a taxa de exportação é considerada baixa, obtendo o valor de 4,9 mil toneladas no ano de 2014 (MAPA, 2015). Trata-se então de uma cultura bastante expressiva, no sentindo de ser consumida quase diariamente pela população brasileira, além de apresentar grande relevância socioeconômica (Schwarz et al., 2013).

O consumo de tomates contribui para ingestão de diversos compostos (Dorais et al., 2008), considerados benéficos a saúde, como por exemplo, os antioxidantes, os quais eliminam os radicais livres, reduzindo os danos celulares (Ding et al., 2016; Stinco et al., 2016), fibras e determinados minerais considerados essenciais ao organismo humano. Possuem também os carotenoides, principalmente o licopeno, caracterizado por possuir propriedades que podem auxiliar na prevenção de alguns tipos de câncer, como próstata e pulmão, além de doenças cardiovasculares (Canene-Adams et al., 2005; Dillingham & Rao, 2009; Ford & Erdman, 2012).

Em virtude da elevada demanda pelo mercado consumidor, é necessária a manutenção da alta produtividade. Além do mais, os consumidores estão cada vez mais exigentes no sentido da obtenção de produtos de alta qualidade (Iglesias et al., 2015), uma vez que o consumo de tomate está relacionado a um indicador nutricional de bom hábito alimentar (Hernández Suárez et al., 2007). Esta qualidade nutricional está relacionada tanto a aspectos da aparência, os quais despertam o interesse do consumidor, quanto ao valor nutricional e sabor (Iglesias et al., 2015), que se associa ao teor de sólidos solúveis, minerais, licopeno, carotenoides totais, pH e acidez titulável (Ding et al., 2016).

Vários são os fatores que podem influenciar no rendimento e qualidade nutricional dos frutos de tomate, como a irrigação e a nutrição mineral (Mehmood et al., 2012) contudo, o último fator é um dos mais importantes. Dentre os nutrientes que influenciam o crescimento, a produtividade e a qualidade nutricional dos frutos de tomate, destaca-se o nitrogênio (N) (Ferreira et al., 2010). A relevância deste nutriente está associada ao seu papel estrutural, sendo constituinte de proteínas e moléculas de clorofila, além de outros compostos que apresentam importância fotossintética, como nucleotídeos, enzimas e hormônios (Mehmood et al., 2012).

A importância do N também está associada ao fato de afetar diretamente a absorção de outros nutrientes ao tomateiro (Huett & Dettmann, 1988), como cálcio e magnésio (Borgognone

et al., 2013). Em relação à qualidade nutricional dos frutos, o N influencia na disponibilidade de seus componentes como, por exemplo, a aplicação de baixas doses do nutriente apresenta efeito positivo sobre vitamina C e alguns compostos fenólicos, além de interferir também na disponibilidade dos minerais (Bénard et al., 2009).

Torna-se então necessária a adequação do fornecimento de N durante o desenvolvimento da cultura para garantir a obtenção de alta produtividade, bem como de lucros ao produtor (Araujo et al., 2007; Passam et al., 2007; Elia & Conversa, 2012). Porém, vale ressaltar que a nutrição mineral representa um dos maiores custos de produção para o cultivo do tomateiro (Souza & Moreira, 2010) e que a resposta deste ao fornecimento de nutrientes, pode variar em função de alguns fatores como, híbrido, tratos culturais e as condições ambientais (Passam et al., 2007). Todavia, há uma dificuldade no ajuste da adubação nitrogenada para cultura do tomateiro, em consequência deste nutriente estar sujeito a processos de perdas como nitrificação, lixiviação, volatilização e desnitrificação, os quais influenciam a disponibilidade do N no solo.

Ademais a escolha adequada da fonte a ser utilizada é outro entrave, uma vez que as plantas respondem diferentemente as formas de N, sendo absorvido preferencialmente pelas raízes na forma inorgânica, como nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) a depender dos diferentes tipos de plantas (Ghanem et al.; 2011; Martínez-Andújar et al., 2013). Porém, a absorção de NH_4^+ requer menos gasto metabólico do que o NO_3^-, uma vez que este quando absorvido necessita ser reduzido para então ser assimilado (Britto et al., 2001). Alguns fatores como a irrigação, modo de aplicação do fertilizante, propriedades do solo como textura, estrutura e teor de matéria orgânica, cultura antecessora, conteúdo original de N no solo e potencial de produção da cultura no específico sistema de condução do tomateiro (Araujo et al., 2007), também podem influenciar a absorção de N pelas raízes.

Vale ressaltar que o fornecimento em conjunto de NO_3^- e NH_4^+, ocasiona um aumento significativo tanto no crescimento como no rendimento das plantas, quando comparado à aplicação de ambas as formas sozinhas (Gweyi-Onyango et al., 2009). Além disso, quando aplicado NO_3^- e NH_4^+ simultaneamente e utilizado fontes nítricas, os sintomas de toxidez causada pelas altas concentrações de NH_4^+ não são observados (Britto et al., 2001; Britto & Kronzucker, 2002). Dentre tais sintomas destacam-se a clorose nas folhas, eliminação do crescimento das plantas, redução tanto da produtividade como da relação raiz/parte aérea além da queda das taxas de fotossíntese líquida (Hoochani et al., 2011; Borgognone et al., 2013). Assim, diante do exposto, objetivou avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio na produtividade e na qualidade do tomateiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, C.; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, C.S.; COELHO, M.B. Critérios para a determinação da dose de nitrogênio a ser aplicada no tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 327-332, 2007.

BÉNARD, C.; GAUTIER, H.; BOURGAUD, F.; GRASSELLY, D.; NAVEZ, B.; CARIS-VAYRAT, C.; WEISS, M.; GENARD, M. Effect of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugar, acids ascorbate, carotenoids and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 4112-4123, 2009.

BORGOGNONE, D.; COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; REA, E.; SCHWARZ, D. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 149, p. 61-69, 2013.

BRITTO, D.T.; GLASS, A.D.M.; KRONZUCKER, H.J.; SIDDIQI, M.Y. Cytosolic concentrations and transmembrane fluxes of NH_4^+/NH_3. An evaluation of recente proposals. **Plant Physiology**, v. 125, p. 523-526, 2001.

BRITTO, D.T.; KRONZUCKER, H.J. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. **Journal of Plant Physiology**, v. 159, p. 567-584, 2002.

CANENE-ADAMS, K.; CAMPBELL, J.K.; ZARIPHEH, S.; JEFFERY, E.H.; ERDMAN, J.W. The tomato as a functioonal food. **Journal of Nutrition**, v. 135, p. 1226-1230, 2005.

DILLINGHAM, B.L.; RAO, A.V. Biologicallt active lycopene in human health. **International Journal of Naturopathic Medicine**, v. 4, p. 23-27, 2009.

DING, X.; GUO, Y.; NI, T.; KOKOT, S. A novel NIR spectroscopic method for rapid analyses of lycopene, total acid, sugar, phenols and antioxidante activity in dehydrated tomato samples. **Vibrational Spectroscopy**, v. 82, p. 1-9, 2016.

DORAIS, M.; EHRET, D.; PAPADOPOULOS, A. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health componentes: from the seed to the consumer. **Phytochemmistry Reviews**, v. 7, p. 231-250, 2008.

ELIA, A.; CONVERSA, G. Agronomic and physioological responses of tomato crop to nitrogen input. **European Journal of Agronimy**, v. 40, p. 64-74, 2012.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 57, p. 263-273, 2010.

FORD, N.A.; ERDMAN, J.W.Jr. Are lycopene metabolites metabolically active? **Acta Biochimica Polonica**, v. 59, p. 1-4, 2012.

GHANEM, M.E.; MÁRTINEZ-ANDÚJAR, C.; ALBACETE, A.; POSPISILOVÁ, H.; DODD, I.C.; PÉREZ-ALFOCEA, F.; LUTTS, S. Nitrogen forms alters hormonal balance in salt-treated tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 30, p. 144-157, 2011.

GUIL-GUERRERO, J.L.; REBOLLOSO-FUENTES, M.M. Nutrient composition and antioxidante activity of eight tomato (*Lycopersicum esculentum*) varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p. 123-129, 2009.

HERNÁNDEZ SUÁREZ, M.H.; RODRÍGUEZ, E.M.R.; ROMERO, C.D. Mineral and trace elemento concentrations in cultivars of tomato. **Food Chemistry**, v. 104, p. 489-499, 2007.

HORCHANI, F.; R'BIA, O.; HAJRI, R.; ASCHI-SMITI, S. Nitrogen nutrition and ammonium toxicity in higher plants. **International Journal of Botany**, v. 7, p. 1-16, 2011.

HUETT, D.O.; DETTMANN, E.B. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 28, p. 391-399, 1988.

IGLESIAS, M.J.; GARCÍA-LÓPEZ, J.; COLLADOS-LUJÁN, J.F.; LÓPEZ-ORTIZ, F.; DÍAZ, M.; TORESANO, F.; CAMACHO, F. Differential response to environmental and nutritional factors of high-quality tomato varieties. **Food Chemistry**, v. 176, p. 278-287, 2015.

MAPA. **Tomate**, 2015. Disponível em:< http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_tomate_mar_2015[1].pdf> Acesso em: 05 abr. 2016.

MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; GHANEM, M.E.; ALBACETE, A.; PÉREZ-ALFOCEA, F. Response to nitrate/ammonium nutrition of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants overexpressing a prokaryotic NH_4^+ - dependente asparagine synthetase. **Journal of Plant Physiology**, v. 170, p. 676-678, 2013.

MEHMOOD, N.; AYUB, G.; ULLAH, I.; AHMAD, N.; NOOR, M.; KHAN, A.M.; AHMAD, S.; SAEED, A.; FARZANA. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to nitrogen levels. **Pure and Applied Biology**, v. 1, p. 63-67, 2012.

PASSAM, H.C.; KARAPANOS, I.C.; BEBELI, P.J.; SAVVAS, D. A review of recente research on tomato nutrition, breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 1, p. 1-21, 2007.

SOUZA, J.A.R.; MOREIRA, D.A. Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento preliminar da àgua residuária da suinocultura. **Engenharia Ambiental**, v. 7, p. 152-165, 2010.

STINCO, C.M.; HEREDIA, F.J.; VICARIO, I.M.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J. In vitro antioxidante capacity of tomato products: Relationships with their lycopene, phytoene, phytofluene and alpha-tocopherol contentes, evaluation of interactions and correlation with reflectance measurements. **Food Science and Techonology**, v. 65, p. 718-724, 2016.

CAPÍTULO I - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO

O nitrogênio (N) é um nutriente que, além de influenciar o crescimento e a produtividade do tomateiro, interfere em aspectos relacionados à qualidade dos frutos. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito das fontes e doses de nitrogênio nas características físico-químicas e na produtividade do tomateiro. O experimento foi conduzido a campo na área experimental da Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, em Rio Paranaíba (MG). Foi cultivado o híbrido comercial Forty espaçado de 0,20 m x 2,0 m. Os tratamentos consistiram das doses dos fertilizantes nitrogenados de 100 e 400 kg ha^{-1} de N, combinadas com quatro fontes (ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de cálcio), mais um tratamento sem aplicação de N em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Houve incremento do índice SPAD do tomateiro, bem como do ºBrix e diâmetro longitudinal dos frutos de tomate em função da dose de N. Em contrapartida, o aumento da dose de N proporcionou menor valor de pH dos frutos. A utilização do nitrato de amônio e de cálcio proporcionou frutos mais firmes. A ureia e o nitrato de amônio propiciou o maior valor de pH em frutos de tomate. A aplicação da dose de 100 kg ha^{-1} de N acarretou o maior teor de potássio nos frutos. A maior produtividade foi obtida com a aplicação de fontes que continham amônio e a menor no tratamento controle. As fontes e as dose de fertilizantes nitrogenados influenciaram o crescimento, produtividade e os parâmetros relacionados à qualidade dos frutos de tomate.

Palavras-chave: Nutrição mineral; rendimento; *Solanum lycopersicum*

1. INTRODUÇÃO

A adequação do suprimento de nutrientes fornecido ao tomateiro é um dos fatores que influenciam diretamente seu crescimento e, consequentemente, a produtividade e a rentabilidade do produtor (Ferreira et al., 2010; Mehmood et al., 2012). Além disso, a nutrição mineral também é importante por interferir em alguns processos bioquímicos e/ou fisiológicos, como a taxa fotossintética e a translocação de fotoassimilados e, consequentemente, influenciar nos níveis de alguns compostos secundários da planta (Ferreira et al., 2006). O cultivo do tomateiro apresenta altos custos, principalmente devido às altas doses de fertilizantes aplicados (Souza & Moreira, 2010). Diante disto, é necessário conhecer os requerimentos nutricionais do tomateiro, a fim de obter alta produção e qualidade de frutos (Ferreira et al., 2003).

Dentre os nutrientes relevantes para o tomateiro, destaca-se o nitrogênio (N) que contribui para o maior crescimento das plantas, incremento das matérias secas de raízes, caule, folhas e de frutos, altura da planta, número de folhas, área foliar, florescimento, frutificação e produtividade (Ferreira et al., 2010; Mehmood et al., 2012; Kumar et al., 2013), além de exercer efeito na absorção de outros nutrientes, como por exemplo, como cálcio e magnésio (Borgognone et al., 2013), influenciando na ótima nutrição do tomateiro (Huett & Dettmann, 1988). Ademais, interfere em características que conferem qualidade aos frutos como pH, concentração de sólidos solúveis, acidez total titulável, teores de vitamina C, nitrato, coloração e peso fresco.

Assim, o ajuste da adubação nitrogenada é necessário para obtenção de alta produtividade do tomateiro e máximo retorno econômico da atividade (Araujo et al., 2007). Porém, tal ajuste é complicado em virtude dos processos de nitrificação, lixiviação, volatilização e desnitrificação, os quais influenciam a disponibilidade do N no solo. Outros fatores como a irrigação, regime pluviométrico, modo de aplicação do fertilizante, quantidade de matéria orgânica no solo, cultura antecessora, conteúdo original de N no solo, tipo de solo e potencial de produção da cultura no específico sistema de condução do tomateiro dificultam ainda mais o processo de recomendação da dose de N a ser aplicada (Araujo et al., 2007).

Além do mais, a escolha da fonte nitrogenada é um fator essencial ao cultivo de hortaliças, por influenciar tanto no crescimento como na produção (Rahayu et al., 2005). As formas de N, nitrato (NO_3^-), amônio (NH_4^+) e amida (NH_2), diferem em relação aos custos, ao potencial de lixiviação, acidificação no solo, volatilização e absorção pelas plantas (Marouelli et al., 2014). O N inorgânico na forma de NO_3^- ou NH_4^+ é absorvido preferencialmente pelas raízes a depender das espécies em questão (Ghanem et al., 2011; Martínez-Andújar et al., 2013), sendo menor o gasto metabólico para a absorção de NH_4^+ quando comparada a de NO_3^-, uma vez que este necessita ser reduzido para então ser assimilado (Britto et al., 2001).

Os fertilizantes amoniacais, como o sulfato de amônio e a ureia, em alguns casos podem apresentar eficácia reduzida quando comparado a outros, especialmente devido às perdas por volatilização da amônia (Schiavinatti et al., 2011). Por outro lado, a aplicação de fertilizantes nítricos, como o nitrato de cálcio pode ser vantajosa em culturas que demandem grande quantidade de cálcio (Malavolta, 2000). Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito de fontes e de doses de nitrogênio nas características físico-químicas e na produtividade do tomateiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, em Rio Paranaíba (MG) (19°12'53"S e 46°13'56"O, com altitude de 1140 m) no período de Abril a Agosto de 2015, correspondendo ao plantio de outono. O solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura muito argilosa, cujos atributos químicos constam na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo, coletado na camada de 0-0,20 m, na área experimental de cultivo de tomate. Rio Paranaíba, MG.

Atributo químico	Extrator	Campo
pH	H_2O	5,30
P (mg dm^{-3})	Mehlich-1	4,60
K^+ (mg dm^{-3})	Mehlich-1	86,00
Ca^{2+} ($mmol_c$ dm^{-3})	KCl (1 mol L^{-1})	24,00
Mg^{2+} ($mmol_c$ dm^{-3})	KCl (1 mol L^{-1})	5,00
Al^{3+} ($mmol_c$ dm^{-3})	KCl (1 mol L^{-1})	3,20
H + Al ($mmol_c$ dm^{-3})	Acetato de Cálcio	61,00
S (mg dm^{-3})	Fosfato de Cálcio (0,01 mol L^{-1})	25,0
B (mg dm^{-3})	Água Quente	0,81
Cu (mg dm^{-3})	Mehlich-1	1,10
Fe (mg dm^{-3})	Mehlich-1	49,0
Mn (mg dm^{-3})	Mehlich-1	7,70
Zn (mg dm^{-3})	Mehlich-1	3,50
M.O. (dag kg^{-1})	-	2,40
S.B. ($mmol_c$ dm^{-3})	-	31,20
C.T.C. (T - $mmol_c$ dm^{-3})	-	92,20
V (%)	-	33,90

M.O. = Walkley-Black.

Foi utilizado o híbrido comercial Forty, cujas mudas padronizadas com três folhas totalmente expandidas foram transplantadas espaçadas de 0,20 m x 2,0 m e tutoradas com fitilho, de forma alternada a formar um "V", inclinadas a aproximadamente 75° com a superfície do solo. As plantas de tomate foram conduzidas com uma haste com remoção da gema apical acima da 6ª inflorescência, sem realizar o raleio de frutos. O primeiro cacho foi retirado, com intuito de redirecionar fotoassimilados para outros órgãos das plantas (Guimarães et al., 2009). Em cada cacho, foi feita a retirada de frutos desuniformes, defeituosos e/ou com problemas fitossanitários.

A dose de calcário aplicada em área total foi de 1,6 Mg ha^{-1} e a distribuição do fertilizante foi realizada manualmente nas parcelas experimentais. As doses dos fertilizantes nitrogenados foram 100 e 400 kg ha^{-1} combinadas com quatro fontes (ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de cálcio). Tais doses foram calculadas com base nos teores totais de N das fontes e distribuídas em seis coberturas conforme a emissão dos cachos. A dose total de K_2O (530 kg ha^{-1}) foi distribuída em quatorze coberturas de KCl, dentre as quais as três primeiras foram de 30 kg ha^{-1} de K_2O e as restantes de 40 kg ha^{-1} de K_2O. A dose de P_2O_5 foi de 500 kg ha^{-1} aplicado no sulco de plantio e duas coberturas de 50 kg ha^{-1}. Foram aplicados no sulco de plantio 100 kg ha^{-1} de $MgSO_4$, 20 kg ha^{-1} de $ZnSO_4$, 6 kg ha^{-1} de H_3BO_3 e 10 kg ha^{-1} de $CuSO_4$.

Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial (4 x 2) + 1 (quatro fontes combinadas com duas doses de N, mais um tratamento sem aplicação de N) em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas experimentais continham 3 metros de comprimento e 15 plantas em uma única linha, sendo considerada área útil às sete plantas centrais.

Durante a colheita, as folhas abaixo do terceiro cacho foram removidas com objetivo de reduzir fonte de inóculo de pragas e doenças, além de melhorar a incidência de luz e aeração ao longo do dossel. Os demais tratos culturais como capinas, desbrotas, amarrios, irrigação, manejo de pragas, doenças e plantas daninhas foram realizados conforme recomendação para a cultura (Silva & Vale, 2007).

Quinzenalmente, foi determinada a altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas emitidas (FE), totalizando seis avaliações durante o período de cultivo. A AP foi medida com trena, da última folha totalmente expandida do ápice à base da haste principal. O DC foi mensurado no terço médio com auxílio de um paquímetro digital (Max Tools) e o FE foi obtido a partir da contagem do número de folhas totalmente expandidas.

O índice SPAD foi medido com clorofilômetro portátil (SoilControl: CFL1030) no folíolo terminal das folhas opostas ao terceiro e ao quarto cacho, por ocasião da emissão destes. As medições foram realizadas em quatro plantas da área útil de cada unidade experimental.

Foram coletadas duas folhas índice (uma oposta ao terceiro e ao quarto cacho) em quatro plantas da área útil de cada unidade experimental. Após a coleta, as impurezas das amostras foram retiradas utilizando-se algodão embebido em água destilada e em seguida colocado para secar em estufa com ventilação forçada de ar a 70ºC por 72 h. Posteriormente, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley equipado com peneira de 1,27 mm e submetidas à análise de nitrogênio, segundo a metodologia de Malavolta et al. (1997).

O número de frutos por plantas foi determinado a partir da contagem direta do total de frutos, em quatro plantas por parcela. Para avaliação de firmeza, foram amostrados dois frutos por parcela totalizando oito frutos por tratamento, os quais foram lavados com detergente neutro e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 0,1%. Com auxílio do penetrômetro (TR: WA68, Italy, com ponteira de 8 mm de diâmetro), estes foram perfurados com agulha em dois pontos por fruto. A força resultante para perfurar o fruto foi expressa em kg cm^{-2}.

A espessura da casca (EC) e tamanho médio dos frutos (TF) foram avaliados em oito frutos por unidade experimental. Para a avaliação da EC, foi realizado um corte transversal nos frutos. Ambas variáveis foram mensuradas com auxílio de um paquímetro digital (Max Tools). Para TF, foi medido o diâmetro transversal e longitudinal na região central dos frutos.

Foram coletados quatro frutos em cada repetição, formando uma amostra por tratamento, os quais foram triturados e passados em peneira de 230 mm. Foi tomada uma alíquota para determinação do teor de sólidos solúveis, cujos valores foram expressos em °BRIX, medidos em refratômetro digital portátil (PAL-1), e pH da polpa com auxílio de pHmetro de bancada (MS Tecnopon Instrumentos: mPA-210P) (AOAC, 1997), totalizando três repetições para ambas variáveis.

Foram determinados os teores de cálcio (Ca), potássio (K) e sódio (Na) nos frutos. Estes foram lavados em água deionizada e secos em estufa com ventilação forçada de ar a 70ºC por 72 h. Posteriormente, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley equipado com peneira de 1,27 mm e os nutrientes analisados após a mineralização pela digestão nítrico-perclórica. Assim, o K e Na foram dosados por fotometria de emissão de chama e Ca por espectrofotometria de absorção atômica, segundo a metodologia de Malavolta et al. (1997).

A colheita dos frutos com coloração verde-alaranjada foi realizada semanalmente e os frutos pesados individualmente. A produtividade média do tomateiro (t ha^{-1}) foi determinada a partir dos dados da produção do tomateiro por planta, na qual a produção média dos frutos foi extrapolada para uma área com 25.000 plantas, o equivalente a quantidade de plantas encontradas em um hectare, no espaçamento utilizado no experimento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias das fontes foram comparadas pelo teste Tukey e das doses pelo teste F, ambas a 5%. Comparações

adicionais do controle e a média do fatorial foram realizadas por meio de contrastes testados pelo teste t. Foi utilizado para as análises estatísticas o programa R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve incremento da altura das plantas em função das doses na segunda avaliação quando aplicado ureia. Mehmood et al. (2012) observaram de forma semelhante o incremento desta característica com a dose de N aplicada. A menor altura das plantas, na segunda avaliação, foi obtida no tratamento controle (Tabela 2). Aman & Rab (2013) e Mehmood et al. (2012) também relataram que o tratamento sem aplicação de N proporcionou menor altura das plantas. Esta variável é importante por avaliar as respostas das plantas aos tratos culturais utilizados e, consequentemente, o potencial produtivo e vigor destas (Porto et al., 2014; Kumar et al., 2013). Esse incremento do crescimento da planta em função das doses de N está relacionado à formação de DNA e RNA em função da taxa fotossintética, resultando no aumento da divisão celular e consequentemente crescimento da planta (Haque et al., 2001).

Em relação às fontes, apenas na segunda avaliação, o nitrato de cálcio proporcionou plantas mais altas (71,71 cm) do que a ureia (Tabela 2). O NO_3^- além de desempenhar as funções nutricionais e de regulação osmótica celular, possui um papel fitohormonal, o qual se relaciona com a citocinina regulando e incrementando a expansão celular e a quantidade de solutos presentes no interior das células (Gweyi-Onyango et al., 2009). As demais variáveis das seis avaliações vegetativas realizadas não apresentaram diferenças significativas.

A ureia, sulfato e nitrato de amônio proporcionaram a menor quantidade de folhas emitidas na terceira avaliação (15,93), para dose de 100 kg ha^{-1} (Tabela 2). Isto pode ser atribuído ao fato da ocorrência de toxidez causada pelo NH_4^+, o que acarreta redução no crescimento da planta, bem como influencia negativamente no suprimento de cátions para o desenvolvimento da planta, como o cálcio e magnésio (Borgognone et al., 2013). Borgognone et al. (2013) observaram que a altura das plantas, número de folhas, área foliar e biomassa seca foram reduzidas quando fornecido NH_4^+ como fonte exclusiva de N.

Foi verificado incremento no índice SPAD com a dose de 400 kg ha^{-1}, em comparação a dose de 100 kg ha^{-1} (Tabela 2). De forma geral, há um incremento deste índice quando a dose é aumentada, devido à alta correlação positiva entre o teor de nitrogênio e clorofila (Ulissi et al., 2011). Assim, o índice SPAD pode ser utilizado como uma ferramenta para caracterizar o estado nutricional de N na cultura do tomateiro, de forma rápida e não-destrutiva (Ferreira et al., 2006; Marouelli et al., 2014).

Adubação com ureia, sulfato e nitrato de amônio proporcionaram os maiores valores médios de N presente na folha índice (Tabela 2). Porém, não foi verificada diferença

significativa em relação às doses, diferentemente de Marouelli et al. (2014), os quais observaram uma resposta linear desta variável em relação as doses de N. O resultado encontrado nesta pesquisa pode estar associado a alta fertilidade do solo utilizado.

Para o número de frutos por planta, na dose de 100 kg ha^{-1} não foi observado diferença significativa no que diz respeito às fontes. Contudo, para dose de 400 kg ha^{-1} a ureia, sulfato e nitrato de amônio proporcionaram a maior quantidade de frutos por planta. Todos os tratamentos diferiram estatisticamente do controle (Tabela 2). Este resultado está de acordo com Mehmood et al. (2012) ao avaliarem a resposta de cultivares de tomate variando o nível de N, notaram que o menor número de frutos por planta (21,82) foi produzido pelo tratamento sem aplicação de N.

Em relação às fontes, as maiores produtividades para dose de 100 kg ha^{-1} foram obtidas com a aplicação de ureia (85,2 t ha^{-1}) e nitrato de amônio (83,8 t ha^{-1}), o mesmo ocorreu para dose de 400 kg ha^{-1} com a utilização de ureia (94,2 t ha^{-1}) e sulfato de amônio (96,2 t ha^{-1}) (Tabela 2). Esta resposta provavelmente ocorreu devido ao menor gasto metabólico para absorção do NH_4^+, uma vez que as baixas temperaturas durante o período de cultivo do tomateiro refletiram em menores taxas fotossintéticas e, consequentemente, em menor produção de energia (Britto et al., 2001).

Apesar de o controle diferir da média dos demais tratamentos, apenas o sulfato de amônio demonstrou diferença em relação às doses aplicadas. Este fato pode estar associado à alta fertilidade de N do solo utilizado. Resultados distintos foram encontrados por Elia & Conversa (2012) com incremento da produtividade em resposta a aplicação de doses crescentes de N.

Diferentes resultados encontrados em relação à produtividade podem estar relacionados às distintas respostas das cultivares em relação à aplicação N, bem como da disponibilidade deste, além dos diversos tipos de solos e padrões de cultivos diferenciados (Mehmood et al., 2012). Porém, é notório que o rendimento do tomateiro é influenciado pelo N (Rahman et al., 2007), por acarretar em aumento na absorção de outros nutrientes, bem como na resistência das plantas a pragas e doenças (Aman & Rab, 2013).

A dose de 400 kg ha^{-1} de N proporcionou frutos com maior diâmetro longitudinal para o sulfato de amônio e nitrato de cálcio (Tabela 3). Esta característica é extremamente influenciada por níveis de N (Mehmood et al., 2012), em que a deficiência deste nutriente na cultura do tomateiro pode acarretar menor crescimento, número, bem como tamanho de frutos (Sainju et al., 2003). O diâmetro transversal não apresentou diferença significativa.

Para variável espessura da casca, houve diferença entre as doses, apenas com a utilização de sulfato de amônio, em que a dose de 400 kg ha^{-1} proporcionou frutos com menor espessura (Tabela 3). Este resultado pode indicar que a aplicação de baixas doses de sulfato de

amônio resulta em maior espessura da casca, conferindo qualidade aos frutos, uma vez que este também é um parâmetro desejável por influenciar a textura do tomate (Mabbett, 1989).

O valor de ºBrix foi maior com a aplicação de 400 kg ha^{-1} de N (Tabela 3), proporcionando frutos com maior teor de açúcar. Este resultado encontrado foi oposto aos de Marouelli et al. (2014) que avaliaram seis doses de N e não observaram alteração no valor de ºBrix, o qual se manteve com valor médio de 4,6, e aos de Bénard et al. (2009) em que o teor de sólidos solúveis aumentou com a redução do fornecimento de N. Em relação às fontes, o nitrato e sulfato de amônio apresentaram os menores valores de ºBrix (Tabela 3). Resultados diferentes foram observados por Heeb et al. (2005), em que a aplicação de NH_4^+ produziu frutos com maiores valores de sólidos solúveis. A produção de frutos com maior teor de açúcar é importante por se tratar de uma característica que influencia diretamente a aceitabilidade do consumidor.

O incremento da dose de N diminuiu o valor médio de pH (Tabela 3). Este resultado foi oposto ao encontrado por Ferreira et al. (2006), ao avaliarem a aplicação de doses crescentes de N, na presença e ausência de adubação orgânica para analisar a qualidade dos frutos de tomate, em que não houve alteração do pH em função das doses. Em relação às fontes, a ureia apresentou o maior valor de pH na dose de 400 kg ha^{-1} (Tabela 3). O mesmo ocorreu quando testado nitrato de cálcio, ureia e sulfato de amônio para avaliar a produção e qualidade de frutos de tomate, entre os quais a ureia apresentou o maior valor, não diferindo estatisticamente do sulfato de amônio (Porto, 2013). Isto pode ser explicado pelo maior acúmulo de solutos minerais na polpa dos frutos, em virtude da presença de NH_4^+, o que acarreta o consumo de ácidos orgânicos na assimilação de N, favorecendo o aumento dos valores de pH (Porto, 2013).

Os maiores teores de Ca nos frutos na dose de 400 kg ha^{-1}, foram encontrados com a utilização do nitrato de cálcio, basicamente devido à oferta deste nutriente na fonte, beneficiando a alimentação humana pela maior ingestão de Ca, além de contribuir para redução de determinadas doenças nos frutos, como a incidência de fundo preto. Contudo, os menores teores foram encontrados quando utilizado a ureia e sulfato de amônio, 3,78 e 4,17 g kg^{-1} respectivamente (Tabela 3). Resultados semelhantes foram observados quando o NH_4^+ foi aplicado como única fonte de N, acarretando uma redução linear do teor de Ca nos frutos (Borgognone et al., 2013), pelo fato desta forma iônica do N controlar a absorção de cátions.

Em relação ao teor de K, para dose de 100 kg ha^{-1}, tanto o sulfato e nitrato de amônio, proporcionaram os maiores teores, enquanto que na dose de 400 kg ha^{-1}, apenas o sulfato de amônio se destacou (Tabela 3). Isto permite inferir que o sulfato de amônio seja uma fonte que disponibilize maior teor de K nos frutos para consumo humano. Vale ressaltar que o K é um nutriente muito acumulado nos frutos, sendo demandado para padronizar o amadurecimento e acidez destes (Ho & Adams, 1995). Para o teor de Na, na dose de 100 kg ha^{-1} o sulfato de

amônio apresentou os maiores teores, enquanto que o nitrato de cálcio se destacou quando aplicado à dose de 400 kg ha^{-1} (Tabela 3).

Para a firmeza dos frutos as fontes analisadas não apresentaram diferença significativa quando aplicado à dose de 100 kg ha^{-1}. Por outro lado, na dose de 400 kg ha^{-1}, o nitrato de amônio e cálcio proporcionaram frutos mais firmes, devido ao fato da disponibilidade de cálcio pela última fonte (Tabela 3). Este nutriente está relacionado à estrutura da parede celular, conferindo maior resistência, o que refletiu em frutos mais firmes. Enquanto que a ureia e o sulfato de amônio apresentaram os menores valores, 3,8 e 4,2 kg cm^{-2} em relação ao nitrato de cálcio (Tabela 3). Esses resultados podem ser atribuídos a uma competição entre o NH_4^+ e o cálcio pelo sítio de absorção, acarretando redução na absorção deste nutriente.

4. CONCLUSÕES

A dose de 400 kg ha^{-1} de N proporciona o aumento do índice SPAD, ºBrix e diâmetro longitudinal dos frutos de tomate. O sulfato de amônio e o nitrato de amônio acarretam menores valores de ºBrix, enquanto que a dose de 100 kg ha^{-1} e a utilização de ureia e nitrato de amônio acarreta os maiores valores de pH nos frutos. As fontes que contém amônio (ureia, sulfato e nitrato de amônio) e o tratamento controle propiciam os maiores e menores valores de produtividade do tomateiro, respectivamente. Em relação aos teores de minerais, a dose de 100 kg ha^{-1} promove o maior teor de K nos frutos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. Official methods of analysis. Arligton: **Patrícia Cuniff**, 1997, 37-10 p., 42-2 p., 44-3 p., 45-16.

AMAN, S.; RAB, A. Response of tomato to nitrogen levels with or without humic acid. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 29, p. 181-186, 2013.

ARAUJO, C.; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, C.S.; COELHO, M.B. Critérios para a determinação da dose de nitrogênio a ser aplicada no tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 327-332, 2007.

BÉNARD, C.; GAUTIER, H.; BOURGAUD, F.; GRASSELLY, D.; NAVEZ, B.; CARIS-VAYRAT, C.; WEISS, M.; GENARD, M. Effect of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugar, acids ascorbate, carotenoids and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 4112-4123, 2009.

BORGOGNONE, D.; COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; REA, E.; SCHWARZ, D. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 149, p. 61-69, 2013.

BRITTO, D.T.; GLASS, A.D.M.; KRONZUCKER, H.J.; SIDDIQI, M.Y. Cytosolic concentrations and transmembrane fluxes of NH_4^+/NH_3. An evaluation of recente proposals. **Plant Physiology**, v. 125, p. 523-526, 2001.

ELIA, A.; CONVERSA, G. Agronomic and physioological responses of tomato crop to nitrogen input. **European Journal of Agronimy**, v. 40, p. 64-74, 2012.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 57, p. 263-273, 2010.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R.; DANTAS, J.P. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 468-473, 2003.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R.; DANTAS, J.P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 141-145, 2006.

GHANEM, M.E.; MÁRTINEZ-ANDÚJAR, C.; ALBACETE, A.; POSPISILOVÁ, H.; DODD, I.C.; PÉREZ-ALFOCEA, F.; LUTTS, S. Nitrogen forms alters hormonal balance in salt-treated tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 30, p. 144-157, 2011.

GUIMARÃES, M.A.; SILVA, D.J.H.; PETERNELLI, L.A.; FONTES, P.C.R. Distribuição de fotoassimilados em tomateiro com e sem a retirada do primeiro cacho. **Bioscience Journal**, v. 25, p. 83-92, 2009.

GWEYI-ONYANGO, J.P.; NEUMANN, G.; ROEMHELD, V. Effects of diferente forms of nitrogen on relative growth rate and growth components of tomato (*Lycoperssicon esculentum* Mill.). **African Journal of Horticultural Science**, v. 2, p. 43-55, 2009.

HAQUE, M.M.; HAMID, A.; BHUIYAN, N.I. Nutrient uptake and productivity as affected nitrogen and potassium application levels in maize/sweet potato inntercropping system. **Korean Journal of Crop Science**, v. 46, p. 1-5, 2001.

HEEB, A.; LUNDEGÂRDH, B.; ERICSSON, T.; SAVAGE, G.P. Effects of nitrate-, ammonium-, and organic-nitrogen-based fertilizers on growth and yield of tomatoes. **Journal Plant Nutrition Soil Science**, v. 168, p. 123-129, 2005.

HO, L.C.; ADAMS, P. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. **Acta Horticulturae**, v. 396, p. 33-44, 1995.

HUETT, D.O.; DETTMANN, E.B. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 28, p. 391-399, 1988.

KUMAR, M.; MEENA, M.L.; KUMAR, S.; MAJI, S.; KUMAR, D. Effect of nitogen, phosphorus and potassium fertilizers on the growth, yield and quality of tomato var. Azad t-6. **The Asian Journal of Horticulture**, v. 8, p. 616-619, 2013.

MABBETT, T.H. Control of texture in tomatoes nears reality. **Agriculture International**, v. 41, p. 239-240, 1989.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F.P.; ARCADE, J.C. Adubos e adubações. São Paulo: 2000. 200 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Piracicaba: Usp, 1997. 319 p.

MAROUELLI, W.A.; SOUZA, R.B.; BRAGA, M.B.; SILVA, W.L.C. Evaluation of sources, doses and application schedules of nitrogen on drip-irrigated tomato. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 327-335, 2014.

MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; GHANEM, M.E.; ALBACETE, A.; PÉREZ-ALFOCEA, F. Response to nitrate/ammonium nutrition of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants overexpressing a prokaryotic NH_4^+ - dependente asparagine synthetase. **Journal of Plant Physiology**, v. 170, p. 676-678, 2013.

MEHMOOD, N.; AYUB, G.; ULLAH, I.; AHMAD, N.; NOOR, M.; KHAN, A.M.; AHMAD, S.; SAEED, A.; FARZANA. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to nitrogen levels. **Pure and Applied Biology**, v. 1, p. 63-67, 2012.

PORTO, J.S. **Fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade de tomate híbrido silvety**. 2013. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

PORTO, J.S.; AMORIM, T.N.H.; REBOUÇAS, T.N.H.; LEMOS, O.L.; LUZ, J.M.Q.; COSTA, R.Q. Índice SPAD e crescimento do tomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Scientia Plena**, v. 10, p. 1-8, 2014.

RAHAYU, Y.S.P.; WALCH-LIU, G.; NEUMANN, V.; RÖMHELD, N.; WIRÉN, V.; BANGERTH, F. Root-derived cytokinins as long-distance signals for NO^{3-} induced stimulation of leaf growth. **Journal Experimental Botany**, v. 56, p. 1143-1152, 2005.

RAHMAN, M.J.; MONDOL, A.T.M.A.I.; RAHMAN, M.N.; BEGUM, R.A.; ALAM, M.K. Effect of irrigation and nitrogen on tomato yield in the grey terrace soil of Bangladesh. **Journal of Soil and Nature**, v. 3, p. 1-4, 2007.

SAINJU, U.S.; DRIS, R.; SINGH, B. Mineral nutrition of tomato. **Food Agriculure and Environment**, v. 1, p.. 176-183, 2003.

SCHIAVINATTI, A.F.; ANDREOTTI, M.; BENETT, C.G.S.; PARIZ, C.M.; LODO, B.N.; BUZETTI, S. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no cerrado. **Bragantia**, v. 70, p. 925-930, 2011.

SILVA, D.J.; VALE, F.X.R. **Tomate - Tecnologia de produção**. Viçosa: Suprema, 2007. p. 365.

SOUZA, J.A.R.; MOREIRA, D.A. Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento preliminar da água residuária da suinocultura. **Engenharia Ambiental**, v. 7, p. 152-165, 2010.

ULISSI, V.; ANTONUCCI, F.; BENINCASA, P.; FARNESELLI, M.; TOSTI, G.; GUIDUCCI, M.; TEI, F.; CORRADO, C.; PALLOTTINO, F.; PARI, L.; MENESATI, P. Nitrogen concentration estimation in tomato leaves by VIS-NIR non-destructive spectroscopy. **Sensors**, v. 11, p. 6411-6424, 2011.

Tabela 2. Valores médios de altura das plantas (cm) na segunda e quarta avaliação, respectivamente, número de folhas emitidas na terceira avaliação, índice SPAD, teor de nitrogênio na folha índice (g kg^{-1}), números de frutos por planta e firmeza dos frutos (kg cm^{-2}) em tomateiros em função das fontes e doses de nitrogênio. Rio Paranaíba - MG.

Dose	Fonte[1]				Média	F_{fonte}	F_{dose}	$F_{interação}$	CV
(kg ha^{-1})	Ureia	SA	NA	NC					(%)
Altura (cm) 2ª avaliação									
0	52,4 **								
100	57,1	63,7	65,6	71,7	64,6 a	4,28*	0,27	0,50 ^{ns}	11,5
400	61,8	60,9	69,8	71,0	65,9 a				
Média	59,4 B	62,3 AB	67,7 AB	71,4 A					
Altura (cm) 4ª avaliação									
0	104 ^{ns}								
100	114 Ab	122 Aa	124 Aa	124 Aa	121	0,87	2,65	3,39*	5,7
400	130 Aa	124 Aa	129 Aa	118 Aa	125				
Média	122	123	126	121					
Número de folhas emitidas 3ª avaliação									
0	14,1 **								
100	15,1 ABa	14,4 Ba	14,6 ABa	15,9 Aa	15,0	2,14	1,93	1,53 †	4,8
400	15,4 Aa	15,1 Aa	15,6 Aa	15,4 Aa	15,4				
Média	15,3	14,8	15,1	15,7					
SPAD									
0	56,50 ^{ns}								
100	56,8	55,9	56,8	55,2	56,2 b	0,16	6,91*	0,94 ^{ns}	4,0
400	58,5	59,7	57,0	59,0	58,3 a				
Média	57,7 A	57,3 A	56,9 A	57,1 A					
Nitrogênio folha índice (g kg^{-1})									
0	34,6 ^{ns}								
100	35,4	36,6	33,9	34,1	35,0 a	5,85**	0,005	1,17 ^{ns}	4,0
400	36,7	35,5	34,4	33,5	35,0 a				
Média	36,0 A	36,0 A	34,1 AB	33,8 B					
Número de frutos/planta									
0	23,0 **								
100	29,1 Aa	30,9 Aa	30,0 Aa	33,2 Aa	30,8	0,60	0,02	4,37*	10,5
400	31,7 ABa	30,8 ABa	33,7 Aa	26,4 Bb	30,6				
Média	30,4	30,9	31,84	29,8					
Produtividade (t ha^{-1})									
0	74,0 *								
100	85,8 Aa	72,0 Bb	83,8 ABa	71,5 Ba	78,2	10,54**	9,33**	5,95**	8,1
400	94,8 ABa	96,6 Aa	82,5 BCa	70,0 Ca	86,0				
Média	90,3	84,3	83,1	70,8					

[1]SA - sulfato de amônio; NA - nitrato de amônio; NC - nitrato de cálcio. Médias das fontes e doses seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey e F, respectivamente, ambos 5%. Média do tratamento controle seguido por ** ou * indica a significância do contraste entre esta média e a média dos demais tratamentos segundo o teste t a 1% e a 5%, respectivamente. Valor de $F_{interação}$ seguido por **, *, † ou ^{ns} indica significância a 1%, 5%, 25% e não significativo, respectivamente.

Tabela 3. Valores médios de diâmetro longitudional (mm), espessura da casca (mm), °Brix, pH e teor de Ca, K e Na (g kg^{-1}) e produtividade (t ha^{-1}) de tomateiro em função das fontes e doses de nitrogênio. Rio Paranaíba - MG.

Dose	Fonte[1]				Média	F_{fonte}	F_{dose}	$F_{interação}$	CV
(kg ha^{-1})	Ureia	SA	NA	NC					(%)
Diâmetro longitudional (mm)									
0	61,1 ^{ns}								
100	61,4 Aa	59,5 ABb	60,9 ABa	58,9 Bb	61,1	1,97	7,06*	1,91†	2,0
400	61,3 Aa	61,6 Aa	61,2 Aa	61,1 Aa	61,3				
Média	61,3	60,5	61,0	60,00					
Espessura da casca (mm)									
0	8,3 ^{ns}								
100	8,6 ABa	9,6 Aa	8,8 ABa	7,8 Ba	8,7	2,81	22,7**	4,72**	9,3
400	7,9 Aa	7,1 Ab	8,0 Aa	7,5 Aa	7,6				
Média	8,3	8,4	8,4	7,6					
°Brix									
0	3,1 ^{ns}								
100	3,1	3,1	3,0	3,2	3,1 b	11,39**	5,92*	1,24 ^{ns}	2,4
400	3,2	3,1	3,0	3,8	3,1 a				
Média	3,2 A	3,1 AB	3,0 B	3,2 A					
Ph									
0	4,4 ^{ns}								
100	4,5 Aa	4,4 Aa	4,4 Aa	4,4 Aa	4,4	8,48**	10,68**	1,55†	0,7
400	4,5 Aa	4,4 Bb	4,4 ABa	4,3 Bb	4,4				
Média	4,5	4,4	4,4	4,4					
Ca (g kg^{-1})									
0	5,9 ^{ns}								
100	4,8 Aa	4,9 Aa	6,0 Aa	5,2 Aa	5,3	6,68**	0,60	2,64†	27,3
400	3,8 Ca	4,2 BCa	5,6 ABa	6,5 Aa	5,0				
Média	4,3	4,5	5,8	5,8					
K (g kg^{-1})									
0	19,2 **								
100	18,3 Ba	20,3 Aa	20,5 Aa	16,9 Ca	19,0	187,27**	46,57**	7,92**	1,5
400	17,0 Cb	19,9 Aa	19,1 Bb	16,8 Ca	18,2				
Média	17,6	20,1	19,8	16,9					
Na (mg kg^{-1})									
0	330 **								
100	320 Bb	620 Aa	310 Ba	300 Bb	390	347,45**	200,28**	286,78**	3,2
400	350 ABa	340 Bb	240 Cb	370 Aa	320				
Média	330	480	280	340					
Firmeza (kg cm^{-2})									
0	5,9 ^{ns}								
100	4,8 Aa	4,9 Aa	6,0 Aa	5,2 Aa	5,3	6,68**	0,60	2,64†	27,3
400	3,8 Ca	4,2 BCa	5,6 ABa	6,5 Aa	5,0				
Média	4,3	4,5	5,8	5,9					

[1]SA - sulfato de amônio; NA - nitrato de amônio; NC - nitrato de cálcio. Médias das fontes e doses seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey e F, respectivamente, ambos 5%. Média do tratamento controle seguido por ** ou * indica a significância do contraste entre esta média e a média dos demais tratamentos segundo o teste t a 1% e a 5%, respectivamente. Valor de $F_{interação}$ seguido por **, *, † ou ^{ns} indica significância a 1%, 5%, 25% e não significativo, respectivamente.

CAPÍTULO II - QUALIDADE NUTRICIONAL DOS FRUTOS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO

O consumo de hortaliças esta cada vez mais exigente por produtos de alta qualidade. Diante dos diversos fatores que podem influenciar a qualidade nutricional dos frutos de tomate, a nutrição mineral ganha destaque. Em virtude disso, objetivou-se avaliar o efeito das fontes e doses de nitrogênio na qualidade nutricional do fruto do tomateiro. O experimento foi implantado em vasos na área experimental da Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, em Rio Paranaíba (MG). Foi cultivado o híbrido comercial Dominador, totalizando quatro plantas por vaso. Os tratamentos consistiram das doses dos fertilizantes nitrogenados de 50 e 200 mg dm^{-3} de N, combinadas com quatro fontes (ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de cálcio), em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Foi adotado o esquema fatorial (4 x 2) + 1 (quatro fontes combinadas com duas doses de N, mais um tratamento sem aplicação de N). Houve incremento do valor de ºBrix e acidez titulável com o aumento da dose de N aplicada. A ureia e o nitrato de amônio propiciaram maiores valores de pH dos frutos do tomateiro. Os teores de potássio, licopeno e carotenoides totais nos frutos não apresentaram diferenças significativas em relação às fontes e doses utilizadas. As fontes e doses de fertilizantes nitrogenados afetaram a qualidade nutricional dos frutos de tomate, influenciando parâmetros como ºBrix, pH, acidez titulável e teor de sódio nos frutos.

Palavras-chave: Nutrição mineral; *Solanum lycopersicum*; Valor nutricional

1. INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças tem sido cada vez mais rígida no sentido da demanda de produtos de alta qualidade (Iglesias et al., 2015). São requeridas tanto propriedades organolépticas como funcionais, sendo esta última considerada como fonte para prevenir determinadas doenças (Lahoz et al., 2016). Neste sentido, o consumo de tomate é considerado uma forma de melhorar a saúde, devido ao fato da ingestão de diversos compostos (Dorais et al., 2008), como antioxidantes, os quais são responsáveis por eliminar os radicais livres, reduzindo os danos celulares (Ding et al., 2016).

Dentre estes compostos, os carotenoides são responsáveis por proporcionarem a ingestão de cerca de 80% do consumo diário de licopeno e potássio na dieta ocidental (Willcox et al., 2003). Além destes componentes, outras propriedades como concentração de sólidos solúveis, conteúdo de acidez, açúcares e ácidos orgânicos são muito utilizados para avaliação do estado nutricional dos frutos (Scibisz et al., 2011; Ding et al., 2016). Assim, seus constituintes físico-químicos e químicos podem influenciar suas propriedades nutricionais e sensoriais, conferindo diferentes atributos aos frutos, os quais são responsáveis pela maior ou menor aceitação dos frutos de tomate, tanto pelo consumidor como pela indústria (Rosa et al., 2011).

O teor de sólidos solúveis é encarregado de conferir doçura ao fruto de tomate (Baldwin et al., 2008). O pH determina o conteúdo de ácidos orgânicos presentes no frutos (Ayvaz et al., 2016), o qual além de contribuir para o sabor ácido peculiar do tomate, é um parâmetro de segurança do produto (Anthon et al., 2011). Ambos os parâmetros influenciam a aceitabilidade dos frutos pelos consumidores (Baldwin et al., 2008). A acidez titulável também é uma característica importante para determinação da qualidade nutricional de tomates (Anthon & Barrett, 2012).

A presença de minerais nos frutos de tomate é de grande relevância para alimentação humana, uma vez que seu consumo além de auxiliar na ingestão dos compostos antioxidantes e fibras, contribui para adequada ingestão de determinados minerais (Hernández-Suárez et al., 2007; Erba et al., 2013), como potássio (K) e sódio (Na).

Os frutos de tomate são ricos em carotenoides, os quais são requeridos na alimentação humana, por propiciarem precursores para biossíntese de vitamina A (Krinsky & Johnson, 2005). O principal carotenoide presente em frutos de tomate é o licopeno, caracterizado por possuir propriedades benéficas a saúde (Eh & Teoh, 2012). Além de apresentar alto valor nutricional (Adalid et al., 2010), é responsável por prevenir alguns tipos de câncer, como de próstata e de pulmão, além de doenças cardiovasculares (Canene-Adams et al., 2005; Dillingham & Rao, 2009; Ford & Erdman, 2012).

Vários são os fatores que podem influenciar na qualidade nutricional dos frutos de tomate. Dentre eles, destaca-se a nutrição mineral, sendo o nitrogênio (N) um dos nutrientes mais requeridos pelo tomateiro, o qual contribui para o crescimento e desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura (Ferreira et al., 2010; Mehmood et al., 2012; Kumar et al., 2013; Kuscu et al., 2014), além de influenciar características que conferem qualidade aos frutos (Amans et al., 2011)

O ajuste da adubação nitrogenada é bastante complexo, em virtude das doses aplicadas e da escolha das fontes a serem utilizadas. A disponibilidade do N no solo depende de vários fatores, dentre eles os processos de nitrificação, lixiviação, volatilização e desnitrificação, responsáveis pela perda deste nutriente. Além disso, as formas de N, nitrato (NO_3^-), amônio (NH_4^+) e amida (NH_2), diferem em relação aos custos, ao potencial de lixiviação, acidificação no solo, volatilização e absorção pelas plantas (Marouelli et al., 2014), o que dificulta a escolha da melhor fonte para uma determinada condição de cultivo. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio na qualidade nutricional do fruto do tomateiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, em Rio Paranaíba (MG) (19°12’53”S e 46°13’56”O, com altitude de 1140 m) no período de Setembro a Dezembro de 2015, correspondendo ao plantio de primavera. O solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura muito argilosa, cujos atributos químicos constam na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo, coletado na camada de 0-0,20 m, na área experimental de cultivo de tomate. Rio Paranaíba, MG.

Atributo químico	Extrator	Vaso
pH	H_2O	5,50
P (mg dm^{-3})	Mehlich-1	18,40
K^{2+} (mg dm^{-3})	Mehlich-1	61,00
Ca^{2+} ($mmol_c$ dm^{-3})	KCl (1 mol L^{-1})	30,00
Mg^{2+} ($mmol_c$ dm^{-3})	KCl (1 mol L^{-1})	9,00
Al^{3+} ($mmol_c$ dm^{-3})	KCl (1 mol L^{-1})	1,40
H + Al ($mmol_c$ dm^{-3})	Acetato de Cálcio	53,00
S (mg dm^{-3})	Fosfato de Cálcio (0,01 mol L^{-1})	11,60
B (mg dm^{-3})	Água Quente	0,30
Cu (mg dm^{-3})	Mehlich-1	1,10
Fe (mg dm^{-3})	Mehlich-1	37,00
Mn (mg dm^{-3})	Mehlich-1	9,30
Zn (mg dm^{-3})	Mehlich-1	2,90
M.O. (dag kg^{-1})	-	2,90
S.B. ($mmol_c$ dm^{-3})	-	40,60
C.T.C. (T - $mmol_c$ dm^{-3})	-	93,60
V (%)	-	43,40

M.O. = Walkley-Black.

O híbrido comercial Dominador foi cultivado em vasos de 150 dm^3 (diâmetro de 87 cm e altura de 43 cm), cujas mudas foram transplantadas na área central, totalizando quatro mudas por vaso dispostas em ziguezague. Os vasos foram utilizados para impedir a lixiviação de N, uma vez que estes não foram furados e permaneceram cobertos com lona. Cada planta foi tutorada com bambu e conduzida até o 4º racemo, sem realizar o raleio dos frutos. O primeiro cacho foi retirado, com intuito de redirecionar fotoassimilados para outros órgãos das plantas (Guimarães et al., 2009). Os demais tratos culturais como capinas, desbrotas, amarrios, irrigação, manejo pragas, doenças e plantas daninhas foram realizados conforme recomendação para a cultura (Silva & Vale, 2007).

A distribuição do fertilizante foi realizada manualmente nas parcelas experimentais. As doses dos fertilizantes nitrogenados foram 50 e 200 mg dm^{-3} de N, equivalentes à 100 e 400 kg ha^{-1} de N quando considerada a camada de 0 a 20 cm. As doses de N foram combinadas com quatro fontes (ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de cálcio). As doses foram

calculadas com base nos teores totais de N das fontes e distribuídas em quatro coberturas conforme a emissão dos cachos.

Foram aplicados 1 mg dm^{-3} de boro e de cobre e 3 mg dm^{-3} de zinco no plantio em todo o volume de solo do vaso. Em um sulco central a 8 cm de profundidade foi depositado 300 mg dm^{-3} de P. A dose total de K_2O foi de 240 mg dm^{-3}, na qual 90 mg dm^{-3} foi aplicada no transplante das mudas e o restante foi distribuída em quatro coberturas juntamente com o N.

Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial (4 x 2) + 1 (duas doses de N combinadas com quatro fontes, mais um tratamento sem aplicação de N) em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Para as análises, foram coletados dois frutos por parcela totalizando oito frutos por tratamento aos 82 dias após o transplantio.

Para as análises os frutos foram triturados e passados em peneira de 230 mm para determinação do teor de sólidos solúveis, cujos valores foram expressos em °BRIX, medidos em refratômetro digital portátil (PAL-1) e pH da polpa com auxílio de pHmetro de bancada (MS Tecnopon Instrumentos mPA-210P) (AOAC, 1997), totalizando três repetições para ambas variáveis.

Para acidez titulável (AT) foi determinada de acordo com método descrito em AOAC (1997). Foi tomada uma amostra de 20 g da polpa e diluída em 50 mL de água destilada. Esta mistura foi titulada com solução padronizada de NaOH a 0,05 M, tendo como indicador a fenolftaleína (pH 8,1). A AT foi expressa em % de ácido cítrico, pela seguinte fórmula:

$$AT = \frac{VxNxE}{10xM}$$

Em que: V = volume da solução de NaOH gasto para atingir pH de 8,1 (mL); N = normalidade da solução de NaOH; E = equivalente-grama do ácido predominante (64,02 para ácido cítrico); 10 = constante; M = massa da amostra utilizada (g).

Foram determinados os teores de K e Na nos frutos. Estes foram lavados em água deionizada e secos em estufa com ventilação forçada de ar a 70ºC por 72 h. Posteriormente, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley equipado com peneira de 1,27 mm, e os nutrientes analisados após a mineralização pela digestão nítrico-perclórica. Assim, o K e Na foi dosado por fotometria de emissão de chama segundo a metodologia de Malavolta et al. (1997).

O teor de licopeno e carotenoides totais foram determinados com base na metodologia proposta por Rodruiguez-Amaya (2001), obtido por análise espectrofotométrica. Após os frutos serem triturados no liquidificador, foram tomadas amostras de 5 g da polpa e adicionado 40 mL de acetona (P.A.). Em seguida a mistura foi agitada por uma hora utilizando agitador Multi Shaker MMS a 200 rpm. Posteriormente, a solução foi filtrada à vácuo com auxílio de um kitassato envolto por papel alumínio, com intuito de evitar a foto-oxidação do pigmento. Cada

amostra foi lavada com acetona por 3 vezes, objetivando a total extração dos pigmentos. Foram adicionados ao funil de separação 45 mL de éter de petróleo. Após a filtragem, a fase inferior foi descartada e as amostras foram lavadas para remoção total da acetona. A solução dos pigmentos foi transferida para balão volumétrico de 100 mL, cujo volume foi completado com éter de petróleo. A leitura no espectrofotômetro foi realizada com comprimento de onda de 470 nm.

O teor de licopeno foi obtido pela seguinte fórmula (Carvalho et al., 2005):

$$ug/g = \frac{(AxVx1.000.000)}{(A_{1cm}^{1\%}xMx100)}$$

Em que: *A* = absorvância da solução no comprimento de onda de 470 nm; *V* = volume final da solução; 1.000.000 = constante; $A_{1cm}^{1\%}$ = é o coeficiente de extinção ou coeficiente de absortividade (3450) e *M* = massa da amostra tomada para análise; 100 = constante.

A concentração de carotenoides totais (*Ct*) foi calculada a partir da seguinte fórmula (Rosa et al., 2011):

$$Concentração\ Ct\ \ \mu g/g\ \ = \frac{AbsxDil.xVol.x10.000}{2592xma} \div 100$$

Em que: *Abs* = absorvância da solução no comprimento de onda de 470 nm; *Dil.* = diluição do extrato; *Vol.* = volume do balão volumétrico utilizado (mL); 10.000 = constante; 2592 = coeficiente de extinção; *ma* = massa da amostra (g).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias das fontes foram comparadas pelo teste Tukey e das doses pelo teste F, ambas a 5%. Comparações adicionais do controle e a média do fatorial foram realizadas por meio de contrastes testados pelo teste t. Foi utilizado para as análises estatísticas o programa R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dose de 200 mg dm^{-3} proporcionou maiores valores médios de ºBrix (6,14) para todas fontes de N avaliadas, conferindo maior teor de açúcar aos frutos (Tabela 2). Kuscu et al. (2014) observaram de forma semelhante o incremento do teor de sólidos solúveis com a dose de N aplicada ao avaliarem a resposta de três níveis de irrigação e quatro doses de N (0, 60, 120 e 180 kg ha^{-1}) no rendimento e qualidade de frutos de tomate em dois anos de cultivo. Este resultado pode ser explicado pela maior taxa fotossintética com a elevação das doses de N, o que acarreta uma maior produção de fotossintatos, os quais podem ser armazenados como açúcares redutores (Wang et al., 2007). Contudo, resultados contrários foram relatados, de forma que o teor de sólidos solúveis aumentou com a redução do fornecimento de N (Bénard et al., 2009). Por outro lado, ao aplicarem doses crescentes de N (0, 80, 160, 240, 320, 400 kg ha^{-1}), não foi verificada alteração no valor de ºBrix, o qual se manteve com média de 4,6 (Marouelli et al., 2014).

Os maiores valores de pH dos frutos para dose de 50 mg dm^{-3}, foram encontrados com aplicação de ureia e nitrato de amônio. Enquanto que para dose de 200 mg dm^{-3} apenas o nitrato de amônio apresentou o maior valor (Tabela 2). Este resultado pode estar associado ao grande acúmulo de solutos minerais na polpa dos frutos de tomate, devido à presença de NH_4^+, acarretando o consumo dos ácidos orgânicos na assimilação de N (Porto, 2013). Em relação às doses, apenas com a utilização da ureia que a dose de 50 mg dm^{-3} proporcionou maior pH.

A dose de 200 mg dm^{-3} proporcionou maiores valores de acidez titulável em relação à dose de 50 e 0 mg dm^{-3}. No que diz respeito às fontes, para dose de 50 mg dm^{-3}, o nitrato de cálcio juntamente com a ureia apresentaram os maiores valores, enquanto que o mesmo ocorreu para dose de 200 mg dm^{-3} quando utilizado o nitrato de amônio (Tabela 2). Vale ressaltar que os valores apresentados nesta pesquisa mostraram-se inferiores aos presentes nas demais literaturas brasileiras. Todavia, isto demonstra que as condições de cultivo utilizadas, bem como o híbrido escolhido propiciaram frutos com baixa acidez titulável.

Kuscu et al. (2014) observaram de forma similar o aumento significativo da acidez titulável com a dose de N aplicada. Este incremento da dose de N proporcionou tanto o aumento da acidez titulável como do teor de sólidos solúveis (Wang et al., 2007). Porém, resultados diferentes foram evidenciados ao avaliarem o impacto da redução das doses de N no rendimento e qualidade de frutos de tomates, provocando uma diminuição de 10% da acidez titulável (Bénard et al., 2009).

Neste experimento não foi verificada diferença significativa para o teor de K nos frutos, em relação às fontes e doses de N (Tabela 2). O mesmo ocorreu ao avaliarem a influência da proporção de NO_3^-: NH_4^+ nos teores de macro e micronutrientes nos frutos, no qual não foram verificadas diferenças significativas (Borgognone et al., 2013). Vale ressaltar que vários fatores podem influenciar na composição de minerais em frutos de tomate como híbrido, disponibilidade de água, condições climáticas, método de cultivo (Hernández-Suárez et al., 2007). Porém, resultados diferentes foram encontrados por Hernández-Suárez et al. (2007) que ao determinarem a influência da composição mineral e analisar a influência de cultivares, meio de crescimento e período de amostragem dos frutos nos teores minerais, verificaram baixos teores de minerais nos frutos, exceto para K e magnésio.

O teor de Na apresentou maior valor para dose de 50 mg dm^{-3} com a aplicação de sulfato de amônio e para dose de 200 mg dm^{-3} com a utilização de ureia e nitrato de cálcio (Tabela 2). A presença de NH_4^+ tende a reduzir a absorção de cátions devido à competição pelos sítios de absorção. Isto provavelmente não ocorreu de forma significativa nesta pesquisa.

Não houve diferença para o teor de licopeno e carotenoides totais em relação às fontes e doses de N (Tabela 2). Kuscu et al. (2014) observaram que a aplicação de N promoveu aumento

no teor de licopeno e carotenoides totais até a dose de 120 kg ha^{-1} de N e houve redução dos valores com a aplicação de 180 kg ha^{-1} de N.

4. CONCLUSÕES

A dose de 400 kg ha^{-1} de N proporciona maiores valores de ºBrix e acidez titulável em frutos de tomate. As fontes que contém NH_4^+ acarretaram maiores valores de pH. As fontes e doses de N não influenciam o teor de K, licopeno e carotenoides totais nos frutos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. Official methods of analysis. Arligton: **Patrícia Cuniff**, 1997, 37-10 p., 42-2 p., 44-3 p., 45-16.

ADALID, A.M.; ROSELLÓ, S.; NUEZ, F. Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum* section *Lycopersicon*) for contente of lycopene, β-carotene and ascorbic acid. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 613-618, 2010.

AMANS, E.B.; ABUBAKAR, I.U.; BABAJI, B.A. Nutritional quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as influenced by mulching, nitrogen and irrigation interval. **Journal of Agricultural Science**, v. 3, p. 266-270, 2011.

ANTHON, G.E.; BARRETT, D.M. Pectin methylesterase activity and other factors affecting pH and titratable acidity in processing tomatoes. **Food Chemistry**, v. 132, p. 915-920, 2012.

ANTHON, G.E.; LESTRANGE, M.; BARRETT, D.M. Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, p. 1175-1181, 2011.

AYVAZ, H.; SIERRA-CADAVID, A.; AYKAS, D.P.; MULQUEENEY, B.; SULLIVAN, S.; RODRIGUEZ-SAONA, L.E. Monitoring multicomponente quality traits in tomato juice using portable mid-infrared (MIR) spectroscopy and multivariate analysis. **Food Control**, v. 66, p. 79-86, 2016.

BALDWIN, E.A.; GOODNER, K.; PLOTTO, A. Interaction of volatiles, sugars, and acids on perception of tomato arona and flavor descriptors. **Journal of Food Science**, v. 73, p. 294-307, 2008.

BÉNARD, C.; GAUTIER, H.; BOURGAUD, F.; GRASSELLY, D.; NAVEZ, B.; CARIS-VEYRAT, C.; WEISS, M.; GÉNARD, M. Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) ruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 4112-4123, 2009.

BORGOGNONE, D.; COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; REA, E.; SCHWARZ, D. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 149, p. 61-69, 2013.

CANENE-ADAMS, K.; CAMPBELL, J.K.; ZARIPHEH, S.; JEFFERY, E.H.; ERDMAN, J.W. The tomato as a functional food. **Journal of Nutrition**, v. 135, p. 1226-1230, 2005.

CARVALHO, W.; FONSECA, M.E. de N.; SILVA, H.R da.; BOITEUX, L.S.; GIORDANO, L de B. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica. **Horticultura Brasileira**, v. 232, p. 819-825, 2005.

DILLINGHAM, B.L.; RAO, A.V. Biologicallt active lycopene in human health. **International Journal of Naturopathic Medicine**, v. 4, p. 23-27, 2009.

DING, X.; GUO, Y.; NI, T.; KOKOT, S. A novel NIR spectroscopic method for rapid analyses of lycopene, total acid, sugar, phenols and antioxidante activity in dehydrated tomato samples. **Vibrational Spectroscopy**, v. 82, p. 1-9, 2016.

DORAIS, M.; EHRET, D.; PAPADOPOULOS, A. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. **Phytochemmistry Reviews**, v. 7, p. 231-250, 2008.

EH, A.L.S.; TEOH, S.G. Novel modified ultrasonication technique for the extraction of lycopene from tomatoes. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 19, p. 151-159, 2012.

ERBA, D.; CASIRAGHI, M.C.; RIBAS-AGUSTÍ, A.; CÁCERES, R.; MARFA, O.; CASTELLARI, M. Nutritional value of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) grown in greenhouse by diferent agronomic techniques. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 31, p. 245-251, 2013.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 57, p. 263-273, 2010.

FORD, N.A.; ERDMAN, J.W.Jr. Are lycopene metabolites metabolically active? **Acta Biochimica Polonica**, v. 59, p. 1-4, 2012.

GUIMARÃES, M.A.; SILVA, D.J.H.; PETERNELLI, L.A.; FONTES, P.C.R. Distribuição de fotoassimilados em tomateiro com e sem a retirada do primeiro cacho. **Bioscience Journal**, v. 25, p. 83-92, 2009.

HERNÁNDEZ-SUÁREZ, M.; RODRÍGUEZ, E.M.R.; ROMERO, C.D. Mineral and trace elemento concentrations in cultivars of tomato. **Food Chemistry**, v. 104, p. 489-499, 2007.

IGLESIAS, M.J.; GARCÍA-LÓPEZ, J.; COLLADOS-LUJÁN, J.F.; LÓPEZ-ORTIZ, F.; DÍAZ, M.; TORESANO, F.; CAMACHO, F. Differential response to environmental and nutritional factors of high-quality tomato varieties. **Food Chemistry**, v. 176, p. 278-287, 2015.

KRINSKY, N.I.; JOHNSON, E.J. Carotenoid actions and their relation to health na disease. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 26, p. 459-516, 2005.

KUMAR, M.; MEENA, M.L.; KUMAR, S.; MAJI, S.; KUMAR, D. Effect of nitogen, phosphorus and potassium fertilizers on the growth, yield and quality of tomato var. Azad t-6. **The Asian Journal of Horticulture**, v. 8, p. 616-619, 2013.

KUSCU, H.; TURHAN, A.; OZMEN, N.; AYDINOL, P.; DEMIR, A.O. Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and water productivity of

processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Horticulture, Environment and Biotechnology**, v. 55, p. 103-114, 2014.

LAHOZ, I.; PÉREZ-DE-CASTRO, A.; VALCÁRCEL, M.; MACUA, J.I.; BELTRÁN, J.; ROSELLÓ, S.; CEBOLLA-CORNEJO, J. Effect of water deficit on the agronomical performance and quality of processing tomato. **Scientia Horticulturae**, v. 200, p. 55-65, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Piracicaba: Usp, 1997. 319 p.

MAROUELLI, W.A.; SOUZA, R.B.; BRAGA, M.B.; SILVA, W.L.C. Evaluation of sources, doses and application schedules of nitrogen on drip-irrigated tomato. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 327-335, 2014.

MEHMOOD, N.; AYUB, G.; ULLAH, I.; AHMAD, N.; NOOR, M.; KHAN, A.M.; AHMAD, S.; SAEED, A.; FARZANA. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to nitrogen levels. **Pure and Applied Biology**, v. 1, p. 63-67, 2012.

PORTO, J.S. **Fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade de tomate híbrido silvety**. 2013. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: International Life Sciences Institute Press, 2001. p. 64.

ROSA, C.L da S.; SOARES, A.G.; FREITAS, D.D.G.C.; ROCHA, M.C.; FERREIRA, J.C.; GODOY, R.L. de O. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (*Lycopersicum esculentum* Mill) do tipo "heirloom" produzidos sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, p. 649-656, 2011.

SCIBISZ, I.; REICH, M.; BUREAU, S.; GOUBLE, B.; CAUSSE, M.; BBERTRAND, D.; RENARD, C.M.G.C. Mid-infrared spectroscopy as a tool for rapid determination of internal quality parameters in tomato. **Food Chemistry**, v. 125, p. 1390-1397, 2011.

SILVA, D.J.; VALE, F.X.R. Tomate - Tecnologia de produção. (eds). Viçosa: **Suprema**, 2007, 365 p.

WANG, Y.T.; HUANG, S.W.; LIU, R.L.; JIN, J.Y. Effects of nitrogen application on flavor compounds of cherry tomato fruits. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 170, p. 461-468, 2007.

WILLCOX, J.K.; CATIGNANI, G.L.; LAZARUS, S. Tomatoes and cardiovascular heath. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v. 43, p. 1-18, 2003.

Tabela 2. Valores médios de ºBrix, pH, acidez titulável (%), teor de K (g kg^{-1}) e Na (mg kg^{-1}), licopeno e carotenoides totais (µg g^{-1}) em tomateiros em função das fontes e doses de nitrogênio. Rio Paranaíba - MG

Dose	Fonte[1]				Média	F_{fontes}	F_{doses}	$F_{interação}$	CV
(kg ha^{-1})	Ureia	SA	NA	NC					(%)
				ºBrix					
0	4,8 **								
100	5,3	5,1	5,3	5,3	5,2 b	1,71	333,26**	1,14^{ns}	2,2
400	6,2	6,1	6,1	6,1	6,1 a				
Média	5,8 A	5,6 A	5,7 A	5,7 A					
				pH					
0	4,0 ^{ns}								
100	4,1 Aa	4,0 Bb	4,1 Ab	4,0 Bb	4,0	57,14**	42,08**	26,03**	0,5
400	4,0 Cb	4,1 Ba	4,3 Aa	4,0 BCa	4,1				
Média	4,0	4,0	4,2	4,0					
				Acidez titulável (%)					
0	0,06 **								
100	0,07 ABb	0,06 Bb	0,07 Bb	0,08 Aa	0,07	22,15**	378,72**	34,67**	4,3
400	0,10 Ba	0,09 Ca	0,12 Aa	0,08 Ca	0,10				
Média	0,09	0,08	0,09	0,08					
				K (g kg^{-1})					
0	19,3 ^{ns}								
100	22,4	21,3	19,5	13,4	19,1 a	3,46*	0,38	0,57^{ns}	20,4
400	21,8	22,6	18,5	17,8	20,1 a				
Média	22,1 A	21,9 A	19,0 A	15,6 A					
				Na (mg kg^{-1})					
0	250*								
100	250 Bb	340 Aa	260 Ba	260 Ba	280	10,70**	27,03**	28,26**	4,7
400	280 Aa	240 Bb	240 Ba	250 ABa	250				
Média	270	290	250	260					
				Licopeno (µg g^{-1})					
0	81,8 ^{ns}								
100	66,2	74,5	73,3	63,2	69,3	1,99	0,56	1,08^{ns}	0,5
400	62,1	59,3	79,8	62,8	66,0				
Média	64,1	66,9	76,6	63,0					
				Carotenoides (µg g^{-1})					
0	108,33 ^{ns}								
100	88,1	99,1	97,5	84,1	92,2	2,00	0,57	1,08^{ns}	12,6
400	82,6	78,9	106,3	83,5	87,8				
Média	85,3	89,0	101,9	83,8					

[1]SA - sulfato de amônio; NA - nitrato de amônio; NC - nitrato de cálcio. Médias das fontes e doses seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey e F, respectivamente, ambos 5%. Média do tratamento controle seguido por ** ou * indica a significância do contraste entre esta média e a média dos demais tratamentos segundo o teste t a 1% e a 5%, respectivamente. Valor de $F_{interação}$ seguido por **, * ou ^{ns} indica significância a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fontes e doses de N influenciam na produtividade e parâmetros relacionados a qualidade nutricional dos frutos de tomate. As fontes que contém amônio (ureia, sulfato e nitrato de amônio) e o tratamento controle propiciam os maiores e menores valores de produtividade do tomateiro, respectivamente. A dose de 400 kg ha^{-1} de N proporciona o aumento do índice SPAD, ºBrix e diâmetro longitudinal dos frutos. A utilização de ureia e nitrato de amônio acarreta os maiores valores de pH nos frutos. Os teores de licopeno e carotenoides nos frutos não apresentam diferenças significativas em relação as fontes e doses de N.