



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



DOUGLAS MARCELO PINHEIRO DA SILVA

DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO DE TOMATE DE MESA

Botucatu

2019

DOUGLAS MARCELO PINHEIRO DA SILVA

DOSES E FONTES DE NITROGENIO NA NUTRIÇÃO DE TOMATE DE MESA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas
Bôas

Botucatu
2019

S586d

Silva, Douglas Marcelo Pinheiro da

Doses e fontes de nitrogênio na nutrição de tomate de mesa /
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva. -- Botucatu, 2019
88 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas

1. Fertirrigação. 2. Pós-colheita. 3. Seiva. 4. Solução do Solo. 5.
Tomate. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO DE TOMATE DE MESA

AUTOR: DOUGLAS MARCELO PINHEIRO DA SILVA

ORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Roberto Lyra Villas Bôas

Prof.ª Dr.ª CAROLINE DE MOURA D'ANDRÉA MATEUS

Pós-Doutoranda - Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Caroline

Prof. Dr. LUIZ VITOR CREPALDI SANCHES

Agronomia, Floricultura e Paisagismo / FIB - Faculdades Integradas de Bauru

Luiz

Prof. Dr. FERNANDO FERRARI PUTTI

Engenharia de Biossistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia de Tupã

Fernando P. Putti

Pós-Doutoranda CAMILA PAULA ROSSETTO PESCATORI JACON

Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Camila P. Jacon

Botucatu, 06 de setembro de 2019

*A minha esposa Aurilene, meu filho Renan;
meus pais Rita e Danilo e a minha sogra Sebastiana;
que não mediram esforços para que eu alcançasse a conclusão deste trabalho.*

DEDICO

*Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Roberto Lyra,
ao grande MESTRE José Carlos e, a todos os integrantes
do Departamento de Solos e Recursos Ambientais.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, pelas oportunidades, ensinamentos e Fé.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas (Unesp/FCA) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Horticultura pela oportunidade da realização do curso de doutorado.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA) pela liberação e apoio na realização deste trabalho.

À UFAM e CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Lyra, pela parceria nas atividades, puxões de orelha, orientação e conselhos em momentos difíceis que atravessei para realização deste trabalho em Botucatu, SP.

Aos membros da banca examinadora que aceitaram contribuir com este trabalho.

Ao meu amigo e Prof. Dr. Milton César Costa Campos, pelos conselhos, ensinamentos e parceria em várias atividades, pois se não fosse pela orientação deste Professor, talvez eu não estaria defendendo este trabalho.

Aos meus irmãos Diogo e Rodrigo pela amizade, apoio e carinho.

A todos os cunhados (a) e sobrinhos (a) que fazem parte da nossa família.

Aos funcionários da Biblioteca, da Pós-Graduação, dos Transportes, das fazendas da Unesp, Departamento de Horticultura, Departamento de Proteção de Plantas e Departamento de Engenharia Rural (Gilberto) pelo apoio na solução de problemas.

A Yara pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao Prof. Fernando Putti, Prof. Luiz Sanches, Roseli Visentin e a Camila Pescatori pela disponibilidade de seu tempo na solução de dúvidas referente a este trabalho.

Aos amigos e colegas Giovanni Gilli, Charles Watanabe, Andrew Kin, Marcela Caetano, Sayuri Noda, Príncilla Chaves, Estefânia Bardivieso, Mauricio Nasser, Victor Araújo, Regiane Carvalho, Maryjane Gomes, Marcelo Costa, Roberta Santos, Marcos Liodorio, Half Wberg, Alberto Avilez, João Paulo (DK), Caio (Pescador), Renan (Cabeção), Cauai (Filé de Borboleta), Rodrigo Almeida, Patrick Ferreira, Amanda Almeida, Matheus (Fuminho), Camila Nunes, João Rigon, Silvia Capuani, Zildélia Silva, João Celso, Renan Cruz, Jonath Gomes, Valdemiro Pitoro e aos estagiários e estagiarias que ajudaram neste trabalho.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Meus agradecimentos e gratidão!

RESUMO

O tomateiro é cultivado em quase todo o mundo, pois os híbridos mais resistentes (pragas, doenças e pós-colheita) possibilitaram um volume maior de produção nos últimos anos, levando à expansão e desenvolvimento desta cultura em muitos países. A busca pela sustentabilidade dos recursos naturais nos sistemas de produção em horticultura tem sido tema de muitas pesquisas, pois entre outros aspectos o manejo eficiente da adubação promove menores perdas de nutrientes e conseqüentemente menor contaminação. A maior eficiência no aproveitamento de nitrogênio pela fertirrigação em relação ao sistema convencional é comprovada em vários trabalhos apresentados pela literatura. Há, porém, questionamentos quanto ao manejo dos adubos para evitar excesso ou falta de nutrientes e por isso o uso de ferramentas que permitam este controle deve ser implementado no cultivo, considerando o diferencial gerado em função de doses de fontes diferentes de nutrientes. O nitrogênio é um nutriente de grande importância para o tomateiro e de difícil controle pelas ferramentas convencionais como análise de solo e de planta. Dessa forma, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar doses e fontes de nitrogênio na nutrição de tomate de mesa no desenvolvimento das plantas cultivadas em ambiente protegido. O trabalho foi conduzido em ambiente protegido na área experimental do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA - UNESP de Botucatu. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 4, totalizando 12 tratamentos, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio (nitrato de cálcio, nitrato de amônio e ureia) em 4 doses (10, 16, 22 e 26 g/N por planta). No solo foi realizada análise de nutrientes em duas épocas e, na solução do solo a cada 15 dias. Nas plantas de tomate foi analisado desenvolvimento, número de folhas, altura de planta, altura do primeiro cacho, produtividade, análise pós-colheita, teor de nutrientes na seiva e nas folhas em duas épocas. Com base na produção média, conclui-se que a fonte nitrato de cálcio foi a melhor fonte de nitrogênio para a cultura do tomateiro.

Palavras-chave: Fertirrigação. Pós-colheita. Seiva. Solução do solo.

ABSTRACT

Tomatoes are grown almost all over the world, as the most resistant hybrids (pests, diseases and post-harvest) have enabled a greater volume of production in recent years, leading to the expansion and development of this crop in many countries. The search for the sustainability of natural resources in horticulture production systems has been the subject of much research, as, among other aspects, the efficient management of fertilization promotes less loss of nutrients and consequently less contamination. The greater efficiency in the use of nitrogen by fertigation compared to the conventional system is proven in several studies presented in the literature. However, there are questions about the management of fertilizers to avoid excess or lack of nutrients and, therefore, the use of tools that allow this control should be implemented in cultivation, considering the differential generated due to doses of different sources of nutrients. Nitrogen is a nutrient of great importance for tomatoes and difficult to control by conventional tools such as soil and plant analysis. Thus, the present work aimed to evaluate doses and sources of nitrogen in the nutrition of table tomatoes in the development of plants grown in a protected environment. The work was conducted in a protected environment in the experimental area of the Department of Soils and Environmental Resources of FCA - UNESP de Botucatu. The experimental design used was in randomized blocks, in a 3 x 4 factorial scheme, totaling 12 treatments, with 4 repetitions. The treatments consisted of three sources of nitrogen (calcium nitrate, ammonium nitrate and urea) in 4 doses (10, 16, 22 and 26 g / N per plant). Analysis of nutrients was carried out in the soil in two seasons and in the soil solution every 15 days. In tomato plants, development, number of leaves, plant height, height of the first bunch, productivity, post-harvest analysis, nutrient content in sap and leaves in two seasons were analyzed. Based on the average production, it was concluded that the calcium nitrate source was the best nitrogen source for the tomato crop.

Keywords: Fertigation. Post harvest. Sap. Soil solution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Teor de P (A); Mn (B); K (c) e SB (D) no solo aos 60 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.	52
Figura 2.	pH (A); H + Al (B) CTC (F) e teor de P (C); Fe (D) e Mg (E);) no solo aos 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.	53
Figura 3.	Teor foliar de Mn (A), Mg (B) e N (C) aos 60 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.	57
Figura 4.	Teor foliar de Mg (A), P (B), K (C) aos 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.	58
Figura 5.	Teor foliar de Cu (A); Zn (B) e Fe (C) aos 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.	59
Figura 6.	CE da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido Paronset em função dos tratamentos. Botucatu, SP. 2017.	60
Figura 7.	Número de flores e frutos em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.	61
Figura 8.	pH da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido Paronset. Botucatu, SP. 2017.	62
Figura 9.	Cálcio da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido Paronset. Botucatu, SP. 2017.	63
Figura 10.	Potássio da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido Paronset. Botucatu, SP. 2017.	64
Figura 11.	Nitrato da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido Paronset. Botucatu, SP. 2017.	64
Figura 12.	Condutividade na seiva e teor na seiva de N-Nitrato, K, Mg e Ca aos 60 e 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo.	67
Figura 13.	Teor na seiva de P e S (a), Boro (b), Na (c) aos 60 DAT e Mn aos 60 e 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo.	70
Figura 14.	Volume de raiz (A) produtividade t/ha (B), produtividade (C) e número de frutos comerciais (D em função das doses de N aplicadas. Botucatu, SP. 2017.	73
Figura 15.	Acidez titulável (A), sólidos solúveis (B) e açúcar redutor (C) em função das doses de N aplicadas. Botucatu, SP. 2017.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Análise física do solo utilizado no experimento.	38
Tabela 2.	Caracterização química do solo antes do início do ensaio.	38
Tabela 3.	Precificação das doses de nitrogênio.	46
Tabela 4.	Resultado da análise química do solo coletado aos 60 DAT.	48
Tabela 5.	Resultado da análise química do solo coletado aos 120 DAT.	49
Tabela 6.	Resultado da análise química da folha diagnose das plantas de tomate coletada aos 60 DAT.	55
Tabela 7.	Resultado da análise química da folha diagnose das plantas de tomate coletada aos 120 DAT.	56
Tabela 8.	Resultado médio de nove leituras da análise de solução do solo ao longo do ciclo da cultura do tomate.	65
Tabela 9.	Massa de frutos comerciais (MFC), produtividade (Prod.), número de frutos com fundo preto (NFFP), número de frutos comerciais (NFC), número de frutos verdes (NFV), número de frutos não comerciais (NFNC), número de frutos com fundo preto (NFP), Massa de planta (MP), massa de raiz (MR), massa de planta mais raiz (MPR), volume de raiz (VR), altura de planta (AP) e altura do primeiro cacho (AC) em função dos tratamentos aplicados.	72
Tabela 10.	Resultado da análise de açúcar redutor (AR), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), pH, ácido Ascórbico (AA), Ratio (SST/AT) e perda de água após a colheita dos frutos em frutos de tomate aos 90 DAT.	75
Tabela 11.	Resultado da análise de açúcar redutor (AR), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), pH, ácido Ascórbico (AA), Ratio (SST/AT) e perda de água após a colheita dos frutos em frutos de tomate aos 90 DAT.	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	Tomate	23
2.2	Fertirrigação	24
2.3	Adubação nitrogenada	26
2.4	Seiva do peciolo do tomateiro	29
2.4.1	Análise	29
2.4.2	Folhas para análise de seiva	30
2.4.3	Equipamentos para análise da seiva	32
2.4.4	Coleta de folhas para análise de seiva	33
2.4.5	Resultados encontrados na seiva de plantas de tomate	34
3	MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1	Caracterização da área experimental	37
3.2	Clima	37
3.3	Delineamento experimental	37
3.4	Solo e preparo dos vasos	38
3.5	Recomendação de fertilizantes	39
3.6	Fertirrigação e sistema de irrigação	39
3.7	Avaliação de uniformidade do sistema	41
3.8	Curva de retenção de água no solo	41
3.9	Manejo de irrigação	41
3.10	Escolha da cultivar e tratos culturais	42
3.11	Período das avaliações	42
3.12	Avaliações no solo	42
3.13	Solução do solo	43
3.14	Avaliação das plantas	43
3.15	Avaliação econômica	45
3.16	Análises estatísticas	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5	CONCLUSÃO	79
	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

Cultivos de tomateiro a campo ou em ambiente protegido, com a utilização do monitoramento do estado nutricional (análise de folhas, teste de seiva de pecíolos) das plantas, do solo (análise de solo e solução do solo), acompanhamento da umidade do solo para o fornecimento de água no momento correto, genética do material e condições ambientais favoráveis, permitem que as plantas de tomateiro expressem a sua mais alta capacidade produtiva.

A busca pela sustentabilidade dos recursos naturais nos sistemas de produção em horticultura tem norteado as pesquisas neste seguimento, pois o padrão comercial das hortícolas sofre influência da adubação. No entanto, devido ao crescente aumento da população e o novo conceito de agricultura fundamentada na necessidade de se produzir mais para que não ocorra a disparidade entre a oferta e consumo de alimentos será necessário criar condições adequadas para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

É reconhecida a cultura do tomateiro por seus aspectos econômicos e sociais, e pelo aporte tecnológico que vem recebendo nos últimos anos. Destaca-se pela sua versatilidade, pois seus frutos podem ser destinados tanto para indústria como para o comércio in natura.

A tendência da produção de tomate é fazê-la em condições de casa de vegetação, onde se pretende controlar as condições ambientais para aumentar a produtividade em menor espaço.

Para que seja alcançada o máximo de produtividade as plantas de tomateiro têm que receber o manejo adequado, com o objetivo de favorecer o crescimento e desenvolvimento vegetativo. Com isso, busca-se técnicas de cultivo que permitam melhorar a eficiência dos insumos aplicados, entre eles os nutrientes, sendo que a fertirrigação vai ao encontro desta demanda.

Dentre os vários sistemas de irrigação utilizados, o gotejamento é o que permite maior eficiência no aproveitamento da água e, conseqüentemente, dos nutrientes aplicados por este sistema. Esta maior eficiência em relação ao demais sistemas ocorre devido ao maior parcelamento, à localização, e à uniformidade de distribuição de água que esse sistema permite.

A maior eficiência no aproveitamento dos nutrientes e, incluindo o nitrogênio aplicado via fertirrigação em relação ao sistema convencional é comprovada em vários

trabalhos apresentados pela literatura (THREADGILL, 1985; BURT; O'CONNOR; RUEHR, 1995; VILLAS BÔAS, 2001; ALVARENGA, 2004; CARRIJO et al., 2004; FACTOR et al., 2008; VILAS BOAS et al., 2008; TRANI; TIVELLI; CARRIJO, 2011; OLIVEIRA et al., 2016).

Apesar da literatura acima citada apresentar valores maiores da eficiência de uso de nutrientes pelas plantas quando aplicados via fertirrigação, espera-se, que, com a mesma quantidade de fertilizante nitrogenado usado no sistema convencional possa-se produzir mais com a fertirrigação. Há, no entanto, dúvidas em relação a quantidade de fertilizante a ser aplicada.

Dentre as fontes de nitrogênio existente no mercado, destacam-se em termos de uso a ureia (45% de N), o nitrato de amônio (32% de N) e, especificamente para hortaliças de fruto, o nitrato de cálcio (15,5% de N). Estes fertilizantes variam quanto à sua composição, velocidade de liberação de N e reação no solo. Estas diferenças podem, além de afetar na produtividade, influenciar também na qualidade do produto gerado.

Há, porém, questionamentos quanto ao manejo dos adubos para evitar excesso ou falta de nutrientes e por isso o uso de ferramentas que permitam este controle deve ser implementado no cultivo, considerando o diferencial gerado em função de doses de fontes diferentes de nutrientes. Portanto, a escolha da fonte de N a ser utilizada na fertirrigação é ainda motivo de questionamentos tanto em termos de diferentes produtividades, como em lucratividade.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar doses e fontes de nitrogênio aplicadas via fertirrigação na nutrição, desenvolvimento de plantas e produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tomate

O tomateiro é uma eudicotiledônea perene, porém é amplamente cultivado de forma anual e, de acordo com a finalidade e aptidão da cultivar utilizada pode ser cultivado tutorado de forma ereta e semi-ereta, mas é uma planta rasteira, que possui hábito de crescimento determinado e indeterminado (ALVARENGA, 2004).

A coloração das flores são amarela hermafroditas e autógamas, possui folhas alternadas compostas por número ímpar de folíolos peciolados e com bordas serrilhadas, os frutos são bagas carnosas com variados tamanhos e formatos, e divididos internamente em lóculos, a floração e frutificação ocorrem simultaneamente com o desenvolvimento vegetativo (SASAKI; SENO, 1994; FILGUEIRA, 2003)..

O sistema radicular do tomateiro pode atingir até 1,5 m de profundidade, é do tipo pivotante e quando jovem o caule da planta é ereto, herbáceo, suculento e coberto por pelos glandulares, mas quando a planta atinge a fase adulta o caule torna-se fino e lenhoso, e assim não suporta peso da planta na posição ereta (PINTO; CASALI, 1980).

É um dos vegetais mais cultivados e consumidos no mundo e, esta produção provocou aumento no seu consumo, com isso, esta alta demanda provou ser um dos principais fatores que levam à expansão e desenvolvimento desta cultura em muitos países (CASA; EVANGELISTA, 2009).

Além disso, caracteriza-se como uma planta de clima tropical de altitude que se adapta a quase todos os tipos de clima, não tolerando, porém, temperaturas muito elevadas. Por isso, o tomate pode ser cultivado em várias partes do mundo (LOPES; ESTRIPARI, 1998).

É uma das hortaliças mais exigentes em água, e a deficiência de água é normalmente o fator mais limitante à obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade, mas o excesso também pode ser prejudicial (SANTANA et al., 2011).

Segundo Macêdo e Alvarenga (2005), a água e os nutrientes são os fatores que limitam o rendimento do tomate com maior intensidade, exigindo controle eficiente da umidade do solo e da nutrição mineral, para que se obtenha alta qualidade e produtividade.

Quando aplicada uma maior ou menor dosagem de nitrogênio nas plantas de tomate pode-se criar condições favoráveis ao ataque de patógenos e insetos, ou diminuir a produtividade esperada (ALMEIDA, 2011).

A deficiência de nitrogênio pode favorecer o ataque de patógenos e o excesso pode provocar a produção de tecidos suculentos e novos, aumentando o estágio vegetativo e retardando a maturidade da planta (ZAMBOLIM, 2001), e podendo criar condições favoráveis ao ataque de patógenos (YAMADA, 2004).

2.2 Fertirrigação

A fertirrigação possibilita a distribuição de nutrientes durante o ciclo da cultura de acordo com a necessidade nutricional das plantas, reduzindo dessa forma os riscos de desperdício de fertilizantes e destaca-se como uma das tecnologias de maior impacto na produção agrícola (CAMEIRA et al., 2014).

A principal vantagem da fertirrigação é o ganho de eficiência no uso dos fertilizantes, em razão da maior facilidade de parcelamento da adubação, que permite melhor ajuste no fornecimento de nutrientes com a demanda da planta, nos diferentes estádios de desenvolvimento (COSTA; FRANÇA; ALVES, 1986; SAMPAIO; FONTES; SEDIYAMA, 1999; REZENDE et al., 2010; SOUZA et al., 2012).

Além disso, esses autores destacam que o sistema de irrigação por gotejamento permite que a solução contendo nutrientes seja aplicada na zona ativa das raízes, de onde a água está sendo extraída pelas plantas, fazendo com que a perda de fertilizante por lixiviação seja menor.

Pode somar às vantagens da fertirrigação o menor custo de aplicação dos fertilizantes, uma vez que o sistema aproveita a aplicação de água como veículo, evitando a aplicação com máquinas, que podem causar dano as plantas e/ou compactação ao solo (VILLAS BÔAS; ZANINI; DUENHAS, 2002).

A fertirrigação também pode apresentar desvantagens, principalmente quando o produtor desconhece o manejo específico que a técnica requer e, um dos problemas atribuídos a fertirrigação é o entupimento do sistema de gotejamento, principalmente quando não se utiliza fertilizante puro e com alta solubilidade (VILLAS BÔAS; BÜLL; FERNANDES, 1999).

Por ser aplicado de forma localizada (água e nutrientes), o uso de doses acima do limiar da planta, pode gerar efeito salino e afetar negativamente a produtividade,

causando um efeito ainda mais intenso que a aplicação convencional onde o fertilizante é aplicado de forma sólida, sem solubilidade imediata, onde sua diluição ocorre lentamente (DIAS et al., 2005).

Outro aspecto que pode gerar problemas na fertirrigação é quando o sistema de irrigação não é uniforme e se a distribuição de água não apresenta um adequado coeficiente de uniformidade de distribuição ao longo da linha de gotejamento, também o fertilizante não conseguirá atingir uma distribuição uniforme (VILLAS BÔAS; BÜLL; FERNANDES, 1999).

Fayad et al. (2002) relataram que para alcançar o crescimento satisfatório da cultura de tomate, com frutos de boa qualidade, seja este cultivo em campo ou em sistemas mais tecnificados (estufas) necessita-se ter o conhecimento das taxas de absorção de nutrientes exigidos pela cultura em cada estágio de desenvolvimento da planta. Esses autores, destacam que o fornecimento de fertilizantes tem que atender demanda da planta e, caso haja um desequilíbrio na adubação pode ocasionar sérios problemas no desenvolvimento da cultura.

Andriolo, Ross e Witter (2004) estudando o crescimento, desenvolvimento e produtividade do tomate cultivado em substrato com três concentrações de nitrogênio na solução nutritiva, observaram em seus resultados que concentrações de N na solução nutritiva acima ou abaixo daquela recomendada (com a seguinte composição de sais macronutrientes, em mmol L⁻¹: 5,5 de KNO₃; 1,3 de KH₂PO₄; 2,75 de Ca(NO₃)₂; 0,75 de MgSO₄ (ANDRIOLO, 1999)) para o cultivo do tomate em substrato afetam o crescimento e a produtividade da cultura.

Entretanto, segundo estes mesmos autores não foi observada resposta similar nos dois ciclos de cultivo que foram objeto dos experimentos conduzidos e, destacam que o manejo correto da fertirrigação na cultura do tomate deve ser feito levando-se em conta também outros fatores determinantes no crescimento, especialmente as condições ambientais associadas com a época do ano.

Trani, Tivelli e Carrijo (2011) relatam que as características dos fertilizantes para fertirrigação também são diferentes, estes precisam de um alto grau de pureza e, conseqüentemente, alta solubilidade para que não gerem resíduos nos tanques de mistura e baixo poder de salinização para que não ocorra a salinização do solo dificultando o desenvolvimento radicular e a absorção de água e nutrientes pela planta.

Quando se usa a fertirrigação é possível o monitoramento da concentração de

nutrientes na solução do bulbo úmido por meio de extratores de solução do solo, ajustando a quantidade aplicada antes de ocorrer deficiências minerais ou o excesso de sais na solução do solo e, que o monitoramento da solução do bulbo úmido é uma ferramenta a mais que a fertirrigação permite em relação ao sistema de adubação convencional (SOUZA et al., 2012).

A salinidade do solo se refere ao conteúdo de sais solúveis na solução do solo, e a água de irrigação pode ser uma fonte de sais que, se manejada de forma inadequada, pode produzir efeito salino no solo e, alguns problemas de salinidade são naturalmente criados pelo manejo inadequado de fertilizantes, que inclui a quantidade aplicada e a escolha dos fertilizantes em relação às suas características de salinidade (VILLAS BÔAS; BÜLL; FERNANDES, 1999).

Com relação à salinidade, a cultura do tomate é considerada medianamente sensível, tendo como limite de tolerância 2,5 dS m⁻¹, determinados no extrato de saturação do solo e, para cada unidade de acréscimo na salinidade, acima deste limite, há uma redução de 9,9% na produtividade (MAAS; HOFFMAN, 1977).

Na medida em que os sais se acumulam no solo, as raízes apresentam maior dificuldade de absorver água e, o sintoma do efeito salino no tomate é caracterizado, inicialmente, por murchamento foliar nos períodos mais quentes do dia, mesmo o solo estando úmido, em seguida, ocorre queimadura do ápice e das bordas das folhas pela morte do tecido foliar e, finalmente, a morte da planta (ALVARENGA, 2004).

A análise da solução do solo é uma ferramenta auxiliar para monitorar a salinidade e avaliar a disponibilidade de outros nutrientes, como: nitrato, potássio e cálcio (SOUZA et al., 2012).

2.3 Adubação nitrogenada

O N está relacionado com a fotossíntese, respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica, crescimento e diferenciação celular (EPSTEIN, 1975). Desta forma, o nitrogênio é um dos nutrientes que promove maiores modificações morfofisiológicas na planta, com possibilidade de alterar o número, o peso e a qualidade dos frutos (MARSCHNER, 1995).

O nitrogênio influencia os processos bioquímicos e fisiológicos, como a atividade fotossintética e a taxa de translocação de fotoassimilados e a sua ausência se manifesta com baixo crescimento, desenvolvimento e produção (FERREIRA et al.,

2006).

No caso do nitrogênio, um excesso produz um crescimento vegetativo exagerado, plantas suculentas, raízes subdesenvolvidas e retardo no amadurecimento dos frutos (FLORES et al., 2003). Por outro lado, na sua ausência, a planta desenvolve caules de menor diâmetro, pequena área foliar e com menos clorofila, razão pela qual seu aspecto fica verde pálido (MOYA, 2002), da mesma forma, a planta torna-se suscetível à proliferação de patógenos (RUBIO-COVARRUBIAS et al., 2005).

Para Engels e Marschner (1995) na maioria das culturas o nitrogênio é um dos nutrientes que mais limita o desenvolvimento, produtividade e a produção de biomassa, ocupando posição de destaque no cultivo do tomateiro uma vez que é o segundo nutriente mais acumulado pela planta após o potássio. Além disso, dependendo da fonte de N utilizada, a resposta pode variar em função da composição química do fertilizante, características de reação no solo e necessidade da planta por N (ALMEIDA, 2011).

Para o tomateiro, o nitrogênio é o elemento com maiores efeitos no seu crescimento e produção, uma vez que o fornecimento de nitrogênio dentro de uma faixa ideal, entre outras funções importantes, promove a formação de flores e frutos, melhora a cor e o tamanho da fruto, do mesmo modo, regula a maturação (JARAMILLO et al., 2007).

O nitrogênio favorece a síntese de osmólitos na planta, trabalhos tem demonstrado que a aplicação de nitrato de potássio (KNO_3) ou nitrato de cálcio $Ca(NO_3)_2$ tem proporcionado redução no efeito salino devido incrementos na relação K/Na, Ca/Na e na absorção de N (KAYA et al., 2007).

Na fertilização nitrogenada as fontes rapidamente disponíveis são sais inorgânicos de amônio, nitrato e n-amidico e dentre as fontes mais utilizadas tem-se a ureia, o nitrato de cálcio, e o nitrato de amônio e a ureia difere das demais fontes, por ser absorvida pelas plantas somente após ser hidrolisada no solo, já as formas nítricas (nitrato de Cálcio) e a nítrica-amoniacal (nitrato de amônio) apresentam efeitos diferentes na reação do solo, na condutividade elétrica e no fornecimento de cálcio (RAUSCHKOLB; HORNSBY, 1994; SCAIFE; STEVENS, 1983).

A ureia é uma das fontes mais utilizadas pelos agricultores por apresentar o menor custo por unidade de N (CUNHA et al., 2011), porém esta fonte juntamente com o nitrato de amônio não contribui com o aumento do cálcio no solo, diferente do

nitrato de cálcio (COELHO et al., 2004). No tomate, a deficiência de cálcio é muito comum e, o uso de uma fonte mais barata de nitrogênio, mesmo com uma calagem feita de forma adequada, pode não ser suficiente para fornecimento desse nutriente em quantidade adequada para a planta (ALVARENGA, 2004).

A eficiência do aproveitamento do N pelas plantas também pode ser diferente entre as fontes utilizadas (PRIMAVESI et al., 2006). A ureia e o nitrato de amônio podem gerar nitrogênio na forma catiônica, diferente da fonte nítrica (COELHO et al., 2004). Essa característica pode influenciar o balanço de cátions e ânions na planta, gerando respostas diferentes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A limitação de carbono e de energia é comum nos solos, e nestas condições o amônio (NH_4^+) é consumido pelos microrganismos nitrificadores e rapidamente oxidado para nitrito (NO_2^-) e, em seguida para nitrato (NO_3^-), predominando esta forma de N em solo com condições aeróbicas (CANTARELLA, 2007).

Com carbono (C) disponível as bactérias quimioautotróficas realizam no solo a nitrificação do nitrogênio amoniacal (NH_4^+) e o nitrogênio na forma amoniacal (NH_4^+) no solo é rapidamente assimilado pelos microrganismos à biomassa microbiana (CANTARELLA, 2007).

Os vegetais diferem em sua preferência pelas fontes de nitrogênio, mas absorvem este nutriente principalmente nas formas inorgânicas, como nitrato (NO_3^-) ou amônio e, no solo, o nitrogênio está presente na forma de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), aminoácidos, peptídicos e formas complexas insolúveis (WILLIAMS; MILLER, 2001).

Uma das formas de nitrogênio utilizado na agricultura é amida (ureia) contendo 45% de nitrogênio, como fórmula química $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (MATTOS JUNIOR; CANTARELLA; QUAGGIO, 2002) mas, para absorção das plantas, a amida tem que estar na forma amônio ou nitrato (WILLIAMS; MILLER, 2001).

Quando se aplica ureia ao solo, esta é rapidamente hidrolisada pela ação da uréase (enzima liberada por microrganismos) formando NH_4^+ ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NH}_4 + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^-$) e nesta transformação pode ocorrer acidificação do solo, pois há a liberação de OH^- (ERNANI; BAYER; STECKLING, 2001; ROCHETTE et al., 2009).

Formado o NH_4^+ , este poderá ser absorvido pelas plantas, convertido à NO_3^- por meio da nitrificação, adsorvido por forças eletrostáticas aos sítios de troca do solo ou imobilizado por microrganismos (RAIJ, 2011; POLETTI; GROHS; MUNDSTOCK, 2008; PRADO, 2008; MALAVOLTA, 1980).

Por outra via, pode ocorrer a transformação do NH_4^+ em NH_3 (g) ($\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{NH}_3$ (g) + H_2O) que pode ser perdido para atmosfera por volatilização da amônia (SANGOI et al., 2003; ROCHETTE et al., 2009).

O pH elevado, umidade adequada, temperatura elevada e presença de restos culturais podem aumentar o processo de transformação da amida em outros compostos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Os fertilizantes na forma de nitrato, são o produto final da transformação do nitrogênio (ureia \rightarrow amônio NH_4^+ \rightarrow nitrato NO_3^-) estes não causam acidez ao solo e não são perdidos por volatilização da amônia, é a forma básica de vários fertilizantes nitrogenados, o mais utilizado é o nitrato de cálcio (COUTINHO; NATALE; SOUZA, 1993).

Por outra via, a falta de oxigênio no solo pode possibilitar a perda de nitrogênio por volatilização e, neste processo o nitrato é reduzido por meio da ação de microrganismos à N_2O ou N_2 , que são gases perdidos para a atmosfera (ALCARDE; GUIDOLIN; LOPES, 1998), mas, a maior fonte de perdas de nitrato (NO_3^-) é mesmo por lixiviação, que ocorre quando o solo apresenta mais cargas negativas do que cargas positivas e não retém o NO_3^- no solo por meio da ligação eletrostática (carga positiva atrai carga negativa) (COUTINHO; NATALE; SOUZA, 1993).

Em geral, a aplicação de fertilizantes é recomendada em função da estimativa de produção da cultura e a adequada nutrição é fundamental para a obtenção de plantas, com maior resistência a danos físicos e mecânicos e maior capacidade de produção, de modo a obter um estande de plantas homogêneo (TRANI; TIVELLI; CARRIJO, 2011).

2.4 Seiva do pecíolo do tomateiro

2.4.1 Análise

A análise de seiva de plantas pode ajudar a alcançar a fertilização ótima de plantas, mas o teste de seiva no pecíolo não se destina a substituir os procedimentos analíticos padronizados, feitos em laboratório em folhas ou pecíolos secos, o teste de seiva a partir do pecíolo, destina se a analisar a seiva de plantas frescas para concentrações de alguns nutrientes (HOCHMUTH, 1994).

É um procedimento rápido para determinar o status nutricional das plantas,

cujos resultados podem ser utilizados na orientação de aplicações de N e K para os vegetais cultivados e essas análises podem ser realizadas ainda no campo favorecendo a correção da adubação (HOCHMUTH, 1994).

É preferível testar a planta em vez do solo durante o período de cultivo, pois a planta é o depósito final para N e K, e fornece informações para diagnosticar possíveis problemas (HOCHMUTH, 2015). Além disso, N e K são móveis em solos arenosos e um teste de solo para esses nutrientes fornece apenas o teor de nutrientes no solo, no momento amostrado, que pode ser alterado rapidamente pela chuva ou pela irrigação (HOCHMUTH, 2015).

À medida que os produtores e consultores começam a usar a tecnologia do teste de seiva, perguntas surgem a respeito de procedimentos, pois a literatura tem valores publicados de nitrato-nitrito de pecíolo, mas estes valores são às vezes com base em pecíolos secos e não são diretamente transformáveis em concentrações de N-NO_3^- de seiva fresca e somente valores de nutrientes de seiva do pecíolo fresco podem ser usados no procedimento de teste de seiva do pecíolo (HOCHMUTH, 1994).

A concentração de nitrato na seiva do pecíolo pode ser uma ferramenta para avaliação de N-NO_3^- e que os resultados do trabalho concluem que o teste de seiva tem um bom potencial para manejo da adubação nitrogenada (FARNESELLI; TEI; SIMONNE, 2014).

A mineralização de N a partir da matéria orgânica pode fornecer uma porção significativa de N para as plantas de tomateiro e que o monitoramento do status de N na planta por meio da concentração de N-NO_3^- na seiva do pecíolo é uma ferramenta de gerenciamento eficaz para determinar a necessidade de N no cultivo (TABER; 2001).

2.4.2 Folhas para análise de seiva

De modo semelhante ao que acontece no teor total de nitrogênio nas folhas (HOWLETT, 1961) deve haver também variação no teor de n-nitrato na seiva. Llanderal et al. (2018) destacam a falta de informação sobre o conhecimento das concentrações de nutrientes na seiva relacionada a posição das folhas na planta de tomate.

Hochmuth (1994) observou que a folha ideal para coletar são as recentemente amadurecidas, que atingiram o tamanho máximo, que mudaram de um estágio juvenil

com cor verde claro para uma cor verde escura e desta folha retira-se todos os folíolos e permanece o pecíolo com cerca de 8 polegadas de comprimento, o cultivo sendo uniforme, a coleta de 10 folhas é suficiente para representar um hectare.

Taber (2001) coletou a 4ª ou 5ª folha a partir do ápice de plantas de tomate quinzenalmente após a quarta semana do transplante entre 9 e 11 horas da manhã.

Carson, Ozores-Hampton e Morgan (2016) coletaram a primeira folha madura em relação ao ápice da planta no início da floração, totalizando seis coletas com intervalos de 15 dias entre as coletas para avaliar a correlação de N-NO_3^- na seiva de pecíolo com a concentração de nitrogênio no tecido foliar.

Guimarães et al. (1998) cultivando plantas de tomate em vasos de 12 L com solo de textura argilosa e de textura areia-franca e por ocasião das flores do 1º e do 3º cacho (42 e 57 dias após a semeadura (DAS), respectivamente), as folhas opostas a cada cacho foram destacadas entre as 7 e 8h da manhã para extração de seiva e posterior análise.

Andersen et al. (1999) testando a influência da adubação nitrogenada (0, 67, 134, 202, 269 kg ha^{-1} de N) nas concentrações de N-NO_3^- , coletaram amostras de folhas (a quinta ou sexta folha contando a partir do ápice de 10 plantas por unidade experimental) após 7 semanas e 13 semanas do transplante.

Llanderal et al. (2018) coletaram amostras de pecíolos de diferentes folhas (jovens, madura e velha) de tomate aos 135 DAT (quatro semanas após a primeira colheita) para avaliar a variabilidade nutricional da seiva.

Llanderal et al. (2019) para avaliar alterações nutricionais no pecíolo de plantas de tomate em estufa, considerou plantas em três estádios fenológicos, desenvolvimento de frutos (86 DAT), início da colheita (107 DAT), produção (128-163 DAT). Esses autores procederam semanalmente a coleta de pecíolos de folhas totalmente expandidas de 86 a 163 DAT.

Farneselli et al. (2006) coletaram trezentos pecíolos de tomate em folhas recentemente maduras, em dois experimentos, para avaliar o procedimento de cortar o pecíolo ou mantê-lo inteiro para extração da seiva e lavar ou não o mesmo. A lavagem consistiu em mergulhar os pecíolos inteiros ou cortados em água deionizada por 30, 60 ou 120 segundos antes de extrair a seiva. A lavagem e o corte do pecíolo reduziram as concentrações de N-nitrato e K^+ na seiva, sendo que esta alteração pode afetar a interpretação dos resultados do teste (FARNESELLI et al., 2006).

Com relação ao horário de coleta da seiva, a literatura recomenda que esta seja

feita no período da manhã, no entanto, existe uma variação com relação ao melhor momento mas, Farneselli, Tei e Simonne (2014) para o teste de seiva do pecíolo realizaram a coleta de folhas entre as 10:00 e as 12:00h; já Ferreira e Fontes (2011) a coleta de folhas ocorreu entre 7 h e 9h.

Prasad e Spiers (1985) coletaram amostras de folhas e pecíolos recentemente maduros para avaliar os teores de nitrato na seiva de pecíolos de tomate e concluíram que a amostragem da seiva deve ser feita regularmente a partir da quarta a quinta semana até a oitava e décima semana, portanto incluindo estágio vegetativo/reprodutivo até a colheita, uma vez que o padrão de variação do teor de nitrato na seiva pode ser mais importante do que a concentração absoluta.

Locascio et al. (1997) coletaram folhas inteiras, recentemente maduras para determinação de $N-NO_3^-$ aos 28, 42, 56 e 70 DAT para o ano de 1993 e uma amostragem adicional na aos 84 DAT para o ano de 1994.

Para Hochmuth (1994) a temperatura e hora do dia podem influenciar no teor de nitrato na seiva de plantas, devido a estas variáveis as leituras para serem consistentes devem ser realizadas entre as 9 e 16 horas. Este mesmo autor relata que a padronização de temperatura e condições meteorológicas em que a amostragem é realizada ajudará a fornecer resultados mais consistentes.

Ferreira e Fontes (2011) realizaram amostragem de folhas de tomate na abertura das flores do primeiro, terceiro e quinto cachos, respectivamente, aos 35, 57 e 85 dias após o transplântio (DAT).

2.4.3 Equipamentos para análise da seiva

A utilização de medidor portátil representa uma alternativa viável no diagnóstico da nutrição nitrogenada do tomate, devido a rapidez e facilidade de uso, e a relação existente com as formas de N usualmente determinadas em laboratório (GUIMARÃES et al., 1998) são adequados para determinar íons na solução do solo e seiva do pecíolo, dando boa correlação com os valores obtidos pelos métodos padrão, e permiti uma redução no custo e no tempo das análises (FOLEGATTI et al., 2005).

Di Gioia et al. (2010) concluíram que os eletrodos de íons seletivos podem ser usados para medidas das concentrações de $N-NO_3^-$ e K na solução do solo, lixiviado do solo, fertirrigação no campo e soluções de nutrientes, sendo assim uma ferramenta prática.

Além dos medidores de íons seletivos, há outros sistemas de análises de seiva utilizando reflectómetro e calorímetro (THOMPSON et al., 2009). Estes equipamentos podem ser utilizados em sistemas hortícolas devido à rapidez e simplicidade de análise, facilidade de uso, e capacidade de analisar amostras coloridas, e uma desvantagem do reflectómetro seria a estreita faixa de leitura, o que requer que as amostras com teores elevados sejam diluídas, e um aumento do seu alcance analítico seria pode melhorar sua adequação para uso em sistemas hortícolas (THOMPSON et al., 2009). Esses autores salientam que sistemas de análise rápida de eletrodo seletivo de íons exige um instrumento específico para cada íon a ser medido.

Os métodos colorimétricos podem ser influenciados por coloração de clorofilas na seiva e a filtração com carvão da seiva diluída antes da leitura pode melhorar a precisão medição de nitrato-N em seiva fortemente colorida (HOCHMUTH, 2015).

2.4.4 Coleta de folhas para análise de seiva

Hochmuth (2015) diz que os pecíolos devem ser coletados para formar uma amostra composta (10 pecíolos por ha), a qual deve representar a área cultivada e estes pecíolos devem ser picados e misturados e desta amostra composta deve ser retirada uma sub amostra para ser extraída a seiva para análise. Esse autor sugere a utilização de uma prensa de alho ou limão para espremer os pecíolos e extrair a seiva.

Caso tenha a necessidade de armazenar os pecíolos frescos, este devem ser mantidos inteiros (não comprimidos) e armazenados no gelo por até 8 horas ou congelado por 24 horas sem que haja alterações nas concentrações de seiva referente a N ou K. Esse autor lembra que as lâminas de folhas devem ser removidas dos pecíolos e estes colocados em um saco plástico podendo ficar à temperatura ambiente (21 °C) em saco plástico por até 2 horas e apenas pecíolos devem ser armazenado e não seiva (HOCHMUTH, 2015).

Os pecíolos frios devem estar na temperatura ambiente para extração da seiva de modo que as diferenças de temperatura entre seiva e metro não afetam os resultados. Após a extração da seiva a leitura dos teores de nutrientes deve ser feito dentro de um ou dois minutos, caso contrário, os teores de nitrato podem sofrer alteração quando a seiva for exposta ao ar (HOCHMUTH, 1994).

Os sensores devem ser calibrados e testados com soluções conhecidas de nitrato e K disponíveis no kit de teste do fabricante e as leituras devem ser feitas a

sombra ou em laboratório, pois a luz solar direta no medidor pode afetar sua operação. Esse autor relata que as amostras devem sempre ser lidas dentro da escala de calibração (leitura) do instrumento e se a amostra apresentar concentrações de nutrientes maiores do que a extremidade alta da escala de calibração, a seiva deve ser diluída e esta deve ser feita com água livre de nitrato usando cerca de 20 a 50 partes de água para 1 parte de seiva (HOCHMUTH, 1994).

2.4.5 Resultados encontrados na seiva de plantas de tomate

Ruelas et al. (2005) observaram que durante o estágio vegetativo e início da frutificação, as plantas de todos os tratamentos apresentaram concentrações elevadas de N-NO_3^- no pecíolo, superiores a 1300 mg L^{-1} . Estes mesmos autores, relataram que o tratamento que recebeu N via fertirrigação durante o desenvolvimento e maturação dos frutos, nas semanas 13 e 17 após o transplante, manteve altas concentrações de nitratos no pecíolo, com valores superiores a 1500 mg L^{-1} . Este mesmo tratamento teve um aumento na quantidade de nitrato no pecíolo das plantas, entre as semanas 10 a 16 após o transplante, atingindo 2090 mg L^{-1} . Neste mesmo período, a concentração de nitrato da solução do solo foi alta, observando uma relação direta entre a assimilação de nitrato pelas plantas.

Guimarães et al. (1998) observaram que para o solo de textura argilosa aos 42 DAS a seiva do pecíolo da folha oposta ao 1º cacho apresentava 2581 mg L^{-1} de N-NO_3^- e aos 57 DAS a seiva do pecíolo da folha oposta ao 3º cacho apresentava 1085 mg L^{-1} de N-NO_3^- . No solo de textura areia-franca aos 42 DAS a seiva do pecíolo da folha oposta ao 1º cacho apresentava 2616 mg L^{-1} de N-NO_3^- e ao 57 DAS a seiva do pecíolo da folha oposta ao 3º cacho apresentava 1690 mg L^{-1} de N-NO_3^- .

Andersen et al. (1999) observaram teores de N-NO_3^- , de 107,38; 779,66; 1028,30; 1236,90 e 1231,72 mg L^{-1} após 7 semanas do transplante e valores de 316,12; 293,58; 254,10; 355,60 e 293,58 mg L^{-1} após 13 semanas do transplante.

Taber (2001) utilizou diferentes para conduzir seu experimento que teve início do cultivo em 22 de maio de 1996, e 16 de maio de 1997, e destaca que o N-NO_3^- teve as maiores concentrações na primeira coleta, e na sequência estes valores foram diminuindo até a última análise para todas as doses (0, 34, 68 e 107 kg ha de N tendo como fonte ureia incorporada antes da instalação do mulching) de N avaliadas.

Taber (2001) nas avaliações referente ao ano de 1996 observou valores de N-

NO_3^- entorno 500, 800, 900 e 1200 mg L^{-1} na primeira coleta e valores de N-NO_3^- entorno de 300, 400, 400 e 500 mg L^{-1} na última coleta para respectivas doses de N avaliadas. Para o ano de 1997 observou valores de N-NO_3^- entorno 400, 650, 770, 1000 mg L^{-1} na primeira coleta e valores de N-NO_3^- entorno de 100, 200, 250, 400 mg L^{-1} na última coleta para respectivas doses de N avaliadas.

Taber (2001) no estágio de crescimento (4 a 6 semanas após o transplante) verificou que o nível de N-NO_3^- na seiva do pecíolo deve ser 900 ppm para uma cultivar Jet Star (indeterminada) e ligeiramente maior a 1050 ppm para uma cultivar Mtn. Spring (determinada).

Carson, Ozores-Hampton e Morgan (2016) no estudo realizado em 2011 observaram que os valores de N-NO_3^- na primeira coleta variou entorno de 1000 a 1750 mg L^{-1} e ao final do experimento valores entorno 200 a 600 mg L^{-1} , e em 2012 observaram valores de N-NO_3^- na primeira coleta variando entorno de 1000 a 1200 mg L^{-1} e ao final do experimento valores entorno 200 a 600 mg L^{-1} . Neste mesmo trabalho em outro teste observaram valores de N-NO_3^- na primeira coleta variando entorno de 1000 a 1600 mg L^{-1} e ao final do experimento valores entorno 200 a 750 mg L^{-1} e Em 2012 observaram valores de N-NO_3^- na primeira coleta variando entorno de 1000 a 1250 mg L^{-1} e ao final do experimento valores entorno 200 a 600 mg L^{-1} .

Ferreira e Fontes (2011) destacam que os teores de N-NO_3^- na seiva, na matéria seca do pecíolo e os teores de N-total na matéria seca do limbo do tomate foram influenciados pelas doses de N.

Llanderal et al. (2018) encontraram diferenças significativas nos teores de N-NO_3^- entre as folhas, maior concentração em folhas velhas (4488,02 mg L^{-1}) e a menor concentração em folhas jovens (1383,42 mg L^{-1}).

Llanderal et al. (2019) relatam que os valores médios na concentração de seiva nos pecíolos de folhas de tomate durante as avaliações para N-NO_3^- , foi de 1252,81 mg L^{-1} , e sendo mais influenciado pela distribuição espacial das amostras. Esses autores ressaltam que a concentração de N-NO_3^- , tendeu a aumentar ligeiramente sem diferenças significativas e mostrou um aumento de 27% durante o período experimental.

Farneselli, Tei e Simonne (2014) relatam que o teor de nitrogênio na cultura de tomate foi afetado pela taxa de N fornecido e pela frequência da fertirrigação. Esses autores efetuaram avaliações de N-NO_3^- , na seiva das folha aos 30, 42, 57, 71 e 84 DAT para o ano de 2006 (valores variando de: 348 a 1065; 99 a 1200; 245 a 1400;

108 a 1700; 303 a 683) e 2007 (valores variando de: 338 a 1113; 383 a 1950; 315 a 1425; 228 a 393; 265 a 425) para as respectivas avaliações. De acordo com Anonymous (1997) o valor de referência N-NO₃⁻ aos 30 DAT (700-900), 42 DAT (600-800), 57 DAT (500-700), 71 DAT (500-700) e 84 DAT (400-600).

Prasad e Spiers (1985) relata que houve uma forte correlação linear entre taxa de aplicação de N e os teores de N-NO₃⁻, na seiva aos 42, 56 e 77 DAT em experimentos conduzidos nos anos de 1981- 82 (1600, 1740 e 550 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ na seiva aos 42, 56 e 77 DAT) e 1982-83 (1253 e 1300 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ na seiva aos 42 e 56 DAT) que o N-NO₃⁻ na planta pode mudar rapidamente durante o cultivo.

Ferreira e Fontes (2011) destacam que até a primeira amostragem (35 DAT) foi adicionado ao solo 0,0; 27,5; 55,0; 110,0 e 220,0 kg ha⁻¹ de N e nesta amostragem os valores de N-NO₃⁻ sem a utilização de adubação orgânica foi entorno de 963, 2000, 2400, 2800 e 3400 mg L⁻¹ e com adubação orgânica foi de 1500, 2000, 2500, 2900 e 3525 mg L⁻¹ respectivamente para as doses de N.

Ferreira e Fontes (2011) relatam que até os 57 DAT foi adicionado ao solo 0,0; 60,5; 121,0; 242,0 e 484,0 kg ha⁻¹ de N e nesta amostragem os valores de N-NO₃⁻ sem a utilização de adubação orgânica foi entorno de: 1400, 1750, 2750, 3250 e 4600 mg L⁻¹ e com adubação orgânica foi entorno de 1500, 2000, 3600, 3000 e 4750 mg L⁻¹ respectivamente para as doses de N.

Ferreira e Fontes (2011) destacam que até os 85 DAT foi adicionado ao solo 0,0; 93,5; 187,0; 374,0 e 748,0 kg ha⁻¹ de N e nesta amostragem os valores de N-NO₃⁻ sem a utilização de adubação orgânica foi entorno de 1500, 1300, 1750, 2350 e 3000 mg L⁻¹ e com adubação orgânica foi de 1100, 1500, 1800, 2700 e 2600 mg L⁻¹ respectivamente para as doses de N.

Ferreira e Fontes (2011) concluíram com estes dados que os valores dos índices de nitrogênio decresceram com o desenvolvimento das plantas, independente da adubação orgânica, e que para o estabelecimento dos níveis críticos dos índices de nitrogênio, deve-se padronizar a idade fisiológica das folhas amostradas.

Locascio et al. (1997) destacam que o tratamento em que o nitrogênio foi distribuído junto com a irrigação por gotejamento foi observado valores de N-NO₃⁻ entorno de 1000, 1050, 300 e 350 mg L⁻¹ (Gainesville, 1994), 1100, 1300, 1000, 700 e 450 mg L⁻¹ (Quincy, 1994) e 1200, 950, 970, 960, 300 mg L⁻¹ (Quincy, 1993). Esses autores citam que a análise da seiva do pecíolo é um bom indicador para o rendimento da cultura, e uma análise fácil e rápida, que pode ser utilizado no campo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

A pesquisa foi conduzida em ambiente protegido (Estufa modelo arco) na área experimental do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA - UNESP de Botucatu (22°30' de latitude sul e 48°15' de longitude Oeste Greenwich, e altitude média de 830 metros).

A estufa utilizada possui uma estrutura com 7 m de largura por 24 m de comprimento, pé direito com 3 metros de altura, coberta com filme plástico de 150 µm, laterais com tela antiáfídica de coloração branca, janelas superiores para facilitar a troca de ar dentro da estufa, com isso possibilita a queda da temperatura nos horários mais quentes do dia e Cortinas nas laterais da estufa para proteção das plantas durante chuvas, rajada de ventos e quedas bruscas de temperatura.

No interior da estufa havia tela termo refletora com 35 % de refletância na altura do pé direito para permitir o controle da luminosidade e temperatura dentro da estufa. Esta era manejada por um sistema de roldanas.

3.2 Clima

A classificação climática segundo Köppen na cidade de Botucatu, SP, é temperado quente (mesotérmico) úmido, do tipo Cwa, com chuvas no verão e seca no inverno, possui precipitação média anual de 1358,6 mm e temperatura média anual de 20,7 °C.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 4, totalizando 12 tratamentos, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio (nitrato de cálcio (NCa), nitrato de amônio (NA) e ureia (U)) e 4 doses (10, 16, 22 e 26 g/planta de N).

Para que houvesse maior uniformidade dos resultados, cada parcela foi constituída por 2 vasos com uma planta em cada vaso, numa distribuição que atingiu 31250 plantas por hectare.

3.4 Solo e preparo dos vasos

O solo utilizado para o ensaio foi proveniente da Fazenda Experimental São Manuel, classificado como Neossolo Quartzarênico de textura média (EMBRAPA, 2013). Foi coletada amostra composta na camada de 0 a 20 cm de profundidade e nesta amostra de solo foi realizada análise física (Tabela 1) e química (Tabela 2) quanto ao teor de macro e micronutrientes no laboratório Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP – Botucatu, SP.

Tabela 1. Análise física do solo utilizado no experimento.

Areia		Areia total	Argila	Silte	Textura
Grossa	Fina				
----- g kg ⁻¹ -----					
348	468	816	153	31	Média

Tabela 2. Caracterização química do solo antes do início do ensaio.

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmolc dm ⁻³ -----						%	----- mg dm ⁻³ -----						
3,9	7	3	11	19	0,4	3	1	5	23	20	24	0,22	1,4	13	6,4	0,1

O solo foi peneirado e corrigido com calcário com base na análise química do solo para elevar a saturação por bases a 80%. Para incorporar o calcário ao solo, foi utilizada uma betoneira, misturando vaso a vaso para que a mistura fosse igual para todos os vasos com capacidade para 25 litros. Ressaltando-se que, antes da incorporação do calcário, com o solo na mesma condição de umidade, todos os vasos pesados para que cada vaso ficasse 28 kg de solo.

Após a incorporação de calcário, o solo foi umedecido a 80% da capacidade máxima de retenção de água e incubado por 30 dias para reação do calcário e correção do pH do solo.

Finalizando o período de incubação e incorporação dos fertilizantes, os vasos foram dispostos na estufa em quatro fileiras duplas. O espaçamento entre fileiras duplas (corredor) foi de 120 cm. Entre os vasos nas fileiras e entre as fileiras que estavam lado a lado com espaçamento de 40 cm.

3.5 Recomendação de fertilizantes

A adubação foi calculada com base na curva de absorção de nutrientes para a cultura do tomate em estufa (TRANI et al., 2015). Considerou-se um estande de 31.250 plantas de tomate em um hectare de cultivo protegido. Uma planta recebeu de acordo com a curva de absorção de nutrientes (TRANI et al., 2015) 22 g de N, previsto para um ciclo de 150 dias. Como a planta foi conduzida até os 120 dias, a quantidade de N aplicado por planta foi proporcional aos dias de cultivo.

Após o período de incubação do calcário, foi aplicado e incorporado ao solo de cada vaso 11 g de superfosfato triplo; 29,5 g de termofosfato (Yorin Master); 6 g de cloreto de potássio, e respeitando as fontes de N previstas para cada tratamento, 4,2 g de ureia, 12 g de nitrato de cálcio ou 5,7 g de nitrato de amônio.

Em intervalos de 14 dias, foram realizadas pulverizações alternadas de sulfato de magnésio a 1% e Trazex Multi (6% de ferro, 6% de magnésio, 6% de zinco, 2% de boro, 3% de cobre, 3% de L-aminoácidos e 2% de extrato de origem orgânica) para suprir as necessidades de micronutrientes via foliar.

3.6 Fertirrigação e sistema de irrigação

Foi realizado teste de compatibilidade dos fertilizantes e não houve incompatibilidade, pois, eles não provocaram precipitado no recipiente.

Para efetuar o preparo da solução nutritiva, os fertilizantes foram pesados de acordo com cada tratamento e diluídos em 90 litros de água. Esta solução nutritiva foi injetada no sistema no período de 14 dias, sendo alternado com irrigação em conformidade com os valores de umidade do solo obtidos pela tensiometria.

A irrigação utilizada foi por gotejamento, utilizando para cada vaso dois botões autocompensado com vazão de 4 L/h e pressão de trabalho de 1,0 a 4,0 bar. Devido ao fato de cada vaso possuir dois botões, foi utilizado duas flechas para melhor distribuição da água e fertilizante. O gotejo e a flecha eram interligados por um microtubo de 3 mm. Cada flecha estava posicionada a 7 cm do centro do vaso, em posições opostas.

Para o acondicionamento da solução nutritiva, foram utilizados reservatórios de 100 litros para cada tratamento. Para o armazenamento de água utilizamos um reservatório de 500 litros interligado ao sistema de irrigação e aos reservatórios de

solução nutritiva por uma tubulação de PVC de 25 milímetros.

Para cada fonte de fertilizante (N_{Ca}, N_A e U) utilizou-se um conjunto moto bomba de 0,75 cv, que succionava solução nutritiva de quatro reservatórios contendo as quatro doses (10, 16, 22 e 26 g/planta de N) de cada fonte. Para não haver a mistura das doses, foi instalado um registro na sucção de cada reservatório e, no momento da fertirrigação, era aberto o registro da menor dose para cada fonte e o registro que estava posicionado entre a linha principal e a linha secundaria para cada tratamento.

A linha secundaria era conectada a linha principal por um conector inicial e um registro para interromper a passagem de solução no sistema. Após o término da fertirrigação, o registro que estava posicionado na sucção era fechado e o registro que estava entre a linha principal e a linha secundaria permanecia aberto e um terceiro registro no final de cada linha principal era aberto para injeção de água pura para lavar o sistema.

Após a lavagem o sistema era desligado, era fechado o registro da linha principal, o registro entre a linha principal e secundaria, e aberto o registro da segunda dose entre a linha principal e secundaria, e o registro de sucção do segundo tratamento. Sempre foi injetado da menor dose para a maior dose, para que não houvesse mistura no sistema de injeção. Devido à vazão da motobomba, foi instalado um retorno para cada fonte/dose (motobomba). Para verificar a pressão do sistema, foi instalado um manômetro após o filtro e ao final da linha de gotejo para cada fonte (motobomba) e assim era verificado a pressão no início e no final do sistema de irrigação. Além dos manômetros, foram instalados reguladores de pressão, no início de cada linha secundaria.

A linha principal do sistema de irrigação era constituída por uma tubulação de PVC de 25 milímetros e a linha secundaria por uma tubulação de polietileno com diâmetro de 16 mm. Foi inserido em cada sistema um filtro de disco de 120 mesh para filtragem da solução nutritiva e assim evitar a entrada de partículas maiores que poderiam provocar o entupimento do sistema.

A injeção de água pura no sistema era feita por uma motobomba, esta era acionada manualmente para lavagem do sistema e quando necessário (evapotranspiração alta) está bomba era acionada por um controlador previamente programado para que liberasse o funcionamento da eletroválvula e da motobomba, e assim todos os tratamentos eram irrigados ao mesmo tempo. Este fornecimento de

água era esporadicamente.

3.7 Avaliação de uniformidade do sistema

Após a instalação do sistema de irrigação, foi realizado o teste de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para verificação da uniformidade de distribuição de água no sistema a uma pressão de serviço de 2 bar. Em seguida, calculou-se o CUC e constatou um coeficiente de distribuição de 95%. Segundo Mantovani e Avalia (2001), a classificação da uniformidade de distribuição de água é excelente.

3.8 Curva de retenção de água no solo

A determinação da curva de retenção de água no solo, a qual representa a relação entre o teor de água e a energia com a qual ela está retida, foi realizada no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Unesp, de Botucatu - SP.

Foi determinada pela metodologia de Richards (1965), em que a extração de água ocorre por uma diferença de potencial entre a placa porosa, amostra de solo e o fluxo de água, que é exponencialmente reduzido quando o potencial matricial torna-se mais negativo, especialmente quando se aproxima de -1500 kPa. Assim, foi determinado o conteúdo de água no solo para as tensões 10, 30, 50, 100, 300, 500 e 1500 kPa.

Os pontos, foram modelados no software SWRC versão 3.0 de Dourado Neto et al. (1995).

Com base nos dados obtidos na curva de retenção de água no solo foi possível calcular a tensão de água no solo ideal para este cultivo. Para que durante a reposição diária de água não ocorresse excessos e viesse a ter perda de nutrientes por lixiviação e nem deficiência hídrica.

3.9 Manejo de irrigação

Foi efetuado o manejo da irrigação visando manter a umidade do solo em níveis iguais em todos os vasos levando em consideração a necessidade de água da cultura.

Pela tensiometria foi efetuado o acompanhamento do teor de água no solo. Em cada tratamento foram instalados 4 tensiômetros, distribuídos nas parcelas de cada bloco. Os tensiômetros foram instalados a 7 cm do centro do vaso a uma profundidade de 15 cm.

As leituras eram realizadas diariamente no período da manhã (entre 7 e 10h), antes da aplicação da lâmina de água e fertilizantes (fertirrigação). A partir da leitura obtida era efetuado o cálculo da lâmina a ser aplicada. Quando a média das leituras dos tensiômetros ficava acima de 8 kPa era realizada a irrigação para atingir a tensão de 5 kPa na parcela amostral.

3.10 Escolha da cultivar e tratos culturais

Foram utilizadas mudas de tomate híbrido Paronset, que tem como característica o crescimento indeterminado, planta vigorosa, internódios curtos (porte médio) e boa cobertura foliar (proteção dos frutos), com fruto redondo, levemente achatado, multilocular, longa vida (superior a 15 dias em fruto vermelho), frutos com peso de 200 a 220 gramas e, com colheita entre 100 a 105 dias após a semeadura. Possui resistência a Fusarium 1 e 2, Verticilium 1, T.M.V., Cladosporium 1-5 e Vira-Cabeça (TSWV).

O controle de pragas e doenças foi efetuado de acordo com as recomendações convencionais para a cultura, utilizando fungicidas e inseticidas. Os produtos foram aplicados via foliar utilizando pulverizador com injeção de CO₂.

3.11 Período das avaliações

O transplântio das mudas para os vasos foi realizado dia 22/12/2016. A fertirrigação foi iniciada em 06/01/2017 e, a partir desta data foram realizadas avaliações no solo e na planta até 22/04/2017, momento em que foi finalizado o experimento com 120 DAT. O período do transplântio até a primeira fertirrigação foi de adaptação das mudas nos vasos, onde as mudas só receberam água.

3.12 Avaliações no solo

Foi realizado o acompanhamento do teor de nutriente no solo em duas (60 e

120 DAT) épocas do ciclo. Para análise química do solo, foram coletadas amostras em dois pontos em cada vaso, a 7 cm do centro do vaso em posição oposta às flechas de gotejo, em profundidade de 0-20 cm. As amostras foram homogeneizadas formando uma amostra por parcela.

Após coletada, a amostra foi seca, peneirada (peneira de 2 mm) e analisada quimicamente no laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA – Botucatu, seguindo a metodologia de Raij et al. (2001).

3.13 Solução do solo

Para o acompanhamento do teor de nutrientes na solução do solo foram instalados extratores de solução de solo em um vaso de cada parcelas, a 7 cm do centro do vaso em posição oposta as flechas de gotejo, em profundidade de 15 cm.

Na solução do solo foram avaliados os teores de nitrato, potássio, condutividade elétrica, cálcio e pH. Para estas análises foram efetuadas coletas semanais da solução do solo captada pelo extrator de solução de solo.

Para esta coleta é necessário a retirada do ar presente dentro do extrator, deixando um vácuo, para isso foi utilizado uma seringa de 60 mL retirando-se o ar presente dentro do extrator duas horas após a última fertirrigação. Feito isso é possível extrair a solução do solo com um tubo de nylon acoplado ao extrator por uma seringa de 20 mL. A solução coletada foi analisada em aparelhos de leitura rápida (Horiba) que permitem o conhecimento da concentração dos íons na solução do solo.

3.14 Avaliação das plantas

Após a coleta da folha diagnose (4ª folha a partir da ponta) aos 60 e 120 DAT, estas foram lavadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, moídas em moinho tipo Wiley e analisadas quimicamente quanto ao teor de macro e micronutrientes, segundo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Acima da terceira folha do sétimo racemo foi feita a poda apical. Com o auxílio de uma trena graduada aos 120 DAT foi determinada a altura de planta. Neste mesmo momento realizou-se a contagem do número de folhas de cada planta.

As colheitas dos frutos foram realizadas semanalmente, iniciando-se aos 64 DAT sendo estes frutos transportados até o Laboratório, no Departamento de Solos e

Recursos Ambientais - FCA/Unesp – Botucatu para avaliação.

Os frutos de cada parcela foram colhidos quando apresentavam a mudança de 50-60% na coloração do fruto, quando apresentavam alguma anomalia ou fundo preto. Estes frutos foram separados em comerciais e não comerciais para posteriormente serem classificados de acordo com o seu calibre. Esta classificação foi feita de acordo com as Normas de Classificação do Tomate (CEAGESP, 2003) com o auxílio de um classificador adaptado. Após a classificação estes frutos foram contados de acordo com a sua classe e pesados com auxílio de balança analítica de precisão de um grama para determinação da massa dos frutos comerciais (MFC).

Com base na massa de frutos comerciais, calculou-se a produtividade em caixas referente a mil plantas e à produtividade por hectare considerando um total de 31.250 plantas.

Na última colheita, foram coletados todos os frutos e foi efetuada a contagem dos frutos verdes. Neste mesmo momento foi coletada a parte aérea da planta e esta foi seca em estufa e após a estabilização do seu peso, este material foi pesado para obtenção da massa seca da parte aérea.

As raízes das plantas foram separadas do solo, após sua lavagem foi determinado o volume de raízes. Para esta avaliação foi utilizada uma proveta na qual foi colocada uma quantia conhecida de água e na sequência a raiz até a total cobertura do sistema radicular pela água. Pelo deslocamento da água na proveta foi obtido pela diferença o volume de raiz.

Após este processo as raízes foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa para secagem. Após o peso constante as raízes foram pesadas para determinação da massa seca das raízes. Somando o peso seco da parte aérea com as raízes, foi obtido a massa seca total da planta.

Altura de planta e altura do primeiro cacho foi determinada aos 120 DAT com o auxílio de uma fita métrica, sendo a altura de planta do colo da planta até o ápice da planta e altura do primeiro racemo do colo da planta até a inserção do primeiro racemo.

Para as análises físico-químicas foram coletados dois frutos com a mesma maturação aos 65 DAT, triturados e homogeneizados.

Foi realizada leitura dos teores de sólidos solúveis (SS) com o uso de refratômetro digital, conforme recomendação da Association of Official Analytical Chemistry (2005). Os resultados foram expressos em °Brix.

Para a determinação do pH, a medição foi realizada em extrato aquoso da polpa do fruto, em potenciômetro Micronal modelo B-221, conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz, publicadas em Brasil (2005).

A acidez titulável foi determinada por titulação foi feita com NaOH, 0,1N, e expressa em porcentagem de ácido cítrico em 100 g de polpa conforme as normas do Instituto Ifo Lutz, publicadas em Brasil (2005).

A relação SS/AT (Ratio) foi determinada pela relação entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável (TRESSLER; JOSLYN, 1961).

Os teores de açúcares redutores foram determinados pelo método descrito por Somogyi e adaptado por Nelson (1944), sendo os resultados expressos em porcentagem.

O teor de ácido ascórbico foi determinado por titulação de oxi-redução e expresso em mg de ácido ascórbico por 100g de polpa, conforme publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007).

Para análise de seiva foi seguida a metodologia proposta por Hochmuth (2015), na qual os pecíolos são coletados e espremidos numa prensa de alho para extrair a seiva. Após a extração da seiva, esta foi analisada no LAQUAtwin e na espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente para determinação dos teores de nutrientes aos 60 de 120 DAT.

3.15 Avaliação econômica

A avaliação econômica referente ao gasto com fertilizantes nitrogenados, foi realizada com base na produção comercial obtida ao final do experimento. Para a precificação dos fertilizantes fez-se necessária a conversão das doses de N fornecidas as plantas em equivalente quantidade de N fertilizante. O custo dos fertilizantes foi pesquisado no mercado varejista que atende ao produtor (Tabela 3).

Para que fosse possível verificar o impacto da aplicação dos fertilizantes nitrogenados na produção dos frutos e sua rentabilidade econômica, foi necessária a precificação das doses aplicadas para cada fonte (Tabela 3).

Neste trabalho foram contabilizadas dez colheitas, entre fevereiro e abril de 2017, e separados em frutos comerciais (aceitos no mercado) e frutos não comerciais (frutos verdes, com defeitos e com fundo preto). Os frutos comerciais foram agrupados na classe AA, segundo a qualidade, tamanho e peso (CEAGESP, 2003) e estes

utilizados para o cálculo econômico.

Tabela 3. Precificação das doses de nitrogênio.

Fert.	10	16	22	26	Preço*	10	16	22	26
	----- gramas/planta -----				R\$ Kg ⁻¹	----- R\$ g ⁻¹ -----			
NCa	64,5	103,2	141,9	167,7	1,69	0,11	0,17	0,24	0,28
NA	30,3	48,5	66,7	78,8	1,27	0,04	0,06	0,08	0,10
U	22,2	35,6	48,9	57,8	1,59	0,04	0,06	0,08	0,09

*Fonte: Coopercitrus (2017); NCa: nitrato de cálcio; NA: nitrato de amônio; U: ureia.

Ainda que a precificação dos frutos tenha se dado por quilo, o mercado faz referência, comumente, à quantidade de caixas produzidas e/ou comercializadas, sendo que uma caixa é igual a 20 kg e esta informação foi expressa nos resultados.

Os preços dos frutos por classe foram obtidos junto ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2017), tendo sido utilizadas as médias dos preços para os anos de 2016 (janeiro à dezembro) e 2017 (janeiro à dezembro) para todo o Brasil e, com base nestes preços foi calculada a receita com a venda dos frutos AA.

3.16 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativo pelo teste F, as médias de doses foram comparadas por regressão e de fontes pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, utilizando o software AGROESTAT (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados das análises químicas do solo realizadas aos 60 e 120 DAT (Tabelas 4 e 5 respectivamente) observa-se que houve efeito das fontes de N aplicadas na fertilidade do solo.

Aos 60 DAT foi significativa a interação entre fontes e doses para acidez potencial (H + Al) e teor de Ca. As fontes de N influenciaram significativamente o pH, a SB, a CTC, o V% e os teores de Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn. Houve diferença significativa entre as doses de N para SB e os teores de P, K e Mn (Figura 1)

Aos 120 DAT houve interação entre as fontes e doses de N para K, Ca, SB e V%. As fontes influenciaram significativamente o pH, P, H + Al, Mg, CTC, S, Fe, Mn e Zn. As doses de N apresentaram efeito significativo no pH, P, H + Al, Mg, CTC e Fe (Figura 2).

Observa-se que para os tratamentos em que foi aplicado nitrato de cálcio os valores de pH foram significativamente superiores aos tratamentos que receberam ureia e nitrato de amônio nas duas épocas avaliadas. Este fato pode ser explicado pela característica do fertilizante, uma vez que, o nitrato de cálcio tem efeito alcalino, diferente das fontes ureia e nitrato de amônio que têm no solo reação ácida, devido à presença de amônio (nitrato de amônio) ou da produção de amônio após sua reação no solo.

Era esperado um aumento gradual do pH em função das doses de NCa e um abaixamento gradual do pH nos tratamentos com ureia e nitrato de amônio no caso, fontes ácidas (NA e U).

Observa-se uma tendência de diminuição do pH. Porém os resultados do nitrato de cálcio chamam a atenção, pois o comportamento do pH difere dos resultados observados na literatura. Com relação ao nitrato de cálcio, o aumento de pH ocorre pela absorção da fonte nítrica pela planta e a liberação de uma hidroxila na rizosfera.

Uma hipótese que pode justificar o não aumento de pH para maiores doses de nitrato de cálcio, seria que o nitrato tenha sido absorvido nestas doses, permanecendo no solo e, portanto, não promovendo o aumento de pH. Pois o aumento do pH gerado pelo NCa decorre da absorção de nitrato pela planta e a liberação de uma hidroxila na rizosfera.

Tabela 4. Resultado da análise química do solo coletado aos 60 DAT.

Fonte	Dose	pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³				%	mg dm ⁻³							
Nitrato de Cálcio	10	5,9	13	214	16 Ba	4,1	35 Ac	5	44	72	75	5	0,23	1,9	12	7,0	2,8
	16	5,8	14	204	18 Ba	7,2	35 Abc	5	47	72	75	7	0,29	2,0	12	7,6	2,8
	22	5,7	13	233	21 Ba	7,1	43 Aa	5	52	71	75	5	0,33	1,8	13	7,3	2,7
	26	5,7	13	218	19 Ca	6,7	41 Aab	4	53	73	76	5	0,36	1,9	12	7,3	2,7
Média N. Ca	5,7 A	13	217	19 B	6,2 A	39 A	5 B	49 A	72 A	75 A	5 B	0,30	1,9 B	12 B	7,3 B	2,7 B	
Nitrato de Amônio	10	5,2	13	173	26 ABb	3,9	21 Ba	8	33	56	59	8	0,33	2,3	18	10,4	3,3
	16	5,4	12	206	28 ABb	6,8	21 Ba	6	34	55	60	6	0,35	2,1	19	10,5	3,3
	22	5,2	13	235	31 A b	7,2	22 Ba	7	34	52	58	8	0,32	2,3	20	11,1	3,4
	26	4,8	12	212	46 Aa	7,4	18 B a	5	36	45	48	4	0,32	2,4	24	12,3	3,5
Média N. Am	5,1 B	12	206	33 A	6,3 A	20 B	7 A	34 B	52 B	56 B	7 A	0,33	2,3 A	20 A	11,0 A	3,3 A	
Uréia	10	5,2	12	184	28 Aa	3,5	20 Ba	6	30	45	56	4	0,34	2,2	18	11,3	3,7
	16	5,1	12	227	32 Aa	6,2	18 Ba	6	30	52	54	3	0,32	2,2	20	10,5	3,5
	22	5,0	12	218	32 Aa	7,3	18 Ba	6	32	49	55	4	0,31	2,3	20	12,2	3,5
	26	4,9	13	191	33 Ba	6,8	18 Ba	5	29	47	53	3	0,35	2,2	21	13,1	3,4
Média Ur.	5,0 B	12	205	31 A	6,0 A	19 B	6 AB	30 C	48 B	54 B	4 C	0,33	2,2 A	20 A	11,8 A	3,5 A	
Média dose 10	5,4	12	190 b	23 b	3,8 b	25	6	36 b	60	63	6	0,30	2,1	16	9,5 a	3,2	
Média dose 16	5,4	12	212 ab	26 b	6,7 a	25	6	37 ab	59	63	5	0,32	2,1	17	9,5 ab	3,2	
Média dose 22	5,3	13	228 a	28 ab	7,2 a	28	6	39 a	58	62	5	0,32	2,1	18	10,2 b	3,2	
Média dose 26	5,1	13	207 ab	33 b	6,9 a	25	5	39 a	55	59	5	0,34	2,2	19	10,9 a	3,2	
F Fontes (F)	**	ns	ns	**	ns	**	*	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**
F Doses (D)	ns	ns	**	**	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
F (F x D)	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	5	14	11	21	13	12	31	10	11	11	28	18	10	17	12	8	

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam entre as fontes. Letras minúsculas comparam entre as doses. (N. Ca: Nitrato de Cálcio; N. Am: Nitrato de Amônio; Ur: Uréia; F: Fonte; D: dose; CV: coeficiente de variação).

Tabela 5. Resultado da análise química do solo coletado aos 120 DAT.

Fonte	Dose	pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³				% mg dm ⁻³								
Nitrato de Cálcio	10	6,0	9	203	17	4,9 Aa	41 Ac	6	52 Ac	75	76 Aa	13	0,22	2,7	16	11,4	5,3
	16	6,0	11	332	19	5,9 Aa	44 Abc	5	55 Abc	74	76 Aa	12	0,29	2,4	18	10,4	4,0
	22	5,7	11	355	23	5,9 Ba	54 Aa	4	62 Aab	73	76 Aa	13	0,26	2,6	21	10,9	4,9
	26	5,6	10	387	27	6,2 Aa	50 Aab	3	64 Aa	70	70 Aa	12	0,26	2,8	23	12,1	5,0
Média N. Ca		5,8 A	10	319 A	22 B	5,7 A	47 A	4 B	58 A	73 A	74 A	12 B	0,26	2,6	20 B	11,2 B	4,8 B
Nitrato de Amônio	10	5,2	10	167	30	2,9 Bb	25 Ba	8	36 Ba	53	53 Ba	21	0,30	2,7	25	18,1	6,0
	16	5,2	10	327	33	6,9 Aa	18 Bab	7	31 Bab	49	52 Ba	15	0,20	2,7	28	15,4	5,4
	22	4,9	11	337	41	7,7 Aa	15 Bb	6	28 Bab	41	45 Ba	15	0,17	2,6	31	15,7	5,2
	26	4,6	10	378	47	6,7 Aa	16 Bb	5	27 Bb	36	36 Cb	17	0,28	2,5	33	16,7	5,9
Média N. Am		4,9 B	10	302 A	38 A	6,0 A	18 B	6 A	30 B	45 B	50 B	17 A	0,24	2,6	29 A	16,5 A	5,6 AB
Uréia	10	4,9	8	176	37	2,7 Bb	15 Ca	6	23 Ca	40	36 Cc	9	0,32	2,6	26	17,0	6,2
	16	5,0	9	274	39	3,8 Bb	19 Ba	6	29 Ba	43	54 Ba	10	0,29	2,7	29	16,6	6,2
	22	4,6	10	276	50	5,9 B a	15 Ba	5	26 B a	34	45 Bb	7	0,24	2,9	36	17,2	6,2
	26	4,5	10	327	5	5,7 A a	14 Ba	4	24 Ba	38	46 Bb	6	0,22	2,5	35	17,7	4,5
Média Ur.		4,7 B	9	263 B	32 A	4,5 B	16 B	5 AB	25 C	39 C	45 B	8 C	0,27	2,7	31 A	17,1 A	5,8 A
Média dose 10		5,3 a	9	182 c	28 a	3,5 b	27	6 a	37	56 a	61 bc	14	0,28	2,7	23 c	15,5	5,8
Média dose 16		5,4 a	10	311 b	30 a	5,5 a	27	6 ab	38	55 a	61 a	12	0,26	2,6	25 bc	15,5	5,1
Média dose 22		5,1 ab	11	323 b	38 b	6,5 a	28	5 bc	39	50 ab	55 b	11	0,22	2,7	29 ab	14,6	5,4
Média dose 26		4,9 b	10	364 a	38 b	6,2 a	27	4 c	38	48 b	51 c	12	0,25	2,6	30 a	14,1	5,1
F Fontes (F)		**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	**	**	*
F Doses (D)		**	ns	**	**	**	ns	**	ns	**	**	ns	ns	ns	**	ns	ns
F (F x D)		ns	ns	ns	ns	**	**	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV %		6	15	11	21	18	16	26	12	11	7	28	27	10	16	11	20

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam entre as fontes. Letras minúsculas comparam entre as doses. (N. Ca: Nitrato de Cálcio; N. Am: Nitrato de Amônio; Ur: Uréia; F: Fonte; D: dose; CV: coeficiente de variação).

As fontes de nitrogênio geraram diferenças significativas, sendo o pH médio para cada fonte de 5,7; 5,1 e 5,0; respectivamente para o nitrato de cálcio, nitrato de amônio e ureia.

Para MO não houve diferença nas duas épocas avaliadas, pois como a fonte de nitrogênio fornecida é a mesma, todas as fontes forneceram nitrogênio de forma igual, e as fontes não são orgânicas, fornecendo nitrogênio na mesma quantidade para todas as plantas dentro de cada tratamento, e portanto, não afetando a MO do solo de forma semelhante na mineralização.

Com relação ao P, na primeira análise química do solo, observa-se que não houve diferença entre as fontes, porém houve entre as doses (Figura 1A). A alteração na concentração de P no solo para as diferentes doses pode estar relacionada a própria absorção da planta e as reações de insolubilização do P no solo em função do pH.

Este fato pode justificar a diferença significativa que houve para fonte e dose com o P aos 120 DAT. Há também a possibilidade da formação de complexo do P com o Ca, nos tratamentos onde o nitrato de Ca foi aplicado em doses mais elevadas.

Para a acidez potencial os resultados se assemelham aos observados para o pH (Figura 2A), uma vez que um dos componentes desse parâmetro é o H^+ que também expressa a acidez ativa do solo.

Para K, aos 60 DAT não houve diferença significativa entre fontes, somente entre as doses, sendo que os tratamentos que receberam a dose mais baixa de N, apresentaram menor teor de K no solo. Efeito semelhante houve aos 120 DAT, porém nessa segunda avaliação houve interação entre as fontes e doses aplicadas.

Este efeito pode ser atribuído à absorção desse elemento pelas plantas, uma vez que maiores produtividades foram observadas nos tratamentos com as menores doses. Nas doses altas houve aumento da concentração de K no solo o que pode ter também afetado a condutividade elétrica do solo e o desenvolvimento das plantas. Doses acima de 10 g de N afetaram o crescimento das plantas e a remoção do K aplicado no solo.

Como era de se esperar o Ca no solo foi diferente entre as fontes aos 60 e 120 DAT, pois o nitrato de Ca tem 19% de Ca, elevando o teor deste no solo. Os teores de Ca nos tratamentos com nitrato de amônio e ureia ficaram em média 16-20 $mmol_c dm^{-3}$, no tratamento com nitrato de cálcio na dose mais baixa, este teor atingiu 35 $mmol_c dm^{-3}$, demonstrando, portanto, a importância deste fertilizante em aumentar o

teor Ca no solo, influenciando na produção e qualidade do tomate.

As fontes afetaram o conteúdo de Mg no solo. Para o nitrato de Ca os valores foram significativamente menores que o NA nas duas épocas. Entre os cátions do solo, o Mg é o mais solúvel e pode se deslocar no solo em maior distância quando comparado ao Ca e ao K.

Possivelmente os valores mais baixos observados de Mg para o tratamento com nitrato de cálcio, são devidos ao deslocamento do Mg pelo Ca no complexo de troca e o possível caminhamento deste nutriente no perfil do solo, se concentrando em camadas mais profundas.

Sabe-se que há uma competição entre cálcio e magnésio pelos sítios de adsorção no solo (MOREIRA; CARVALHO; EVANGELISTA, 1999) e que o Ca apresenta maior preferência em relação ao Mg no complexo de troca (YADARE; GIRDHAR, 1981), o que explicaria o diferencial de concentração desses nutrientes observado no solo.

Os valores encontrados de Mg no solo, de modo geral, não atingiram os valores considerados ideais em termos de equilíbrio catiônico, uma vez que em alguns tratamentos os valores de K no solo superaram o de Mg, o que não é desejado.

A soma de bases, a exemplo dos cátions que a compõem, apresentou diferença significativa aos 60 e 120 DAT sendo os maiores valores observados para o nitrato de cálcio. Este resultado pode ser explicado principalmente pelo Ca presente no nitrato de cálcio, porém o nitrato de amônio também diferiu em relação à ureia, sendo os valores mais elevados em relação a este último.

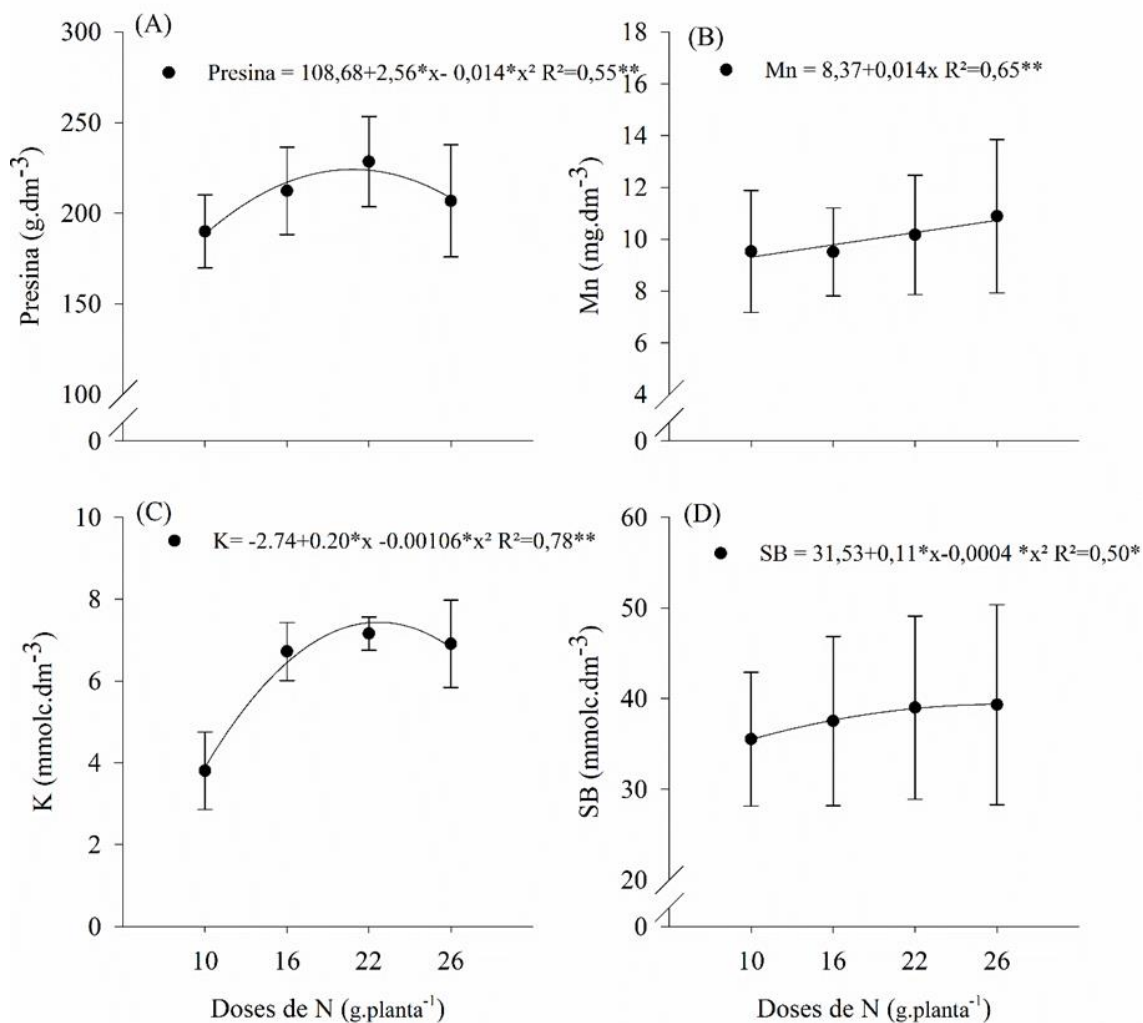
Na transformação da ureia no solo, a amônia se transforma em amônio, porém não há um íon acompanhante, como é o caso do nitrato de amônio, onde o nitrato é o íon acompanhante e pode gerar modificações tanto em termos de reação do solo, como de equilíbrio iônico na absorção pela planta.

A CTC calculada reflete a soma dos cátions ácidos e básicos e as diferenças que ocorrem entre as duas fontes exclusivas de N (ureia e nitrato de amônio) e o nitrato de cálcio. O cálcio adicionado por esta última fonte, promoveu um incremento na CTC calculada e um aumento em quase 20 mmol dm⁻³ de cargas básicas no solo. Este fato refletiu diretamente na V% que atingiu valores de 75% em comparação aos 55% alcançados pela fonte de ureia e nitrato de amônio aos 60 DAT. Fato semelhante ocorreu aos 120 DAT em houve diferença entre fontes e doses para CTC e interação entre os fatores para V% sendo a fonte nitrato de cálcio a que apresentou maiores

valores de V%.

Para o enxofre, o maior teor foi observado nos tratamentos que receberam nitrato de amônio, diferindo da demais fontes nas duas épocas. Porém o S foi o nutriente cujo teor no solo apresentou o segundo maior coeficiente de variação.

Figura 1. Teor de P (A); Mn (B); K (c) e SB (D) no solo aos 60 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.

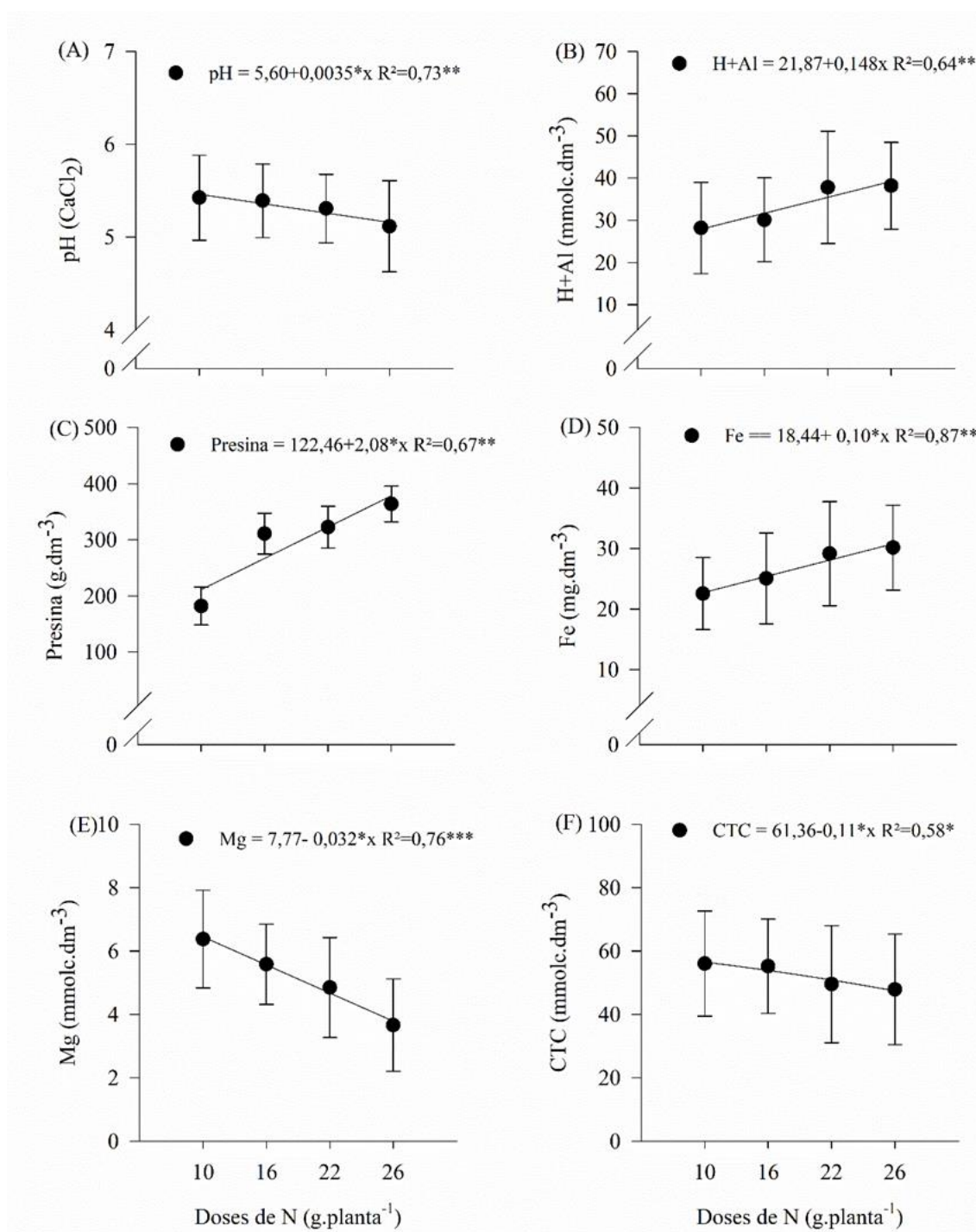


O nitrogênio (NO_3^-), o fósforo (PO_4^{3-}) e o enxofre (SO_4^{2-}) são macronutrientes aniônicos muito ligados à MO e adsorvidos aos coloides do solo nas poucas cargas positivas disponíveis. Devido ao balanço de cargas do solo ser, em geral, negativo, os ânions tendem a ser facilmente lixiviados, o que ocorre mais intensamente em solos arenosos e com baixo teor de MO e em períodos de elevada precipitação.

Nos solos mais arenosos e permeáveis, onde a maior parte do sulfato está presente na solução do solo, a correção do pH por meio da calagem pode resultar em

um caminhamento desse nutriente para as camadas mais profundas. Dessa forma, considerando as características físicas do solo utilizado, acredita-se que pode ter havido um caminhamento do S dentro do vaso.

Figura 2. pH (A); H + Al (B) CTC (F) e teor de P (C); Fe (D) e Mg (E);) no solo aos 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.



Esse nutriente pode ter se acumulado em algumas partes do vaso, fazendo com que a amostragem não pudesse representar adequadamente seu teor no solo e ocasionando um elevado coeficiente de variação nos dados apresentados.

Os valores de acidez explicam a variação nos teores dos micronutrientes: Cu, Fe, Mn e Zn, que apresentaram teores maiores nos solos onde foram aplicadas as fontes ureia e nitrato de amônio pois a disponibilidade dos micronutrientes catiônicos aumenta com o abaixamento de pH.

Nas tabelas 6 e 7 são apresentados os resultados da análise química da folha diagnose das plantas de tomate realizadas aos 60 e 120 DAT, respectivamente aos 60 DAT houve diferença significativa entre os tratamentos em função das fontes de N aplicadas para os teores de N, P, Ca, S, Cu, Fe, Mn e Zn e em função das doses de N para os teores de N, Mg e Mn (Figura 3). Aos 120 DAT houve interação entre fontes e Doses de N para os teores de N e Mn. Os teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe e Zn diferiram significativamente em função das doses de N (figura 4 e 5).

Observa-se que houve diferença significativa para fontes e doses. Para teores de N na folha aos 60 DAT houve diferença significativa para dose e fonte, em que fonte a fonte nitrato de cálcio apresentou os menores valores nos teores de N foliar. Fato semelhante ocorre aos 120 DAT, mas nesta coleta houve interação entre fonte e dose fato que não ocorreu aos 60 DAT.

Ao 60 e 120 DAT as plantas apresentaram maior teor foliar de P nos tratamentos onde foi aplicado nitrato de amônio, seguidas pelos tratamentos que receberam ureia e nitrato de cálcio, havendo diferença significativa entre as três fontes de N utilizadas. Aos 60 DAT não houve diferença significativa no teor de P do solo dos tratamentos, no entanto houve efeito das fontes utilizadas no pH do solo. Sabe-se que há um decréscimo da absorção de P com a elevação do pH (RAIJ, 1991) e o solo dos tratamentos que receberam nitrato de cálcio apresentaram maior pH o que pode justificar a diferença de absorção desse nutriente.

O teor foliar de K não apresentou diferença para fonte e dose aos 60 DAT, mas aos 120 DAT houve diferença entre as fontes. Os tratamentos que receberam nitrato de amônio e ureia como fonte de nitrogênio apresentaram os maiores teores de K foliar.

O maior teor foliar de cálcio foi observado nos tratamentos que receberam nitrato de Ca aos 60 e 120 DAT como esperado pelo maior aporte desse nutriente.

Tabela 6. Resultado da análise química da folha diagnose das plantas de tomate coletada aos 60 DAT.

Fonte	Dose	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Nitrato de Cálcio	10	28	5,3	42	32	4,3	1,2	41	23	132	113	45
	16	29	5,9	48	30	3,8	1,2	37	22	126	126	46
	22	28	5,8	50	30	3,8	1,3	42	23	142	147	52
	26	30	6,2	53	32	3,0	1,6	46	23	156	164	52
Média N. Ca		29 B	5,8 C	48	31 A	3,7 B	1,3 B	42	23 B	139 AB	138 B	48 B
Nitrato de Amônio	10	33	7,2	51	19	4,5	2,3	45	29	110	287	70
	16	31	7,3	52	20	4,5	1,9	45	33	153	278	89
	22	32	7,5	56	16	3,5	1,9	47	28	100	273	68
	26	34	8,1	57	17	3,8	2,4	47	30	132	366	75
Média N. Am		32 A	7,5 A	54	18 B	4,1 B	2,1 A	46	30 A	124 B	301 A	75 A
Uréia	10	30	6,4	44	21	5,5	1,1	47	31	164	301	82
	16	30	5,9	50	18	4,0	1,2	41	26	145	312	72
	22	32	6,9	54	20	4,8	1,3	46	29	128	273	71
	26	33	6,6	52	19	4,3	1,2	39	26	176	360	70
Média Uréia		30 A	6,4 B	50	19 B	4,6 A	1,2 B	43	28 A	153 A	312 A	74 A
Média dose 10		30 b	6,3	46	24	4,8 a	1,5	44	28	135	233 a	65
Média dose 16		30 b	6,3	50	23	4,1 b	1,4	41	27	141	239 b	69
Média dose 22		30 ab	6,7	53	22	4,0 b	1,5	45	27	123	231 b	63
Média dose 26		32 a	7,0	54	23	3,7 b	1,7	44	26	154	297 b	66
F Fontes (F)		**	**	ns	**	**	**	ns	**	*	**	**
F Doses (D)		**	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	Ns
F (F x D)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
CV %		6	10	17	9	13	20	12	17	20	15	22
Referência		30	3,5	40	14-18	4	3	50-70	10-15	500-700	250-400	60-70

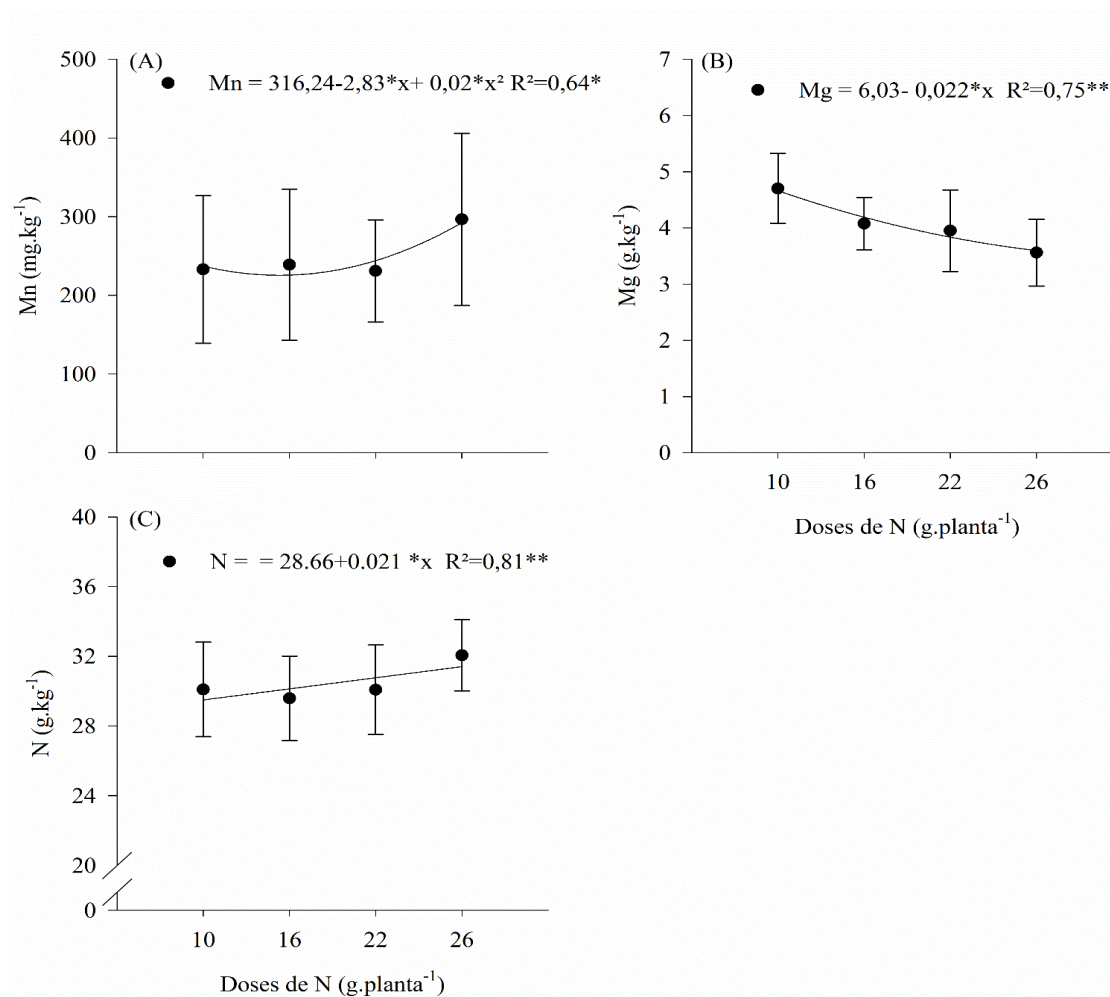
ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam entre as fontes. Letras minúsculas comparam entre as doses. (N.Ca: Nitrato de Cálcio; N. Am: Nitrato de Amônio; Ur: Uréia; F: Fonte; D: dose; CV: coeficiente de variação, Referência: Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Tabela 7. Resultado da análise química da folha diagnose das plantas de tomate coletada aos 120 DAT.

Fonte	Dose	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Nitrato de Calcio	10	20 Ba	3,9	22	42	4	0,9	26	16	100	136 Cc	60
	16	23 Aa	5,9	43	42	4	1,2	24	17	99	180 Bbc	60
	22	23 Ba	5,9	47	46	4	1,0	27	21	116	284 Bab	85
	26	23 Ba	5,7	44	43	3	1,1	27	21	115	310 Ca	91
Média N. Ca		22 B	5,3 C	39 B	43 A	4 B	1,0 B	26 A	19 A	108 B	227 C	74 B
Nitrato de Amônio	10	19 Bc	6,8	37	27	5	1,8	31	22	149	775 Aab	100
	16	21 Ac	7,9	51	20	5	1,6	28	21	113	524 Ac	89
	22	28 Ab	8,4	58	19	4	1,8	28	28	152	673 Ab	98
	26	32 Aa	7,9	52	18	4	2,3	30	30	149	804 Aa	118
Média N. Am		25 A	7,7 A	50 A	21 B	4 AB	1,9 A	29 A	25 A	141 A	694 A	101 A
Uréia	10	26 Aab	5,5	35	28	6	1,0	34	24	126	512 Ba	95
	16	21 Ab	6,2	45	20	4	1,0	25	21	107	539 Aa	96
	22	27 ABa	7,1	56	24	5	1,1	26	27	140	587 Aa	99
	26	29 Aa	6,2	49	20	4	1,0	28	22	132	555 Ba	95
Média Ur.		25 A	6,2 B	46 A	23 B	5 A	1,0 B	28 A	24 A	126 AB	548 B	96 A
Média dose 10		21 b	5,4 b	32 b	32 a	5 a	1,2 a	30 a	21 ab	125 ab	474 bc	85 ab
Média dose 16		22 b	6,6 a	46 a	27 b	4 ab	1,2 a	25 a	20 b	106 b	415 c	82 b
Média dose 22		26 a	7,1 a	54 a	29 ab	4 b	1,3 a	27 a	25 a	136 a	515 ab	94 ab
Média dose 26		28 a	6,6 a	48 a	27 b	4 b	1,4 a	28 a	24 ab	132 a	556 a	101 a
F Fontes (F)		**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**
F Doses (D)		**	**	**	*	**	ns	ns	**	*	**	*
F (F x D)		**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
CV		9	16	15	14	13	25,0	28	20	17	12	19
Referência		30	3,5	40	14-18	4	3	50-70	10-15	500-700	250-400	60-70

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam entre as fontes. Letras minúsculas comparam entre as doses. (N. Ca: Nitrato de Cálcio; N. Am: Nitrato de Amônio; Ur: Uréia; F: Fonte; D: dose; CV: coeficiente de variação; Referência: Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Figura 3. Teor foliar de Mn (A), Mg (B) e N (C) aos 60 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.



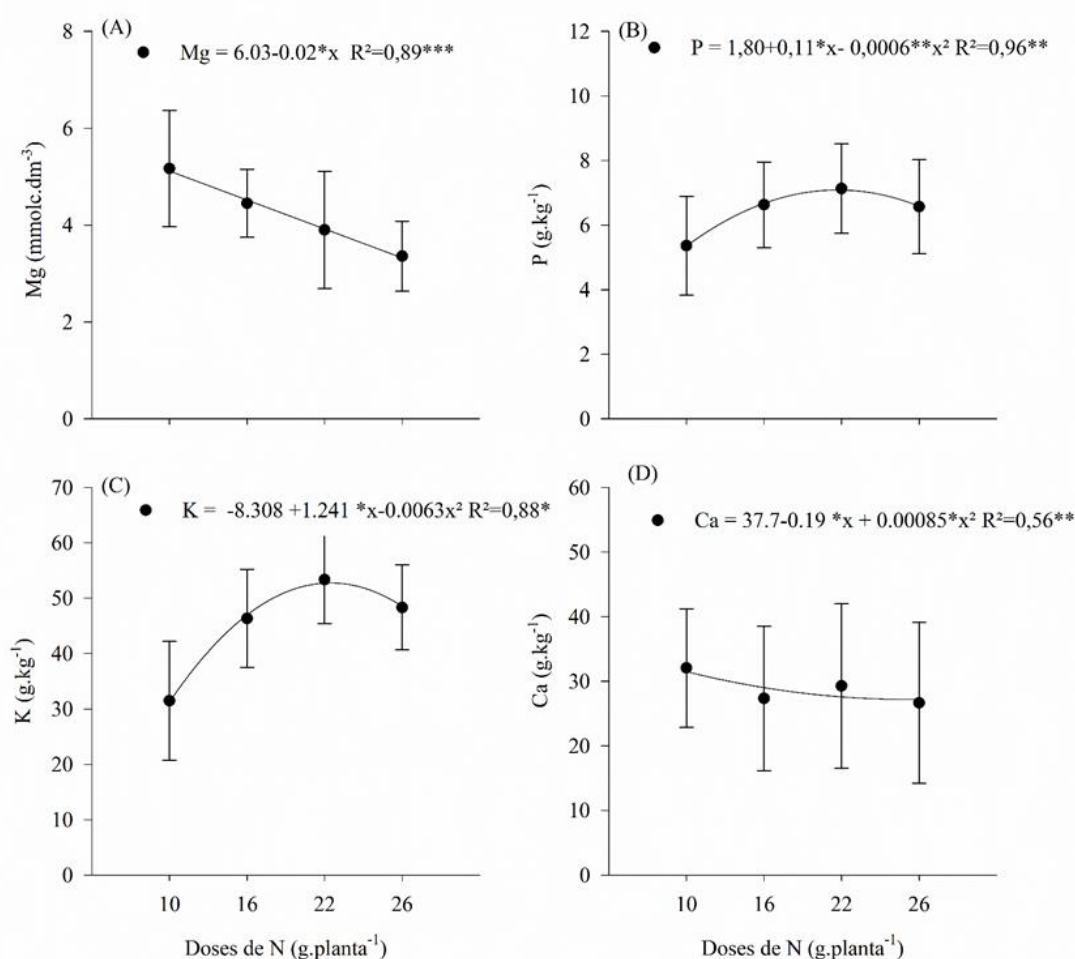
Nos tratamentos que receberam nitrato de cálcio, o pH do solo foi em média de 5,8. Nessa faixa de pH, o nitrogênio está disponível na forma de N amoniacal, e com elevada disponibilidade de cálcio no solo, também na forma catiônica. Como houve maior absorção de cálcio, o nitrogênio foi menos absorvido, assim como ocorreu com o potássio (Figura 4C).

Para Mg aos 60 e 120 DAT houve diferença entre as fontes, e os tratamentos que receberam ureia como fonte de nitrogênio apresentaram os maiores teores de Mg foliar (Figura 4A), seguido por nitrato de amônio e nitrato de cálcio.

Para S aos 60 e 120 DAT houve diferença entre as fontes, e os tratamentos que receberam nitrato de amônio apresentaram os maiores teores de S foliar não houve diferença entre os tratamentos que receberam ureia e nitrato de cálcio.

O micronutriente B na análise foliar aos 60 e 120 DAT não apresentou diferença significativa.

Figura 4. Teor foliar de Mg (A), P (B), K (C) aos 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.



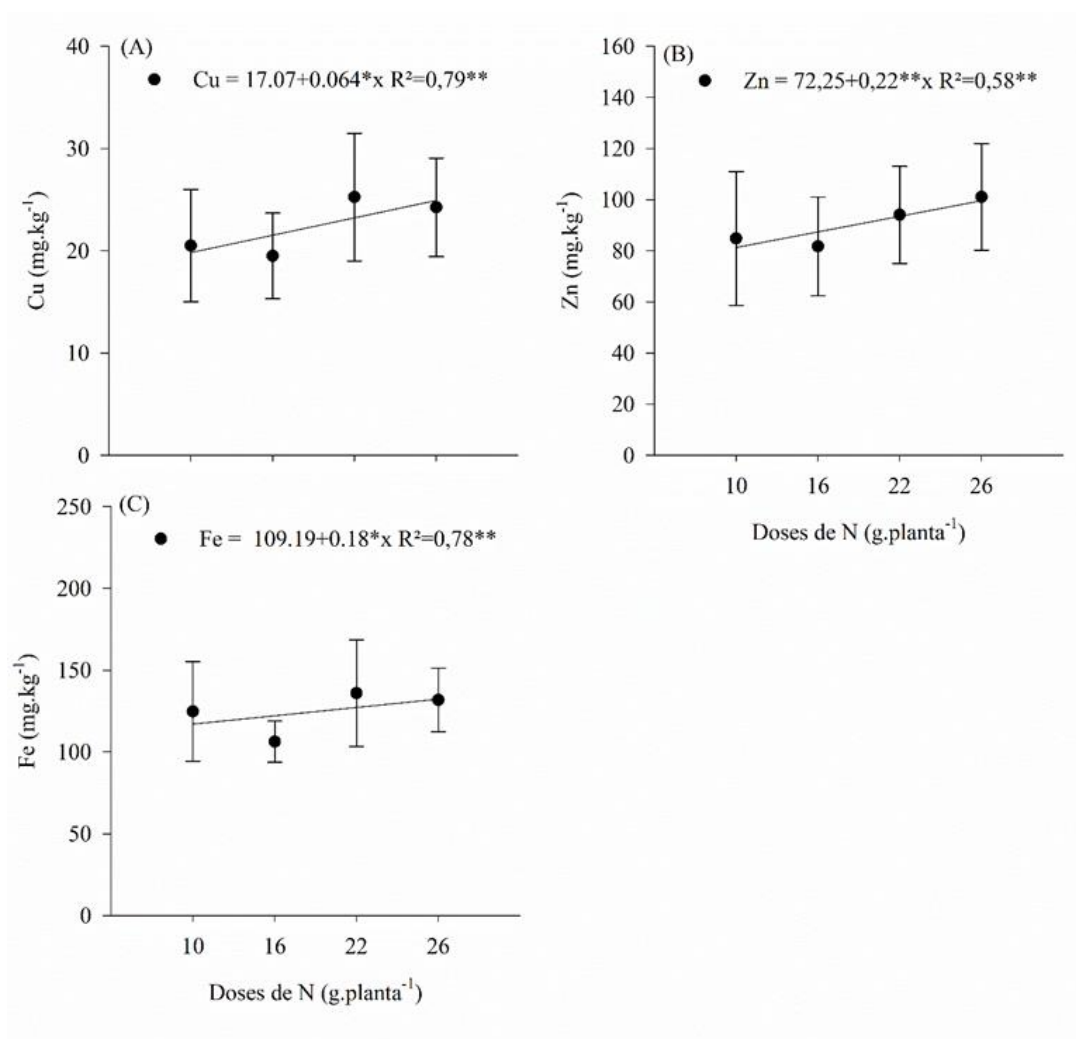
Cu apresentou diferença entre as fontes de N aos 60 DAT, os tratamentos que receberam ureia e nitrato de amônio apresentaram valores de Cu semelhantes e maiores que os tratamentos com nitrato de cálcio. Aos 120 DAT houve diferença para doses (Figura 5A) nos teores de Cu foliar.

Para Fe, aos 60 DAT houve diferença somente entre as fontes, os tratamentos que receberam ureia apresentaram os maiores teores de Fe foliar e aos 120 DAT houve diferença para fontes e doses (Figura 5C).

Para Mn aos 60 DAT houve diferença significativa para doses (Figura 3A) mas, aos 120 DAT houve interação entre as fonte e dose (Tabela 7), e os tratamentos que receberam nitrato de amônio apresentaram os maiores teores de Mn foliar.

Para Zn aos 60 houve diferença para fonte, os tratamentos que receberam ureia e nitrato de amônio apresentaram os maiores e teores de Zn foliar e aos 120 DAT houve diferença significativa para doses (Figura 5B).

Figura 5. Teor foliar de Cu (A); Zn (B) e Fe (C) aos 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.

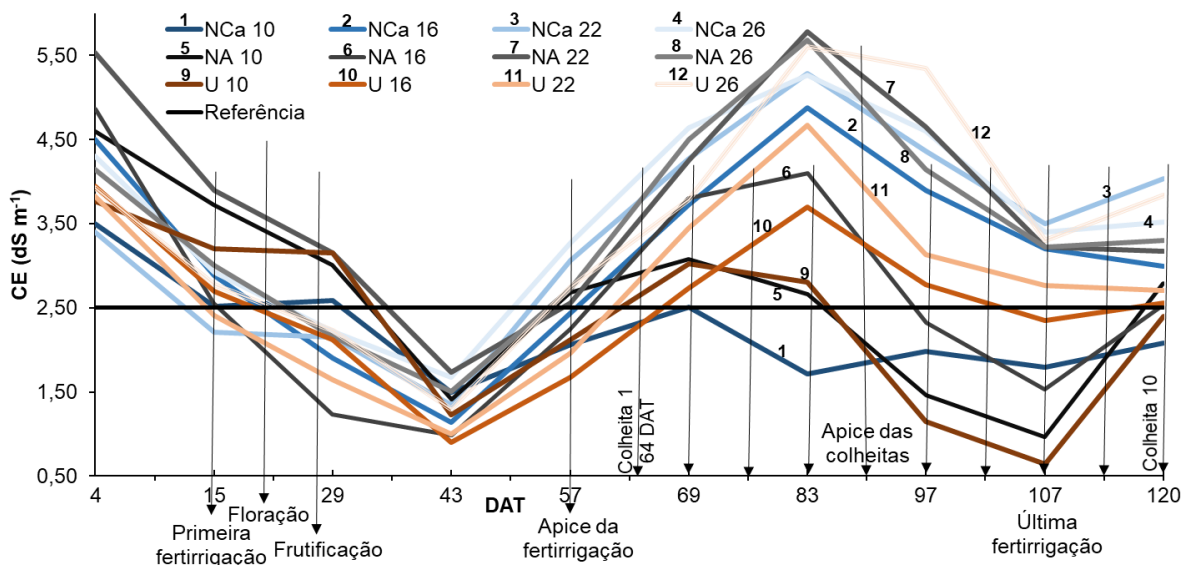


Ao longo do ciclo da cultura foram realizadas avaliações da condutividade elétrica, pH, teor de nitrato e teor de cálcio da solução do solo periodicamente.

Na Figura 6 são apresentados os dados de CE da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate. Houve um decaimento da condutividade elétrica na medida dos 4 aos 43 DAT, o que pode ser justificado pela absorção dos sais solúveis da solução do solo pela planta.

Neste período houve um aumento de absorção de nutrientes pela planta (dreno) em função da floração e frutificação, pois o ápice na produção de flores ocorreu aos 36 DAT (Figura 7) e ao mesmo tempo ocorria o enchimento de frutos, conseqüentemente ocorreu uma maior demanda da planta por nutrientes e com isso houve a queda na CE.

Figura 6. CE da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido Paronset em função dos tratamentos. Botucatu, SP. 2017.



Em função do decréscimo da CE drasticamente durante os primeiros 40 dias, pode-se, sugerir que o ajuste da curva de adubação não atendeu a demanda da planta no momento em que foi aplicado os fertilizantes, ou seja, a adubação utilizada poderia ter sido antecipada em uma semana, evitando com isso que a condutividade atingisse valores que variaram entre 1,0 e 1,73 dS m^{-1} , e que o limiar de CE para a cultura do tomate é de 2,5 dS m^{-1} (MAAS; HOFFMAN, 1977).

Entre o período de 43 e 57 DAT foi fornecida 15% da adubação corresponde a adubação total que a cultura necessita para completar o ciclo previsto. No período de 57 a 70 DAT foi fornecido as plantas a adubação máxima equivalente a 20% do total, com essa adubação aplicada neste período a CE aumentou, sendo os valores observados proporcionais as doses aplicadas.

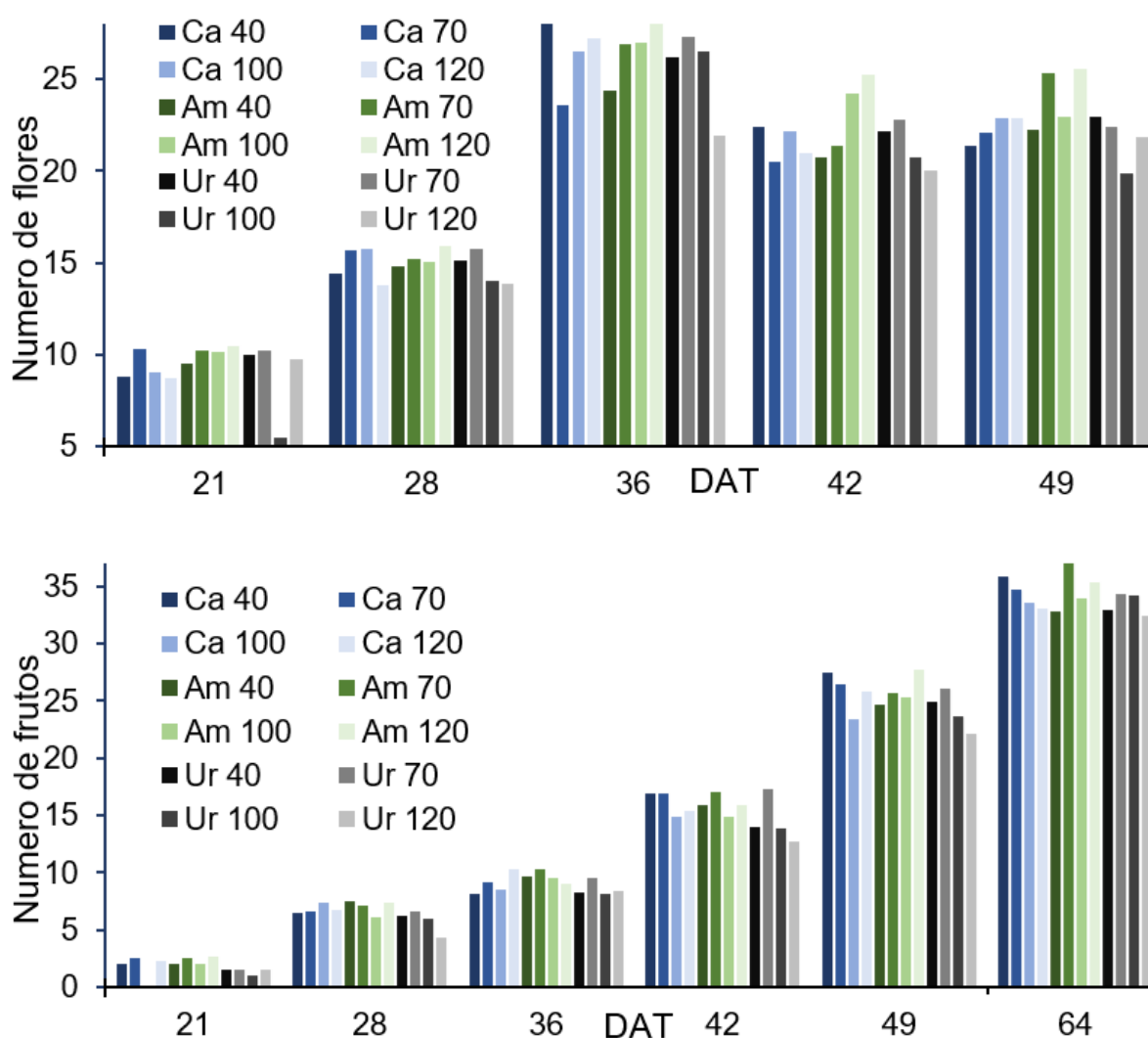
Nota-se que a CE atingiu um ponto de máxima aos 83 DAT onde as doses mais elevadas promoveram valores que ultrapassaram o limiar da cultura do tomate (2,5 dS m^{-1}) o que possivelmente afetou o crescimento da planta e produtividade. É possível observar que a menor dose do nitrato de cálcio, nitrato de amônio e ureia apresentaram uma CE próxima ao limiar da cultura (2,22; 2,64; 2,35 dS m^{-1} , respectivamente aos valores médios de 10 leitura de CE durante o ciclo).

Uma possível explicação para os altos valores de CE é que já na primeira dose a demanda da planta foi atendida, sendo que para as demais doses houve sobra de sais na solução do solo que não foram aproveitadas pela planta, aumentando com

isso a CE na solução do solo.

Os valores observados de CE, principalmente nas dosagens mais elevadas de nitrato de amônio (fonte mais salina entre os fertilizantes utilizados) explicam sintomas observados de murchamento das plantas nos horários mais quentes do dia. Sabe-se que em elevada CE a água fica retida no solo mais fortemente, dificultando com isso a absorção pela planta.

Figura 7. Número de flores e frutos em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu, SP. 2017.

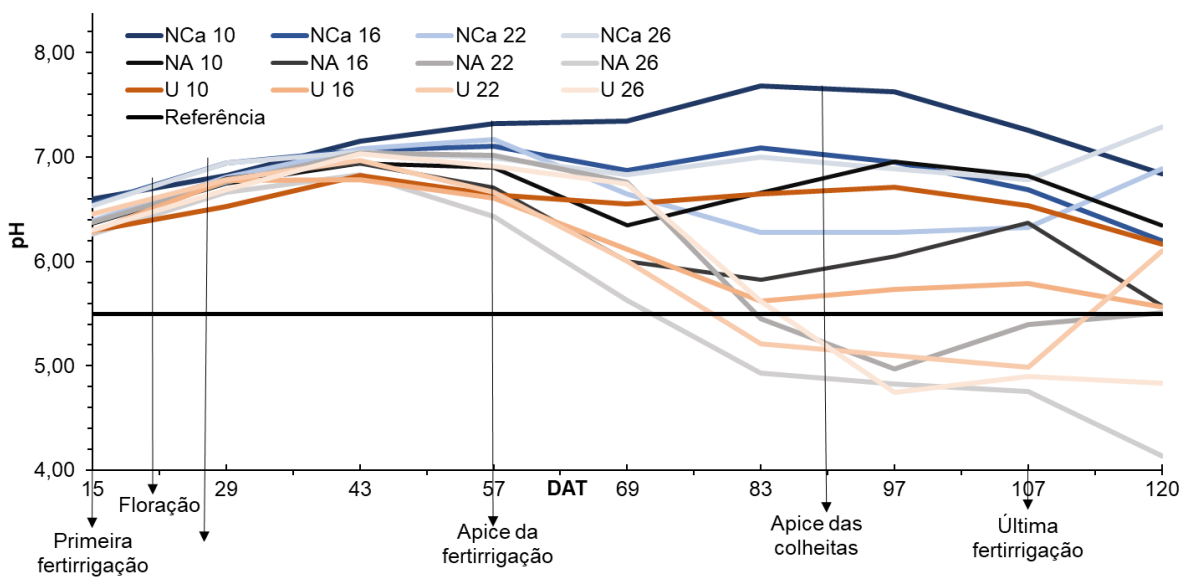


Na Figura 8 são apresentados os dados de pH da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate. De uma forma geral nota-se que as doses de nitrato de cálcio apresentaram os maiores valores de pH na solução do solo, sendo observado para a menor dose valores crescentes ao longo do ciclo do tomate. Isso

pode ser explicado pela liberação de hidroxila pela planta alterando o pH da rizosfera.

Já para as doses maiores de nitrato de cálcio esse efeito não foi observado, possivelmente porque parte do nitrato não foi absorvido pela planta e conseqüentemente, não houve a liberação de hidroxila relativa à quantidade total de nitrato aplicado.

Figura 8. pH da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido Paronset. Botucatu, SP. 2017.



É possível notar uma tendência de diminuição do pH da solução do solo quando se aplicou nitrato de cálcio em doses maiores. Este efeito diferente do observado na dose mais baixa pode ser atribuído ao efeito residual do ácido nítrico usado na produção do nitrato de cálcio.

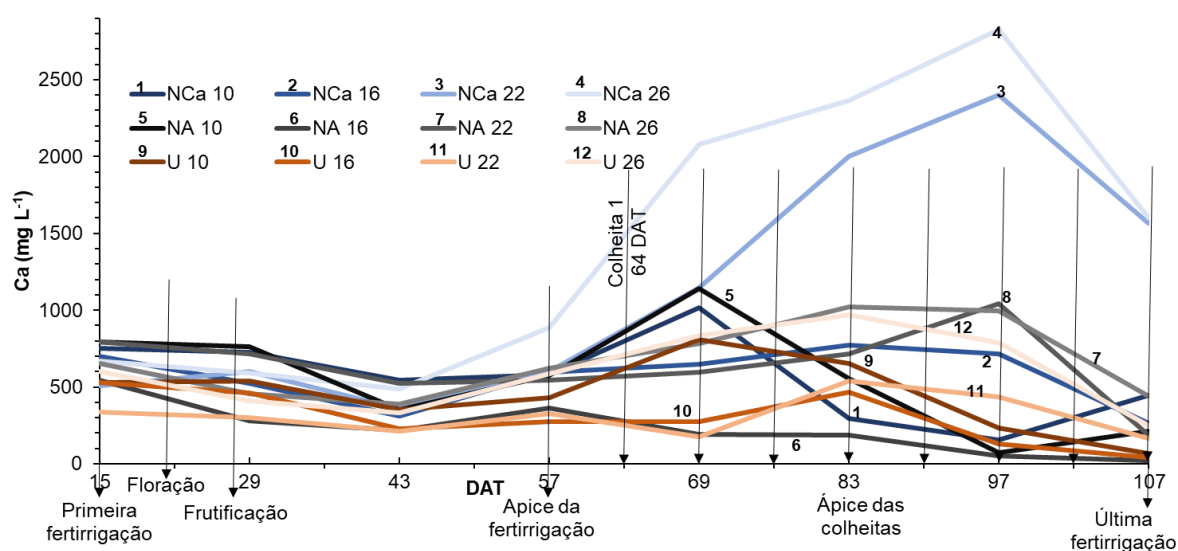
Na Figura 9 são apresentados os dados de cálcio da solução do solo extraído ao longo do ciclo de cultivo do tomate. Destacam-se os tratamentos onde o NCa foi aplicado nas maiores doses de N por planta (22 e 26 gramas).

Este efeito se deve a presença do cálcio neste fertilizante que proporcionou aumento na concentração de cálcio e até o dobro da quantidade aplicada com relação aos tratamentos que não receberão cálcio (nitrato de amônio e ureia) via NCa.

Os teores de Ca presentes no solo provenientes da calagem de variaram de 16 a 18 mmoldm⁻³. Estes valores equivalem a uma quantidade de Ca que foi acrescida de 2,5 vezes quando da aplicação de nitrato de cálcio (19% de Ca) atingindo concentrações de 2500 mg L de Ca na solução do solo. Portanto, o nitrato de cálcio

nas dosagens de 22 e 26 g/planta de N, promoveram aumento do Ca trocável e, conseqüentemente, do Ca na solução do solo.

Figura 9. Cálcio da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido Paronset. Botucatu, SP. 2017.



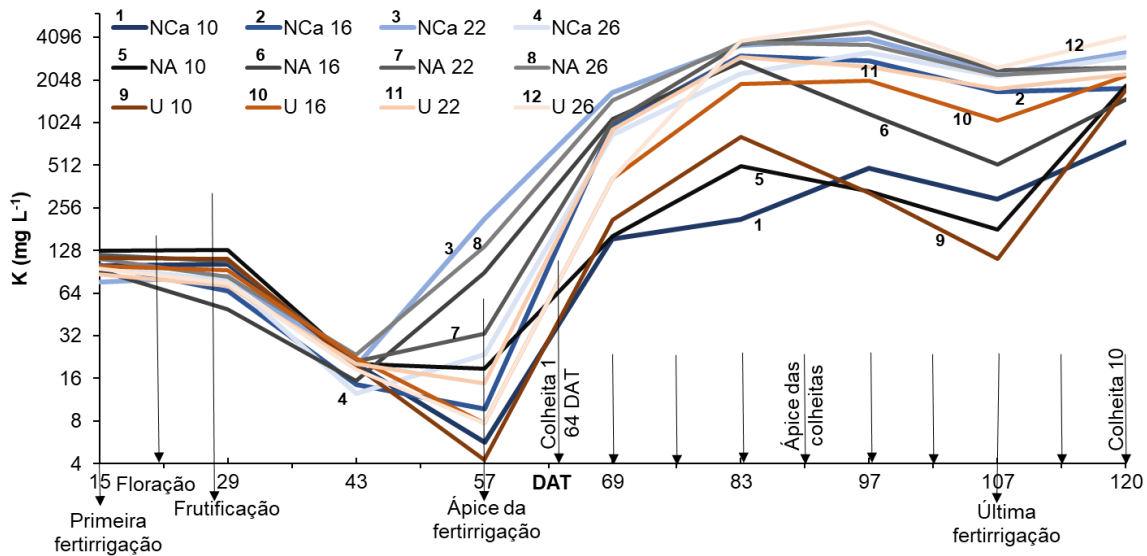
Na Figura 10 são apresentados os dados de potássio da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido.

Os teores de K se mantiveram em uma faixa adequada em todos os tratamentos até os 57 DAT a partir do qual houve um aumento de K na solução do solo principalmente para as doses que 16, 22 e 26 g/planta de N para as três fontes. O tratamento na dose 10 g/planta de N também teve um aumento a partir dos 57 DAT, porém, em uma concentração bem menor de K na solução do solo em relação aos demais tratamentos.

Possivelmente essa diferença de concentração de K na solução de solo se deve ao fato dos tratamentos em que o N foi aplicado em maior dosagem ter promovido a diminuição na massa seca de frutos fazendo com que parte do K ao invés de ser absorvido e transportado para o fruto permanecesse na solução do solo.

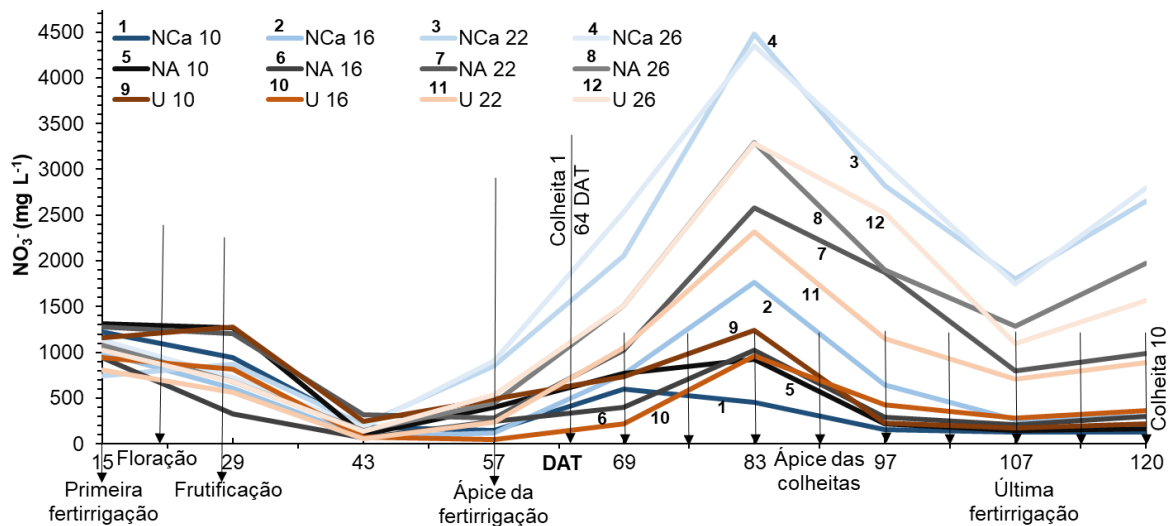
Também essa mais alta concentração coincide com a época de aplicação de maior dosagem de K, sendo que a partir dos 97 DAT houve diminuição do K na solução, indicando uma absorção mais tardia desse nutriente. Também deve-se salientar que a maior colheita ocorreu por volta dos 90 DAT e a partir deste período houve uma diminuição na absorção fazendo com que o K permanecesse na solução do solo.

Figura 10. Potássio da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido Paronset. Botucatu, SP. 2017.



Na Figura 11 são apresentados os dados de N-nitrato na solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido.

Figura 11. Nitrato da solução do solo extraída ao longo do ciclo de cultivo do tomate híbrido Paronset. Botucatu, SP. 2017.



Os teores de nitrato se mantiveram entre 500 e 1250 mg L⁻¹ até os 29 DAT, a partir deste período houve uma queda nos teores de nitrato e aos 43 DAT os teores de nitrato ficaram abaixo de 500 mg L⁻¹ até 57 DAT. Que após os 57 DAT, as três fontes e as duas menores doses ficaram com valores de nitrato na solução do solo abaixo de 1250 mg L⁻¹.

Pelo resultado médio de nove épocas de análise da solução do solo ao longo do ciclo da cultura do tomate (120 DAT) apresentado na Tabela 8, observa-se que houve alteração na solução em função das fontes e doses avaliadas.

Tabela 8. Resultado médio de nove leituras da análise de solução do solo ao longo do ciclo da cultura do tomate.

Fonte	Dose	Produção	CE	pH	N-NO ₃ ⁻	K	Ca ²⁺
	%	gramas	mS/cm		-----mg L ⁻¹ -----		
NCa	10	4389	2,05 Ab	7,25	411 Ab	117 Ac	634 Ac
	16	4243	2,67 Aa	6,97	537 Ab	798 Ab	559 Ac
	22	4045	3,04 Aa	6,80	1583 Aa	1132 Aa	921 Ab
	26	3620	3,24 Aa	6,95	1625 Aa	743 Bb	1263 Aa
Média NCa		4074 A	2,75 A	6,99 A	1028 A	697	844 A
NA	10	3644	2,41 Ab	6,72	595 Ab	153 Ac	624 Aa
	16	2854	2,18 ABb	6,45	360 Ab	639 ABb	247 Bb
	22	2916	3,33 Aa	6,52	975 Ba	1038 Aa	611 Ba
	26	2409	3,08 Aa	6,02	1104 Ba	1124 Aa	635 Ba
Média NAm		2956 C	2,75 A	6,43 B	759 B	739	529 B
U	10	3819	2,25 Ab	6,60	687 Ab	177 Ac	507 Aab
	16	4128	2,12 Bb	6,37	356 Ac	485 Bb	305 Bb
	22	3362	2,35 Bb	6,27	718 Bb	776 BA	299 Cb
	26	2877	3,02 Aa	6,45	1118 Ba	1018 Aa	589 Ba
Média U		3546 B	2,43 B	6,42 B	120 B	614	425 C
Média dose 10		3951 a	2,24 b	6,85 a	565 c	149 c	588 b
Média dose 16		3742 ab	2,32 b	6,60 ab	417 c	641 b	370 c
Média dose 22		3441 b	2,91 a	6,53 b	1077 b	982 a	610 b
Média dose 26		2969 c	3,11 a	6,47 b	1282 a	962 a	829 a
F Fontes (F)		**	**	**	**	ns	**
F Doses (D)		**	**	**	**	**	**
F (F x D)		ns	**	ns	**	**	**
CV %		11	12	4	19	21	19

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam entre as fontes. Letras minúsculas comparam entre as doses. (NCa: Nitrato de Cálcio; NAm: Nitrato de Amônio; U: Ureia; F: Fonte; D: dose; CV: coeficiente de variação).

Como esperado, a maior CE foi observada nas maiores doses de todas as fontes de N utilizadas. O limiar de CE para a cultura do tomate é de $2,5 \text{ mS cm}^{-1}$ e, tanto a CE acima, como abaixo desse valor, podem restringir o desenvolvimento das plantas e sua produção. Houve variação no pH entre as fontes, sendo possível observar o efeito de alcalinização do nitrato de cálcio quando comparado às demais fontes.

O teor de nitrato foi, em média, maior nos tratamentos que receberam nitrato de cálcio e é possível observar, na maioria dos tratamentos a variação das doses de nitrogênio. O teor de cálcio na solução do solo foi maior no tratamento que recebeu nitrato de cálcio, como era esperado, porém não diferiu significativamente de algumas doses das demais fontes.

Nota-se pelos dados que os resultados não foram semelhantes, indicando que em função do solo utilizado (arenoso e baixa CTC), ocorreu caminho diferenciado dos sais no perfil, dificultando a generalização dos resultados.

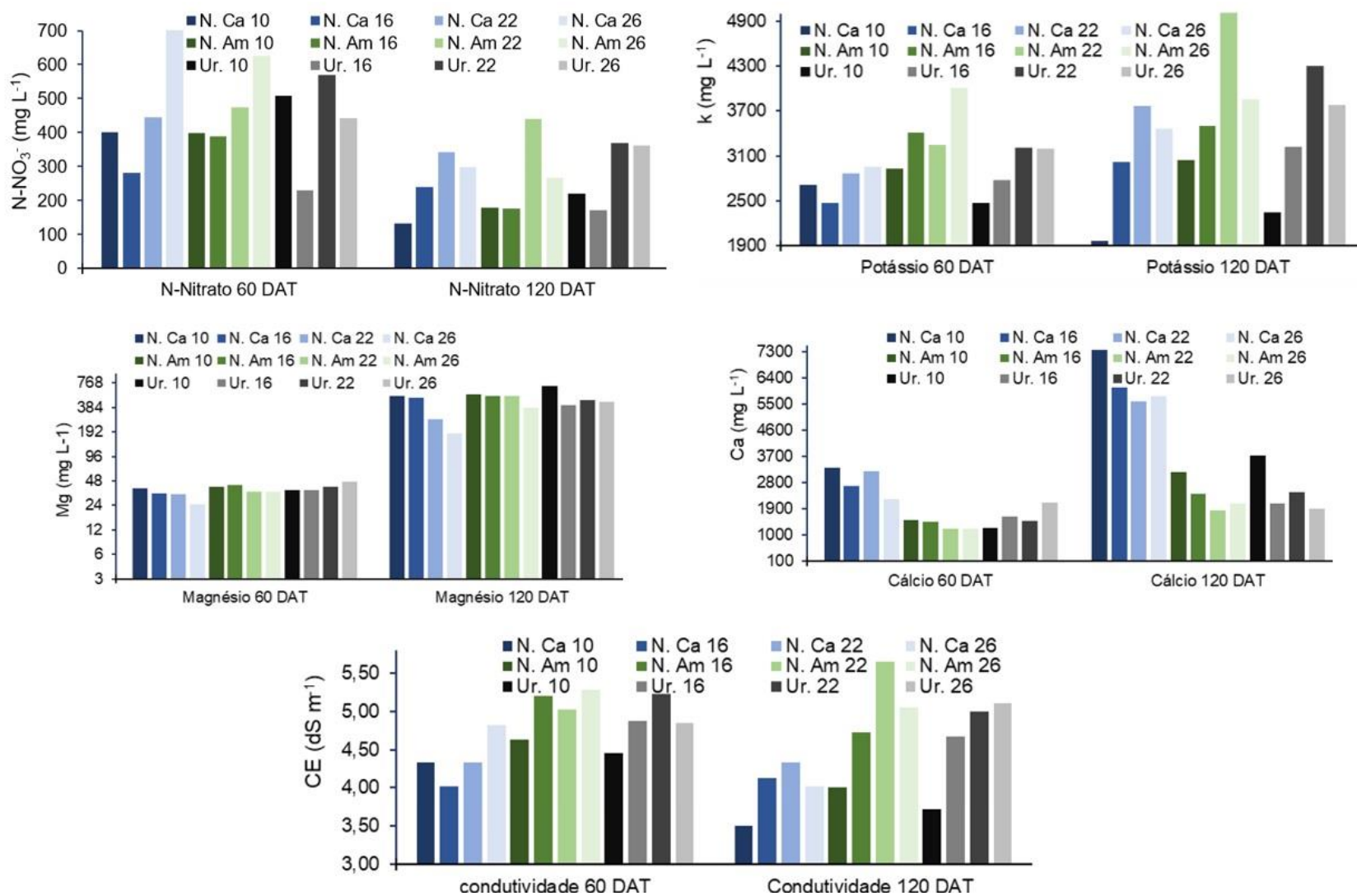
Na Figura 12 são apresentados os dados de CE, N-nitrato, K, Mg e Ca na seiva aos 60 e 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo. Os teores de N- NO_3^- se mantiveram entre 200 e 700 mg L^{-1} aos 60 DAT e, aos 120 DAT entre 150 e 400 mg L^{-1} para as fontes e doses aplicadas neste estudo.

Ruelas et al. (2005) observaram que durante os estádios vegetativos e início da frutificação, valores de N- NO_3^- no pecíolo, superiores a 1300 mg L^{-1} e entre 70 e 112 DAT valores de 2090 mg L^{-1} . Neste mesmo período, a concentração de nitrato da solução do solo foi alta, observando uma relação direta entre a assimilação de nitrato pelas plantas.

Guimarães et al. (1998) para o solo de textura argilosa, aos 42 DAS, observaram na seiva do pecíolo 2581 mg L^{-1} aos 57 DAS 1085 mg L^{-1} de N- NO_3^- . No solo de textura areia-franca aos 42 DAS a seiva do pecíolo apresentava 2616 mg L^{-1} de N- NO_3^- e ao 57 DAS 1690 mg L^{-1} de N- NO_3^- . Andersen et al. (1999) observaram teores de N- NO_3^- , de 107,38 a $1236,90 \text{ mg L}^{-1}$ após 42 DAT e valores de 254,10 a $355,60 \text{ mg L}^{-1}$ após 91 DAT.

Taber (2001) destaca que no estágio de crescimento, 4 a 6 semanas após o transplante, o nível de N- NO_3^- na seiva do pecíolo deve ser 900 ppm para uma cultivar Jet Star (indeterminada) e ligeiramente maior, a 1050 mg L^{-1} , para uma cultivar Mtn. Spring (determinada).

Figura 12. Condutividade na seiva e teor na seiva de N-Nitrato, K, Mg e Ca aos 60 e 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo.



Carson, Ozores-Hampton e Morgan (2016) observaram que os valores de N-NO_3^- na primeira coleta valores de 1000 a 1750 mg L^{-1} e ao final do experimento de 200 a 600 mg L^{-1} , e no segundo estudo valores de 1000 a 1200 mg L^{-1} e ao final do experimento valores de 200 a 600 mg L^{-1} .

Llanderal et al. (2018) destacam que encontraram diferenças significativas nos teores de N-NO_3^- entre as folhas, maior concentração em folhas velhas (4488,02 mg L^{-1}) e menor concentração em folhas jovens (1383,42 mg L^{-1}).

Farneselli, Tei e Simonne (2014) encontraram aos 30, 42, 57, 71 e 84 DAT valores variando de: 348 a 1065; 99 a 1200; 245 a 1400; 108 a 1700; 303 a 683 e no segundo estudo valores variando de: 338 a 1113; 383 a 1950; 315 a 1425; 228 a 393; 265 a 425 para as respectivas avaliações realizadas e de acordo com Anonymous (1997) o valor de referência N-NO_3^- aos 30 DAT (700-900), 42 DAT (600-800), 57 DAT (500-700), 71 DAT (500-700) e 84 DAT (400-600).

Ferreira e Fontes (2011) encontraram valores de N-NO_3^- aos 35 DAT variando de 963 a 3400 mg L^{-1} , aos 57 DAT variando de 400 a 4600 mg L^{-1} e aos 85 DAT 1300 a 3000 mg L^{-1} e, concluíram com estes dados que os valores dos índices de nitrogênio decresceram com o desenvolvimento das plantas, e que para o estabelecimento dos níveis críticos dos índices de nitrogênio, deve-se padronizar a idade fisiológica das folhas amostradas.

Locascio et al. (1997) observaram valores de N-NO_3^- entorno de 300 a 1050 mg L^{-1} . Esses autores destacam que a análise da seiva do pecíolo é um bom indicador para o rendimento da cultura e uma análise fácil e rápida, que pode ser utilizado no campo.

A concentração de K na seiva analisada aos 60 DAT variou de 2480 mg L^{-1} a 4000 mg L^{-1} e aos 120 DAT e de 2000 mg L^{-1} a 5000 mg L^{-1} , observa-se que tratamento NA 26 apresentou o teor mais elevado de nitrato na seiva aos 60 DAT e a menor produção ao final do ciclo e a fonte N. Ca 10 teve a maior produção e o menor teor de K aos 120 DAT.

Estes valores de K diferem dos encontrados por Llanderal et al. (2018), que relatam que a concentração de K foi maior valor em folhas jovens (4723,28 mg L^{-1}) e o menor em folhas velhas (1728,87 mg L^{-1}) aos 135 DAT.

A concentração de Ca no teor da seiva analisada aos 60 DAT para fonte NCa variou de 2200 a 3295 mg L^{-1} e aos 120 DAT variou de 5596 a 7355 mg L^{-1} . Esta fonte incrementou os maiores teores de Ca na seiva.

O NCa e NA nas doses menores tiveram um incremento maior de cálcio na seiva aos 60 e 120 DAT. A ureia teve oscilações para as quatro doses nos teores de Ca na seiva aos 60 e 120 DAT. Estes valores de Ca diferem dos encontrados por Llanderal et al. (2018), que relatam que a concentração de Ca^{2+} na seiva não apresentou diferenças significativas com valores médios de $524,42 \text{ mg L}^{-1}$.

A condutividade elétrica da seiva para as diferentes fontes aos 60 DAT ficou entre $4,03$ e $5,28 \text{ dS m}^{-1}$ com amplitude de $1,25 \text{ dS m}^{-1}$ e aos 120 DAT entre $3,50$ e $5,65 \text{ mS m}^{-1}$ com amplitude de $2,15 \text{ mS m}^{-1}$. Observa-se que menor condutividade elétrica da seiva possibilitou a maior produção.

Na Figura 13 são apresentados os dados de teor na seiva de P, S, B e Na aos 60 DAT e Mn, Fe, Zn e Cu em função das doses de N aplicadas no solo.

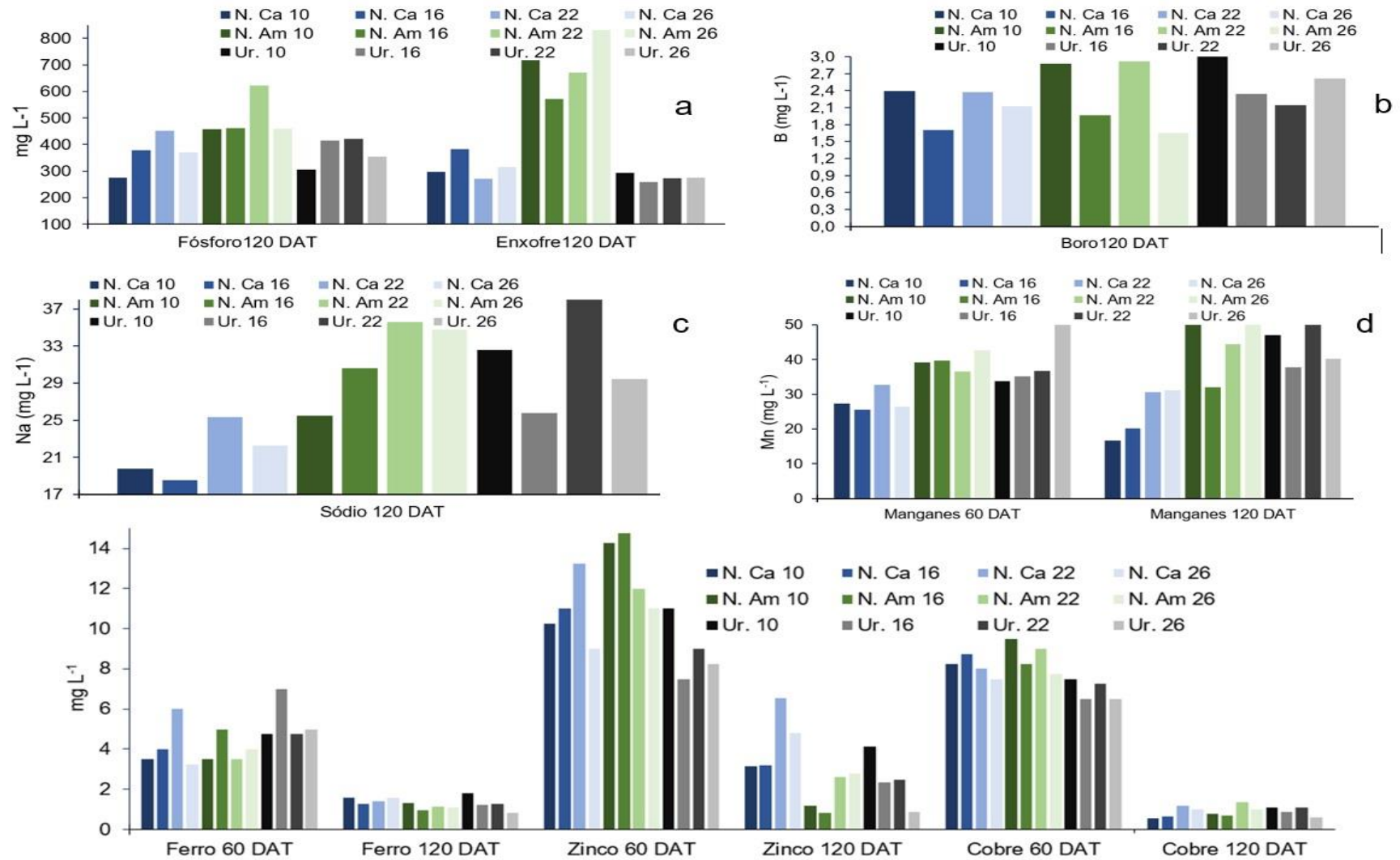
Aos 120 DAT as quatro doses de NA apresentaram os maiores teores de H_2PO_4^- P e S na seiva em relação as doses de U e NCa, valores que estão acima dos encontrados por Llanderal et al. (2018) que destacam que encontraram uma grande variabilidade para H_2PO_4^- P na concentração da seiva em diferentes amostras de pecíolo, sendo a maior concentração em folhas velhas ($216,76 \text{ mg L}^{-1}$) e o menor em folhas jovens ($41,23 \text{ mg L}^{-1}$).

Esses autores destacam que a concentração de SO_4^{2-} S na seiva permaneceu constante em diferentes amostras de pecíolo com valores $2280,45 \text{ mg L}^{-1}$, acima dos encontrados neste estudo.

Sódio (Figura 13C) apresentou uma grande variabilidade aos 120 DAT, sendo a maior concentração (39 mg^{-1}) para fonte U na dose 22 g/N por planta. Llanderal et al. (2018) destacam que a concentração de Na^+ na seiva não mostrou diferenças significativas nas diferentes amostras de folhas analisadas, com valores médios de $501,05 \text{ mg L}^{-1}$.

Os micronutrientes Fe, Zn e Cu aos 60 e 120 DAT (Figura 13E) apresentaram variabilidade no teor da seiva em função das doses de N aplicadas no solo. Não apresentando uma distribuição linear de acordo com as fontes de N aplicadas.

Figura 13. Teor na seiva de P e S (a), Boro (b), Na (c) aos 60 DAT e Mn aos 60 e 120 DAT em função das doses de N aplicadas no solo.



Em função dos tratamentos aplicados, na Tabela 9 são apresentados a massa de frutos comerciais, produtividade em caixa por mil plantas, produtividade em toneladas por hectare, número de frutos com fundo preto, número de frutos comerciais, número de frutos verdes, número de frutos não comerciais, número de frutos com fundo preto, massa de planta, massa de raiz, massa de planta mais raiz, volume de raiz, altura de planta e altura do primeiro cacho em função dos tratamentos aplicados.

Tabela 9. Massa de frutos comerciais (MFC), produtividade (Prod.), número de frutos com fundo preto (NFFP), número de frutos comerciais (NFC), número de frutos verdes (NFV), número de frutos não comerciais (NFNC), número de frutos com fundo preto (NFP), Massa de planta (MP), massa de raiz (MR), massa de planta mais raiz (MPR), volume de raiz (VR), altura de planta (AP) e altura do primeiro cacho (AC) em função dos tratamentos aplicados.

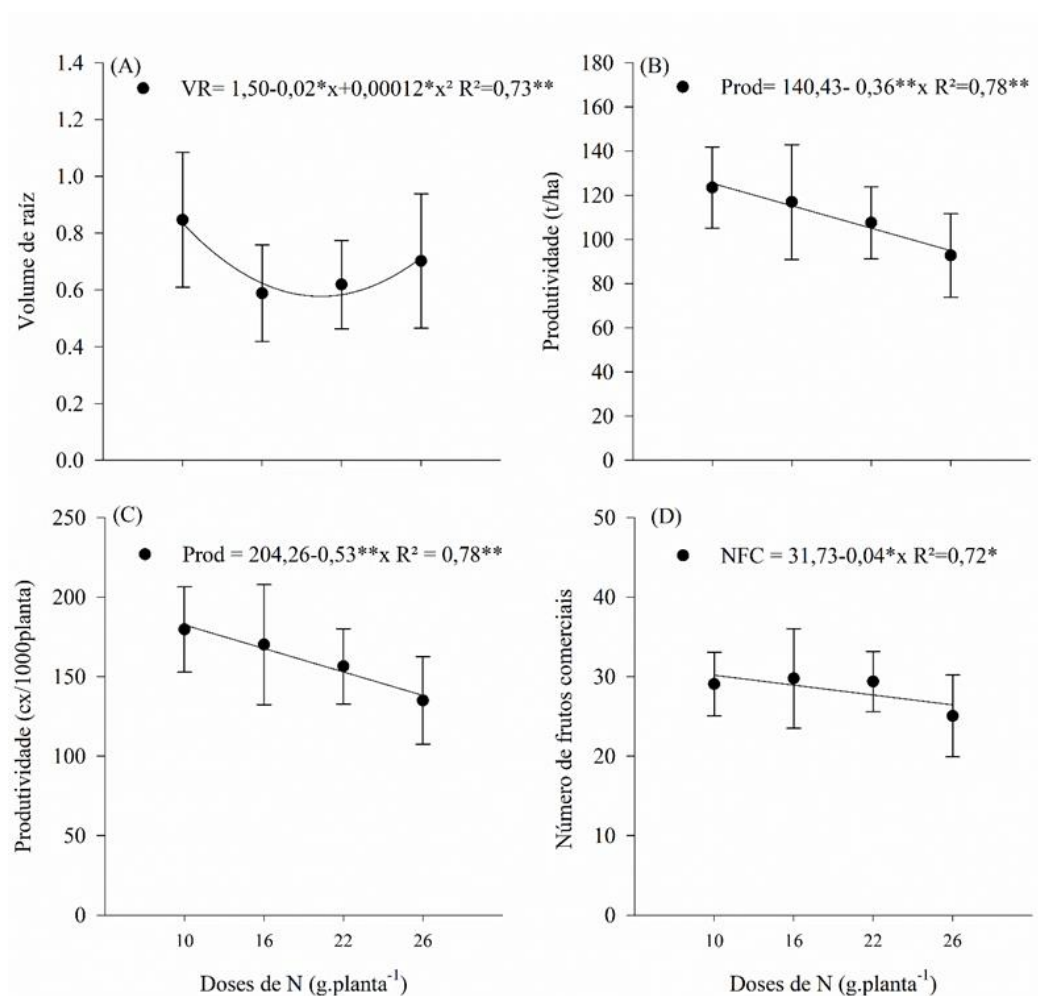
Fonte	Dose	MFC	Prod.	Prod.	NFFP	NFC	NFV	NFNC	NFP	MP	MR	MPR	VR	AP	AC
	%		cx/1000 p	t/ha			número				gramas		ml		cm
Nitrato de Cálcio	10	4389 A	219 Aa	137	1 Ba	32	10	2 Bbc	45	209	43 Aa	253	93	200	41
	16	4243 A	212 Aab	133	1 Ba	33	9	2 Bc	45	212	51 Aa	263	0,71	213	44
	22	4045 A	202 Aab	126	1 Ca	34	8	5 Aa	48	191	40 Aa	231	0,54	218	46
	26	3620 A	181 Ab	113	2 Ca	30	9	3 Bb	45	197	43 Ba	229	0,80	215	46
Média N. Ca		4074 A	204 A	127 A	1 C	32 A	9 A	3 B	45	202	42 B	244	0,77	211	44
Nitrato de Amônio	10	3644 B	182 Ba	114	6 Ac	26	10	6 Ab	48	201	47 Aa	248	0,88	218	44
	16	2854 B	142 Bb	89	9 Ab	24	5	5 Ac	43	201	69 Aa	270	0,51	218	45
	22	2916 B	145 Bb	91	16 Aa	26	3	4 Bc	48	216	66 Aa	282	0,70	219	46
	26	2409 B	120 Bb	75	18 Aa	21	4	8 Aa	51	220	57 ABa	278	0,68	214	45
Média N. Am		2956 C	147 C	92 B	12 A	24 B	6 B	6 A	47	210	60 A	269	0,69	217	45
Uréia	10	3819 AB	191 ABab	119	2 Bc	29	8	3 Ba	42	183	28 Ab	211	0,73	217	47
	16	4128 A	206 Aa	129	3 Bc	32	7	2 Ba	45	193	50 Aab	243	0,54	218	46
	22	3362 B	168 Bbc	105	5 Bb	29	8	3 Ba	45	191	48 Ab	240	0,62	206	45
	26	2877 B	143 Bc	90	16 Ba	24	8	2 Ba	50	221	79 Aa	300	0,53	207	49
Média Uréia		3546 B	177 B	111 C	7 B	29 C	8 AB	2 B	45	197	51 AB	248	0,60	212	47
Média dose 10		3951 a	198 a	123 a	3 c	29 a	9	4 a	45	198	39	237	0,85 a	212	44
Média dose 16		3742 ab	187 ab	117 ab	4 c	30 a	7	3 b	44	202	56	259	0,59 b	217	45
Média dose 22		3441 b	172 b	108 b	7 b	29 a	6	4 a	47	199	51	251	0,62 b	215	46
Média dose 26		2969 c	148 c	93 c	12 a	25 b	7	4 a	48	213	56	269	0,70 ab	212	47
F Fontes (F)		**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
F Doses (D)		**	**	**	**	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
F (F x D)		ns	ns	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
CV %		11	11	11	19	12	38	20	10	15	30	16	28	7	10

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam entre as fontes. Letras minúsculas comparam entre as doses. (N.Ca: Nitrato de Cálcio; N. Am: Nitrato de Amônio; Ur: Uréia; F: Fonte; D: dose; CV: coeficiente de variação).

Para massa de frutos comerciais houve diferença significativa somente para fonte. A fonte nitrato de cálcio apresentou a maior massa total de frutos comerciais em relação a fonte ureia e nitrato de amônio.

Com base na massa frutos por planta, podemos calcular a produtividade em caixas por mil plantas (Figura 14C) e a produtividade em toneladas por hectare (Figura 14B), e como a maior massa de frutos comerciais foi observada na fonte nitrato de cálcio, seguido dos tratamentos nitrato de amônio e ureia e, houve diferença significativa entre as fonte de N avaliadas e o efeito da fonte nitrato de cálcio fica mais visível.

Figura 14. Volume de raiz (A) produtividade t/ha (B), produtividade (C) e número de frutos comerciais (D em função das doses de N aplicadas. Botucatu, SP. 2017.



Os tratamentos que receberam a fonte nitrato de amônio, apresentaram o maior

número de frutos com fundo preto, seguido pelos tratamentos que receberam ureia e nitrato de cálcio.

A anomalia denominada fundo preto é consequência da deficiência de cálcio nas plantas, podendo ser desencadeada ou agravada por fatores ambientais, principalmente falta de água (CASTELLANE, 1988). Já é conhecida a interação antagônica existente entre a forma amoniacal do nitrogênio (NH_4^+) e o cálcio (Ca^{2+}). As duas formas são catiônicas, assim, apesar de haver Ca disponível no solo, a planta não consegue aproveitá-lo, pois a célula precisa manter o equilíbrio eletroquímico.

Portanto, o excesso de um cátion impede a absorção de outro cátion. Assim, excesso da forma amoniacal de N pode levar ao surgimento de sintomas de deficiência em cálcio, como o fundo preto (podridão apical). Isso explica a maior quantidade de frutos com fundo preto nos tratamentos com nitrato de amônio e ureia. Além disso, houve maior aporte e disponibilidade de cálcio nos tratamentos que receberam nitrato de cálcio, assim as plantas cultivadas nesses tratamentos apresentaram maior teor foliar de Ca aos 60 e 120 DAT e, por consequência, apresentaram baixa porcentagem de frutos com fundo preto e o aproveitamento comercial dos frutos foi maior.

Quando descontamos do total de frutos por planta, os frutos com defeito, frutos verdes e com fundo preto, temos o número de frutos comerciais, assim observamos que as plantas que receberam nitrato de cálcio apresentaram maior número de frutos comerciais, diferindo significativamente dos tratamentos que receberam nitrato de amônio e ureia (Figura 14 D).

Os tratamentos que receberam a fonte nitrato de amônio apresentaram maior número de frutos por planta, diferindo das plantas dos tratamentos que receberam nitrato de cálcio e ureia, mas este fato não proporcionou uma maior produção, pois a fonte nitrato de amônio teve o menor número de frutos comerciais.

A fonte nitrato de cálcio e ureia apresentaram o menor número de frutos não comerciais, havendo diferença significativa para fonte e dose.

A fonte nitrato de amônio apresentou a maior massa de raiz, seguido por ureia e nitrato de cálcio e havendo diferença significativa para fonte e dose. Para número de frutos por planta, massa de planta, altura de planta, e altura do primeiro, não apresentaram diferença significativa para fonte e dose. Volume de raiz apresentou diferença para dose (Figura 14 A).

Na Tabela 10 são apresentados os resultados da análise de açúcar redutor,

acidez titulável, sólidos solúveis que apresentaram diferença significativa para dose, pH que apresentou diferença para fonte e ácido ascórbico e ratio que não apresentaram diferença para fonte e dose.

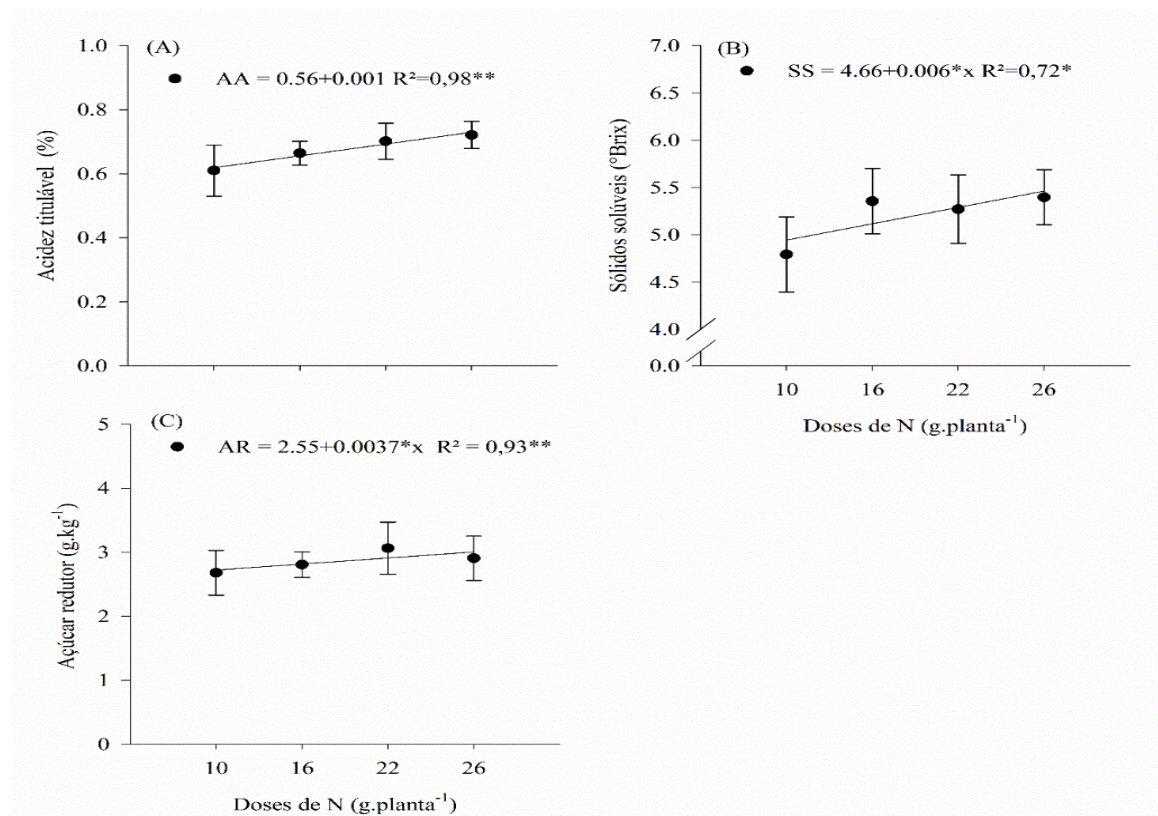
Tabela 10. Resultado da análise de açúcar redutor (AR), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), pH, ácido Ascórbico (AA), Ratio (SST/AT) e perda de água após a colheita dos frutos em frutos de tomate aos 90 DAT.

Fonte	Dose	AR	AT	SS	pH	AA	Ratio
	%	g kg ⁻¹	%	°Brix		mg	SS/AT
NCa	10	2,69	0,59	4,88	4,75	24,95	8,23
	16	2,83	0,66	5,69	4,72	27,59	8,61
	22	3,01	0,70	5,13	4,74	24,07	7,31
	26	2,94	0,68	5,25	4,74	25,05	7,72
Média NCa		2,86	0,65	5,23	4,73 A	25,41	7,96
NA	10	2,93	0,59	4,69	4,72	22,90	7,97
	16	2,92	0,68	5,13	4,68	23,63	7,63
	22	3,00	0,72	5,25	4,69	23,48	7,26
	26	2,78	0,74	5,44	4,62	22,31	7,39
Média NA		2,90	0,68	5,12	4,67 B	23,07	7,56
U	10	2,41	0,65	4,81	4,73	23,04	7,56
	16	2,66	0,66	5,25	4,69	25,39	8,00
	22	3,17	0,68	5,44	4,68	24,36	8,11
	26	3,00	0,74	5,50	4,68	24,95	7,42
Média U		2,81	0,68	5,25	4,69 B	24,43	7,77
Média dose 10		2,67 b	0,60 b	4,79 b	4,73	23,63	7,92
Média dose 16		2,80 ab	0,66 ab	5,35 a	4,69	25,53	8,07
Média dose 22		3,06 ab	0,70 a	5,27 a	4,70	23,97	7,55
Média dose 26		2,90 b	0,72 a	5,39 a	4,67	24,10	7,51
F Fontes (F)		ns	ns	ns	**	ns	ns
F Doses (D)		*	**	**	ns	ns	ns
F (F x D)		ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV		11	8	7	14	13	25,0

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam entre as fontes. Letras minúsculas comparam entre as doses. (NCa: Nitrato de Cálcio; NA: Nitrato de Amônio; U: Ureia; F: Fonte; D: dose; CV: coeficiente de variação). AT: expressa em % ac cítrico 100 g⁻¹ de polpa. A.A. = Vitamina C: expressa em mg de ácido ascórbico em mg.

Na Figura 15 são apresentados os dados Acidez titulável (A), sólidos solúveis (B) e açúcar redutor (C) em função das doses de N aplicadas. Os tratamentos que receberam as menores doses de N apresentaram os menores valores de acidez titulável, sólidos solúveis e açúcar redutor e no geral estas variáveis apresentaram um crescimento linear da menor para maior dose de N aplicado.

Figura 15. Acidez titulável (A), sólidos solúveis (B) e açúcar redutor (C) em função das doses de N aplicadas. Botucatu, SP. 2017.



Na Tabela 11 são apresentados os valores referentes as despesas com fertilizante nitrogenado e receita com a venda de tomate no ano de 2017. Calculou-se o custo do fertilizante por dose e a receita obtida com a venda dos frutos comerciais por classe (Tabela 11). Observa-se que a fonte nitrato de cálcio gerou maior produção para todas as doses e, conseqüentemente, maior receita em relação ao nitrato de amônio e ureia.

Após a pesquisa de preços pagos ao produto na roça e a consultor que trabalha com tomate, observamos que a classificação (CEAGESP, 2003) na grande maioria dos casos, não é paga ao produtor e, quando paga, este produtor acaba ficando no prejuízo, por este motivo a grande maioria dos produtores acaba comercializando o seu produto para o atravessador à granel, sem uma classe definida.

Tabela 11. Resultado da análise de açúcar redutor (AR), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), pH, ácido Ascórbico (AA), Ratio (SST/AT) e perda de água após a colheita dos frutos em frutos de tomate aos 90 DAT.

Fonte	Dose	AR	AT	SS	pH	AA	Ratio	Dias após a colheita dos frutos		
	%	g kg ⁻¹	%	°Brix		mg	SS/AT	5	10	15
Nitrato de Cálcio	10	2,69	0,59	4,88	4,75	24,95	8,23	4,00	7,48	10,78
	16	2,83	0,66	5,69	4,72	27,59	8,61	3,49	6,46	9,31
	22	3,01	0,70	5,13	4,74	24,07	7,31	2,93	5,56	8,25
	26	2,94	0,68	5,25	4,74	25,05	7,72	3,26	6,18	9,06
Média N. Ca		2,86	0,65	5,23	4,73 A	25,41	7,96	3,42	6,42	9,35 AB
Nitrato de Amônio	10	2,93	0,59	4,69	4,72	22,90	7,97	4,23	7,65	11,04
	16	2,92	0,68	5,13	4,68	23,63	7,63	3,55	6,40	9,18
	22	3,00	0,72	5,25	4,69	23,48	7,26	2,76	5,19	7,95
	26	2,78	0,74	5,44	4,62	22,31	7,39	3,15	5,68	8,21
Média N. Am		2,90	0,68	5,12	4,67 B	23,07	7,56	3,42	6,23	9,09 B
Uréia	10	2,41	0,65	4,81	4,73	23,04	7,56	4,17	7,56	11,04
	16	2,66	0,66	5,25	4,69	25,39	8,00	4,18	7,60	10,89
	22	3,17	0,68	5,44	4,68	24,36	8,11	3,15	6,01	8,97
	26	3,00	0,74	5,50	4,68	24,95	7,42	3,32	6,25	9,21
Média Uréia		2,81	0,68	5,25	4,69 B	24,43	7,77	3,70	6,85	10,31 A
Média dose 10		2,67 b	0,60 b	4,79 b	4,73	23,63	7,92	4,14 a	7,56 a	10,95 a
Média dose 16		2,80 ab	0,66 ab	5,35 a	4,69	25,53	8,07	3,74 ab	6,82 ab	9,79 ab
Média dose 22		3,06 ab	0,70 a	5,27 a	4,70	23,97	7,55	2,95 c	5,59 c	8,39 c
Média dose 26		2,90 b	0,72 a	5,39 a	4,67	24,10	7,51	3,24 bc	6,04 bc	8,82 bc
F Fontes (F)		ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**
F Doses (D)		*	**	**	ns	ns	ns	**	**	**
F (F x D)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV		11	8	7	14	13	25,0	15	12	11

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam entre as fontes. Letras minúsculas comparam entre as doses. (N.Ca: Nitrato de Cálcio; N. Am: Nitrato de Amônio; Ur: Uréia; F: Fonte; D: dose; CV: coeficiente de variação). AT: expressa em % ac cítrico 100 g⁻¹ de polpa. A.A. = Vitamina C: expressa em mg de ácido ascórbico em mg.

Para chegarmos ao preço que realmente é pago ao produtor, os frutos foram agrupados todos na classe AA. Este agrupamento foi feito de com Normas de Classificação do Tomate (CEAGESP, 2003).

Com base nos preços pagos ao produtor relatados anteriormente, extraímos uma média dos preços pagos as três classes (A, AA e AAA), desta forma, chegamos a um valor próximo ao real e com base nos preços estabelecidos pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2017).

Mesmo tendo sido adotada a média de preço para classe de frutos AA para cálculo da receita, vale ressaltar que os preços pagos as classes de tomate A, AA e AAA se manteve constante ao longo do período estudado (janeiro 2016 a dezembro 2017).

A fertirrigação em ambiente protegido, associada à aplicação de nitrato de cálcio na dose de 10 gramas de N por planta, proporcionou o maior incremento na produção de frutos comerciais, e conseqüentemente a melhor relação benefício-custo, sendo, portanto, a dose indicada ao produtor de tomate de mesa.

5 CONCLUSÃO

A fonte nitrato de cálcio proporcionou a maior produção e, conseqüentemente a gerou a maior receita.

Análise de seiva e solução do solo durante o cultivo pode ser utilizada pelo produtor para o acompanhamento nutricional de seu cultivo.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo: ANDA, 1998. 35 p. (Boletim Técnico, 3).
- ALMEIDA, R. F. Adubação nitrogenada de tomateiros. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 5, p. 25-30, 2011.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. 4 ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 393 p.
- ANDERSEN, P. C. et al. Relationships of nitrogenous compounds in petiole sap of tomato to nitrogen fertilization and the value of these compounds as a predictor of yield. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 2, p. 254-258, 1999.
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.
- ANDRIOLO, J. L.; ROSS, T. D.; WITTER, M. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do tomateiro cultivado em substrato com três concentrações de nitrogênio na solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1451-1457, 2004.
- ANONYMOUS. **Cardy nitrate meter**. Operation manual. Plainfield: Spectrum Technologies, Inc, 1997.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry**. 11 ed. Washington: Association of Official Analytical Chemistry, 2005. 1015 p.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Software AgroEstat**: Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: Unesp/FCAV, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília-DF: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.
- BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1995. 295 p.
- CAMEIRA, M. R. et al. Sustainability and environmental assessment of fertigation in and intensive olive grove under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 146, p. 346-360. 2014.
- CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R. F. et al. (eds.) *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.
- CARRIJO, O. A. et al. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília-DF: Embrapa, 2004. (Circular Técnica, 32).

CARSON, L.; OZORES-HAMPTON, M.; MORGAN., K. Correlation of petiole sap nitrate-nitrogen concentration measured by ion selective electrode, leaf tissue nitrogen concentration, and tomato yield in Florida. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 39, n. 12, p. 1809-1819, 2016.

CASA, J.; EVANGELISTA, R. M. Influência das épocas de colheita na qualidade de tomate cultivado em sistemas alternativos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, Supl. 1, p. 1101-1108, 2009.

CASTELLANE, P. C. D. **Podridão apical em frutos de tomateiro**. Jaboticabal: Funep, 1988. 39 p.

CEAGESP – Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura. **Normas Técnicas de Classificação do Tomate**. São Paulo: Centro de qualidade em Horticultura (Documentos CQH, 26).

CEPEA. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**. 2017. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

COELHO, E. F. et al. Fontes e frequências de aplicação de nitrogênio via água de irrigação no mamoeiro. Cruz das Almas: Embrapa, 2004. (Comunicado Técnico, 111).

COOPERCITRUS. **Cooperativa de Produtores Rurais**. 2017. Disponível em: <<http://www.coopercitrus.com.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

COSTA, E. F.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 39, p. 63-8, 1986.

COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; SOUZA, E. C. A. **Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura**. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. (coords.). Nutrição e adubação de hortaliças. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1993. p. 85-140.

CUNHA, P. C. R. et al. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 80-86, 2011.

DI GIOIA, F. et al. Assessment of Ionic Interferences to Nitrate and Potassium Analyses with Ion-Selective Electrodes. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 41, n. 14, p. 1750-1768, 2010.

DIAS, N. S. et al. Produção de alface sob diferentes níveis de salinidade do solo. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 1, p. 20-29, 2005.

DOURADO NETO, D. et al. **Programa SWRC (Version 1.00): Soil-Water Retention Curve (Software)**. Piracicaba: Esalq; Davis: University of Califórnia, 1995.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília-DF: Embrapa, 2013. 353 p.

ENGELS, C.; MARSCHNER, H. **Plant uptake and utilization of nitrogen**. In: BACON, P. E. (ed.). Nitrogen fertilization in the environment. New York: M. Dekker, 1995. p. 41-81.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: USP e Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341 p.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; STECKLING, C. Características químicas de solo e rendimento de matéria seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 939-946, 2001.

FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C.; VILELLA JÚNIOR, V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 143-149, 2008.

FARNESELLI, M. et al. Washing and/or cutting petioles reduces nitrate nitrogen and potassium sap concentrations in vegetables. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 29, n. 11, p. 1975-1982, 2006.

FARNESELLI, M.; TEI, F.; SIMONNE, E. Reliability of petiole sap test for n nutritional status assessing in processing tomato. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 37, n. 2, p. 270-278, 2014.

FAYAD, J. A. et al. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v. 20, n. 1, p. 90-94, 2002.

FERREIRA, M. M. M. et al. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v. 24, n. 2, p. 141-145, 2006.

FERREIRA, M. M. M.; FONTES, P. C. R. Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 5, n. 2, p. 106-112, 2011.

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

FLORES, P. et al. Tomato yield and quality as affected by nitrogen source and salinity. **Agronomie, EDP Sciences**, Paris, v. 23, n. 3, p. 249-256, 2003.

FOLEGATTI, M. V. et al. Calibration of cardy-ion meters to measure nutrient concentrations in soil Solution and in plant sap. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 8-11, 2005.

GUIMARÃES, T. G. et al. Determinação dos teores de nitrogênio na seiva do tomateiro por meio de medidor portátil. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v. 16, n. 2, p. 144-151, 1998.

HOCHMUTH, G. J. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick test. **HortTechnology**, Alexandria, v. 4, n. 3, p. 218-222, 1994.

HOCHMUTH, G. J. **Plant petiole sap-testing for vegetable crops**. IFAS Extension-University of Florida. 2015. (CIR. 1144). Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/cv004>>. Acesso em: 9 ago. 2019.

HOWLETT, F. S. **Variation pattern established by foliar analysis of vegetable plants**. In: REUTHER, W. (ed.). *Plant analysis and fertilizer problems*. Washington: American Institute of Biological, 1961. p. 355-388

JARAMILLO, J. et al. **Buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas**. Rio Negro: FAO, Gobernación de Antioquia, FAO-MANA, CORPOICA, 2007. 315 p. (Manual Técnico).

KAYA, C. et al. Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 60, n. 3, p. 397-403, 2007.

LLANDERAL, A. et al. Evaluation of the nutrients variability in sap of different petiole samples in tomato plant. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 49, n. 6, p. 745-750, 2018.

LLANDERAL, A. et al. Nutritional changes in petiole sap over space and time in a tomato crop greenhouse, **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 42, n. 10, p. 1205-1217, 2019.

LOCASCIO, S. J. et al. Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 2, p. 330-335, 1997.

LOPES, M. C.; STRIPARI, P. C. **A cultura do tomateiro**. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. *Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais*. Cap. 12. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1998. p. 257-304.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 103, n. 2, p. 115-34. 1977.

MACÊDO, L. S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeito de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 296-304, 2005.

MALAVOLTA, E. **Nutrientes e nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201 p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa: UFV, 2001.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Método de Tillmans** – modificado. 2007. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Perdas por volatilização do nitrogênio fertilizante aplicado em pomares de citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 23, n. 1, p. 263-270, 2002.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G.; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio: magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFL, 2002. 625 p.

MOYA, J. A. T. **Riego localizado y fertirrigación**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2002. 534 p.

NELSON, N. A photometria adaptation of somogi method for determination of glicose. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v. 31, n. 2, p. 159-161, 1944.

OLIVEIRA, F. A. et al. Eficiência da fertirrigação nitrogenada e potássica na produção de pimentão cultivado em ambiente protegido. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 59, n. 3, p. 293-301, 2016.

PINTO, C. M. F.; CASALI, V. W. D. Tomate: tecnologia e produção. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 66, p. 8, jun. 1980.

POLETTO, N.; GROHS, D.; MUNDSTOCK, C. Flutuação diária e estacional de nitrato e amônio em um Argissolo vermelho distrófico típico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p.1619-1626, 2008.

PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: Funep, 2008. 500 p.

PRASAD, M.; SPIERS, T. M. A rapid nitrate sap test for outdoor tomatoes. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 25, n. 3, p. 211-215, 1985.

PRIMAVESI, A. C. et al. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284 p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

RAUSCHKOLB, R. S.; HORNSBY, A. G. **Nitrogen management in irrigated agriculture**. Oxônia: Oxford University Press, 1994. 251 p.

REZENDE, R. et al. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro em diferentes. Regimes hídricos e dosagens de fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 447-458, 2010.

RICHARDS, L. A. **Physical conditions of water in soil**. In: BLACK, C. A. et al. (eds.). *Methods of soil analysis - Physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling*. Madison: ASA/SSSA, 1965. p.128-152.

ROCHETTE, P. et al. Banding urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 38, n. 4, p. 1383-1390, 2009.

RUBIO-COVARRUBIAS O. A. et al. Effect of temperature and photoperiod on symptoms associated with resistance to *Phytophthora infestans* after leaf penetration in susceptible and resistant potato cultivars. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 82, p. 139-146. 2005.

RUELAS, L. R. et al. Contenido de nitratos en extractos celulares de pecíolos y frutos de tomate. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 28, n. 2, p. 145-150, 2005.

SAMPAIO, R. A.; FONTES, P. C. R.; SEDIYAMA, C. S. Resposta do tomateiro à fertirrigação potássica e cobertura plástica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 34, n. 1, p. 21-30, 1999.

SANGOI, L. et al. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 87-692, 2003.

SANTANA, M. J. et al. Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 11-20, 2011.

SASAKI, J. L. S.; SENO, S. **Importância na adubação de algumas olerícolas (alho, cebola, couve-flor, pimentão e tomate)**. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, C. (eds.). *Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas*. São Paulo: Ícone, 1994. p. 331-343.

SCAIFE, A.; STEVENS, K. L. monitoring sap nitrate in vegetable crops: comparison of test strips with electrode methods, and effects of time of day and leaf position. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 14, n. 9, p. 761-771, 1983.

- SOUZA, T. R. et al. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 47, n. 6, p. 846-854, 2012.
- TABER, H. G. Petiole sap nitrate sufficiency values for fresh market tomato production. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 6, p. 945-959, 2001.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- THOMPSON, R. B. et al. Evaluation of rapid analysis systems for on-farm nitrate analysis in vegetable cropping. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 7, n. 1, p. 200-211, 2009.
- THREADGILL, E. D. Chemigation via sprinkler irrigation: current status and future development. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 1, n. 1, p. 16-23, 1985.
- TRANI, P. E. et al. **Calagem e adubação do tomate de mesa**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2015. 35 p. (Série Tecnologia Apta, Boletim Técnico IAC, 215).
- TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em Hortaliças**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 51 p. (Série Tecnologia APTA, Boletim técnico IAC, 196).
- TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. **Fruits and vegetables juice processing technology**. Westport: AVI, 1961. 1028 p.
- VILAS BOAS, R. C. et al. Avaliação técnica e econômica da produção de duas cultivares de alface tipo crespa em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 525-531, 2008.
- VILLAS BÔAS, R. L. **Doses de nitrogênio para o pimenteiro aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. 2001. 123 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.
- VILLAS BÔAS, R. L.; BÜLL, L. T.; FERNANDES, D. M. **Fertilizantes em fertirrigação**. In: FOLLEGATTI, M. V. (ed.). **Fertirrigação: citros, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 293-319.
- VILLA BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; DUENHAS, L. H. **Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação**. In: ZANINI, J. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. (eds.). **Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia**. Jaboticabal: Funep, 2002. p. 1-26.
- WILLIAMS, L. E.; MILLER, A. J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 52, p. 659-688, 2001.
- YADARE, J. S. P.; GIRDHAR, I. K. The effects of different magnesium:calcium rations and sodium adsorption ratio values on the properties of calcareous versus non calcareous soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 131, p. 194-198, 1981.

YAMADA, T. Resistência de plantas às pragas e doenças: pode ser afetada pelo manejo da cultura. **Informações Agronômicas/POTAFOS**, Piracicaba, n. 108, P. 1-8, 2004.

ZAMBOLIM, L. **Manejo Integrado fitossanidade: Cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa, UFV, 2001. 722 p.