

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA
SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A PRODUÇÃO DO
TOMATEIRO**

Francisco Reinaldo Rodrigues Leal

Engenheiro Agrônomo

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA
SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A PRODUÇÃO DO
TOMATEIRO**

Francisco Reinaldo Rodrigues Leal

Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL - SÃO PAULO – BRASIL

2013

L435c Leal, Francisco Reinaldo Rodrigues
Concentrações de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva
para a produção do tomateiro. / Francisco Reinaldo Rodrigues Leal.–
– Jaboticabal, 2013
xii, 35 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho
Banca examinadora: Jairo Osvaldo Cazetta, Renato de Mello
Prado, Roberto Botelho Ferraz Branco, Pablo Forlan Vargas
Bibliografia

1. *Solanum lycopersicum*. 2. Hidroponia. 3. Cultivo sem solo.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 635.64:631.589.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento de Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

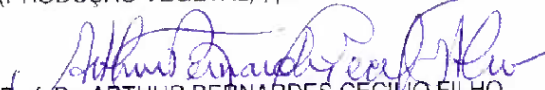
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A PRODUÇÃO DO TOMATEIRO

AUTOR: FRANCISCO REINALDO RODRIGUES LEAL

ORIENTADOR: Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

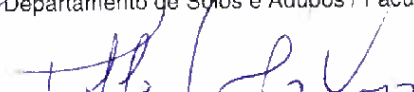
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. JAIRO OSVALDO CAZETTA


Departamento de Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS

Unidade Diferenciada de Registro / Registro/SP


Prof. Dr. ROBERTO BOTELHO FERRAZ BRANCO

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Ribeirão Preto/SP

Data da realização: 31 de julho de 2013.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Francisco Reinaldo Rodrigues Leal – nascido em Teresina – PI, aos 25 dias de dezembro de 1973, filho de Reinaldo Firmino Leal e Maria da Salette Rodrigues Leal. Em março de 1996 ingressou na Universidade Federal do Paraíba no curso de Engenharia Agrônômica. Em 2001 graduou – se em Engenharia Agrônômica. Iniciou em 2002 o Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará, orientado pelo Prof. Dr. Ismail Soares e co-orientado pelo Pesquisador da Embrapa CNPAT Dr. Fred Bezerra de Carvalho, defendendo a dissertação em 2004. Em 2005 aprovação em concurso público para professor Assistente I da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, assumindo no ano de 2006. Assumiu a coordenação do Curso de Agronomia no mesmo ano (2006). No ano de 2008 assumiu a coordenação do curso de especialização em Produção Vegetal na UESPI – Campus de Picos. Em 2010 ingressou no Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), pela Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho. Em fevereiro de 2013 assumiu a Direção da UESPI – Campus de Picos.

*"Não importa tanto o tema da tese quanto a
experiência de trabalho que ela comporta."*

(Umberto Eco)

Ao meu filho João Gabriel,
por existir e me fazer sentir a renovação do sentido da minha vida;
Aos meus pais Salete Leal e Reinaldo Leal,
por me apoiarem e me incentivarem em momentos difíceis neste percurso;
À minha namorada Gynna Azar,
que só me deu sorte, apoio, incentivo e exemplo de companheirismo;
A meu irmão Ronaldo Leal, minhas irmãs Rejane e Rosana Leal,
e a minha sobrinha Laís Leal, pelo amor e carinho para com minha pessoa.

Dedico

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A Deus, por não me deixar sair do caminho e dar forças para alcançar vitórias;

À Universidade Estadual Paulista - Campus de Jaboticabal por intermédio do Departamento de Produção Vegetal, pela oportunidade de aperfeiçoar meus conhecimentos e pela acolhida;

À Universidade Federal do Piauí, por ter concedido a oportunidade de cursar o Doutorado em Agronomia através do programa DINTER UNESP/UFPI;

Ao meu orientador Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, pelo exemplo de orientação, profissionalismo, competência e paciência dedicadas à minha pessoa, na ajuda da realização de todas as etapas no decorrer da confecção deste trabalho;

Aos Professores Dr. Jairo Cazetta da UNESP – Câmpus de Jaboticabal e Dr. Luiz Evaldo de Moura Pádua da UFPI, por possibilitarem e conduzir o programa do DINTER UNESP/UFPI com competência e presteza, viabilizando o aperfeiçoamento de conhecimentos;

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa pela disponibilidade sempre que requisitado e sugestões nas análises estatísticas deste trabalho;

Aos demais professores do DINTER UNESP/UFPI, Dr. Renato de Melo Prado, Dr. Edson Coutinho, Dr. Fornasieri Filho, pela disposição em viajar a terras distantes para compartilhar conhecimentos;

A UESPI, na pessoa do Magnífico Reitor, Prof. Carlos Alberto e também do Pró-Reitor Administrativo Prof. Benedito, por sempre atender às solicitações de afastamento para conclusão das etapas deste percurso;

À tia Sônia e Augusto, por terem me acolhido de forma tão carinhosa e afetiva na minha chegada em terras distantes, proporcionando um laço de confiança e amizade;

Ao Matheus, por ter me dado apoio na minha chegada e ter sido peça fundamental no desenrolar inicial na montagem do meu experimento;

Aos colegas do Departamento de Produção Vegetal, Anderson, Lucas, Juan, Rodrigo, Renata, no compartilhamento dos momentos do setor de Olericultura e conversas informais descontraídas;

Aos meninos da horta, Inauro, Cláudio e Reinaldo (Tilápia), agradeço pelo apoio e presteza na condução do experimento;

Às meninas Juçara e Ana Zélia, pela amizade e convívio, por ouvi-las e ser ouvido durante o tempo que convivemos;

Aos meus amigos de Teresina, que só aqui os conheci, Ronny e Thiago, por momentos descontraídos e engraçados que só nós teresinenses pra entender;

De forma especial aos Amazonenses Renato e Ivanildo, pela acolhida na penúltima etapa desta empreitada;

Às amizades interestaduais e internacionais conquistadas (Lena, Fabricia, Fan-fan, Mano, Raquel, Marcelo, Renata, Dora, Ermenegildo, Jordana, Iolanda, Suelen, Paulo, Jabá) durante o tempo vivido em Jaboticabal;

Aos Companheiros do DINTER/PI Carlota Rosal, Conceição Matias, Carlos Gandara, Cristiane Lopes, Jaqueline Zanon, Laurielson Alencar, Luís Galvão, Raimundo Benvindo, pela gratificante convivência no decorrer do curso e por compartilharem os momentos difíceis de ansiedade e de alegria vivenciados em Jaboticabal;

A todos aqueles que torceram por mim, que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse treinamento.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	11
3.2 Tratamentos, delineamento e unidade experimental.....	11
3.3 Instalação e condução do experimento.....	12
3.4 Características avaliadas.....	13
3.4.1 Fase 1.....	13
3.4.2 Fase 2.....	14
3.5 Análise Estatística.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1 Estádio vegetativo.....	15
4.2 Estádio reprodutivo.....	17
5. CONCLUSÕES.....	27
6. REFERÊNCIAS.....	28

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1.	Médias de teor de nitrogênio foliar (N), diâmetro de caule (DC), comprimento de internódios (CI) e altura do primeiro cacho (APC) do tomateiro 'Débora Max', em função das concentrações de N na solução nutritiva	15
Tabela 2.	Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características produção de frutos do cacho 1 (PC1), 2 (PC2) e 3 (PC3), em função das concentrações de nitrogênio (N) e de potássio (K) no estágio reprodutivo do tomateiro 'Débora Max'.....	18
Tabela 3.	Análise da superfície de resposta para a produtividade de tomate "Débora Max" em função das concentrações de N e K na solução nutritiva	21
Tabela 4.	Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias da característica massa de fruto dos cachos 1 (MFC1), 2 (MFC2) e 3 (MFC3) em função das concentrações de nitrogênio (N) e de potássio (K) no estágio reprodutivo do tomateiro 'Débora Max'.....	23
Tabela 5.	Tabela 4. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias da característica sólidos solúveis totais dos cachos 1 (SSC1), 2 (SSC2), 3 (SSC3) em função das concentrações de nitrogênio (N) e de potássio (K) no estágio reprodutivo do tomateiro 'Débora Max'	25

LISTA DE FIGURAS

Página

- Figura 1.** Produção de frutos de tomate do cacho 1 (PC1) e do cacho 2 (PC2) em função das concentrações de nitrogênio (N) na solução nutritiva..... **18**
- Figura 2.** Produção de frutos de tomate do cacho 2 (PC2) em função das concentrações de potássio (K) na solução nutritiva..... **19**
- Figura 3.** Isolinhas da superfície de resposta para produtividade (g planta^{-1}) de frutos de tomateiro 'Débora Max' em função das concentrações de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução nutritiva..... **21**
- Figura 4.** Massa de frutos de tomate do cacho 1 (MFC1) em função das concentrações de nitrogênio (N) na solução nutritiva..... **23**

CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A PRODUÇÃO DO TOMATEIRO

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi avaliar concentrações de N e K nos estádios fenológicos do tomateiro, em hidroponia, na produtividade e qualidade do fruto. O experimento foi realizado na UNESP, de janeiro a abril de 2011. O experimento foi dividido em duas fases. Na primeira, estágio vegetativo, avaliaram-se concentrações de N (137; 192,5; 247,5 e 302,5 mg L⁻¹), mantendo-se constante K com 275 mg L⁻¹. Na segunda fase, estágio reprodutivo, os tratamentos corresponderam às concentrações de K (137,5; 206,25 e 275 mg L⁻¹), considerando-se como referência a melhor concentração de N obtida no estágio vegetativo. Ao final do estágio vegetativo, foram avaliados o teor de N foliar, a altura do primeiro racimo, o comprimento de internódios e o diâmetro do caule. A concentração de N na solução nutritiva não influenciou as características no estágio vegetativo, e conseqüentemente considerou-se a menor concentração de N (137,5 mg L⁻¹), que proporcionou a relação de concentração N:K 1:2, como a mais adequada. Na fase reprodutiva, o aumento das concentrações de N na solução nutritiva influenciou negativamente as produções dos cachos 1 e 2. Com relação às concentrações de K na solução nutritiva a maior produção do cacho 2 foi obtida na concentração de 202,5 mg L⁻¹. A máxima produtividade de frutos foi obtida com 177,2 e 188,7 mg L⁻¹ de N e K, respectivamente, o que proporcionou a relação N:K de 1:1,1. O teor de sólidos solúveis dos frutos dos cachos 1, 2 e 3 não foi influenciado por variações nas concentrações de N e de K.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, hidroponia, cultivo sem solo.

CONCENTRATIONS OF NITROGEN AND POTASSIUM NUTRIENT SOLUTION FOR THE PRODUCTION OF TOMATO

ABSTRACT – The objective of this research was to evaluate concentrations of N and K in growth stages of tomato, cultivated in hydroponic, in the yield and fruit quality. The experiment was performed at UNESP from January to April, in the year 2011. The experiment was divided into two stages. In the first stage, vegetative stage, concentrations of N (137; 192.5; 247.5 and 302.5 mg L⁻¹) were evaluated, keeping constant the concentration of K in 275 mg L⁻¹. In the second stage, reproductive stage, the treatments corresponded to concentrations of K (137.5, 206.25 and 275 mg L⁻¹) considering as reference the best concentration of N obtained in the vegetative stage. At the end of the vegetative stage, the content of N in leaves, the height of the first raceme, the length of internodes and the stem diameter were evaluated. The concentration of N in nutrition solution did not influence the features in the vegetative stage, and consequently, it was considered the lowest concentration of N (137.5 mg L⁻¹), which provided the concentration relation N:K 1:2, as the most appropriate. In the reproductive phase, the increasing concentrations of N in nutrition solution negatively influenced the production of clusters 1 and 2. Regarding the concentrations of K in nutrition solution, the higher production of the cluster 2 was obtained with the concentration 202.5 mg L⁻¹. The utmost fruit yield was obtained with 177.2:188.7 mg L⁻¹ N and K, respectively, which yielded a ratio N:K of 1:1,1. The soluble solids content of the fruits of clusters 1, 2 and 3, was not influenced by variations in the concentrations of N and K.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, hydroponic system, soilless cultivation.

1 – INTRODUÇÃO

Os nutrientes requeridos em maiores quantidades pelo tomateiro são o potássio e o nitrogênio (FURLANI et al., 1999; FAYAD et al., 2002). Ambos têm grande importância no desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos. Conseqüentemente, o conhecimento adequado das exigências nutricionais destes dois elementos pelo tomateiro, nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta, se faz necessário para maximizar quantidade e qualidade dos frutos.

Existe uma forte inter-relação entre o nitrogênio e o potássio numa grande variedade de espécies no que diz respeito às respostas no fornecimento.

Aplicações de K sem adequada quantidade de N pode promover diminuição de N em plantas em início de desenvolvimento (WAGNER JUNIOR et al., 2006).

Outros problemas também podem ocorrer com relação ao desbalanceamento entre o N e K, dentre estes podemos citar o amadurecimento precoce, pois o baixo fornecimento de K promove o acúmulo de nitrogênio amoniacal (SILVA et al., 2003).

As formas com que o N (NO_3^- e NH_4^+) é absorvido e/ou utilizado são influenciadas pelo K, sendo que um dos aspectos positivos dessa relação de concentração entre N e K é o fato de que maiores quantidades de N-NH_4^+ podem ser absorvidas sem promover toxicidade quando ocorre aumento de K nos tecidos das plantas (JONES JUNIOR; WOLF, B.; MILLS, H. A., 1991).

Internacionalmente existem vários estudos onde se evidenciam o efeito individual do N e do K no cultivo do tomate em casa de vegetação, tentando definir relações ótimas para estes nutrientes (ACOSTA et al., 2011). No entanto, o estabelecimento de concentrações adequadas de N e K nas fases fenológicas do tomateiro pouco tem sido estudado, principalmente no que diz respeito a produção e qualidade do tomate.

Estabelecer relações N:K adequadas nas fases de cultivo do tomateiro é um dos problemas que afetam o seu comportamento produtivo. A relação N:K determina o equilíbrio entre os processos vegetativo e reprodutivo, pois de acordo com Acosta et al. (2011), o potássio atua em processos que ajudam a regular o crescimento quando a disponibilidade de nitrogênio é elevada. Nesse sentido, o manejo das concentrações destes nutrientes na solução nutritiva fornecida ao tomateiro se torna

necessário, pois o mesmo apresenta exigência nutricional distinta com relação ao seu desenvolvimento.

Há de se considerar que as de concentrações de N e K, na solução nutritiva, para a produção de tomateiro em hidroponia NFT ainda não está definida. A formulação utilizada em um lugar pode não ser viável para outra região, pois atuam na definição da melhor concentração fatores como cultivar, clima e sistema de condução da planta, por exemplo.

Diante do exposto o objetivo do trabalho foi avaliar concentrações de N e K, na solução nutritiva, para os estádios vegetativo e reprodutivo do tomateiro, produtividade e sólidos solúveis do fruto.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

Por ser uma técnica comercial que vem se destacando ano a ano com a inclusão de novos equipamentos e tecnologias que promovem a otimização e eficiência no uso de insumos com redução nos custos de produção (ANDRIOLO; FALCÃO, 2000; COMETTI, 2003; ROZANE et al., 2007), maior controle de ambiente (água, nutrientes, pH, CE), maior controle fitossanitário, além do aumento da produtividade e melhoria da qualidade do produto final, quando comparado com o cultivo em solo, a produção hidropônica no Brasil vem apresentando aumento no número de produtores que utilizam essa tecnologia não tão recente no país.

A área de cultivo de plantas em hidroponia, no Brasil, ainda é relativamente pequena. No entanto, perspectivas positivas de crescimento de área cultivada nesse tipo de sistema são visualizadas, principalmente no que diz respeito à cultura do tomateiro, pois incrementos consideráveis (20% a 25%) na produtividade no sistema hidropônico têm sido obtidos, comparativamente ao sistema tradicional (cultivo em solo) (MARTINEZ; BRACCINI; BRACCINI, 1997), além de melhoria na qualidade dos produtos colhidos (FURLANI et al., 2008).

Por se destacar como uma das hortaliças mais importantes do mundo, além de ser cultivada em boa parte dos estados brasileiros e apresentar importância social (DUARTE et al., 2007) e econômica (FERREIRA et al., 2003), o cultivo do tomateiro em hidroponia vem se expandindo e destacando-se como meio produtivo.

A maior praticidade e eficiência no manejo nutricional da cultura, somando-se a baixa produtividade média e cultivo prolongado (tradicional), além da crescente demanda de mercado dos grandes centros urbanos (MARTINEZ; BRACCINI; BRACCINI, 1997; MARTINS et al. 1999), tem justificado as pesquisas, em todos os aspectos, com relação ao sistema de cultivo de tomate hidropônico. No entanto, características como ciclo longo, alta exigência por nutrientes e o crescimento vegetativo durante o estágio reprodutivo desta cultura, tornam-se complicadores para êxito em seu manejo.

O uso da hidroponia como técnica comercial está atrelado principalmente ao atendimento das necessidades nutricionais da planta em respeito ao estágio de desenvolvimento, sendo uma das formas atenuantes para os complicadores deste

sistema de cultivo, formulações de soluções nutritivas balanceadas nos diversos estádios de desenvolvimento da planta (MARTINEZ; BRACCINI; BRACCINI, 1997). Fayad et al. (2002), avaliando a absorção de nutrientes pelo tomateiro, observaram que a absorção máxima diária de nutrientes, de modo geral, aconteceu durante o período inicial de frutificação, pois ocorre aí uma força mobilizadora de nutrientes e assimilados devido a elevação da atividade metabólica, aliada a atividade hormonal, divisão e crescimento celular (TAIZ e ZEIGER, 2004)

O tomateiro é uma hortaliça que apresenta necessidades nutricionais que variam durante o seu ciclo, dependendo do seu estágio, do ciclo de cultivo (curto, médio ou longo), dentre outros fatores (SILVA; GIORDANO, 2000). À medida que ocorre o crescimento/desenvolvimento do tomateiro, os teores de nutrientes na planta vão variando (FAYAD et al., 2002), sendo as fases de pegamento e crescimento dos frutos, os estádios em que ocorrem os valores máximos de absorção (SILVA; GIORDANO, 2000). Contudo, as marchas de acúmulo de nutrientes têm demonstrado que o K é demandado em maior quantidade, seguidas de N e Ca (FAYAD et al., 2002; CARDOSO, 2007; FERNANDES et al., 2007).

O nitrogênio apresenta-se como o segundo nutriente mais requisitado pela cultura do tomateiro. A sua deficiência pode causar alguns sintomas visíveis de distúrbios fisiológicos, dentre estes o acúmulo de antocianina, causando o arroxamento de caules, pecíolos e folhas mais velhas, além do sintoma clássico de clorose e senescência nas mesmas folhas, em casos de severa deficiência (MARENCO; LOPES, 2005). Frutos coloridos e plantas com crescimento aquém do adequado com aparência não vistosa, também são relatados como sintomas de deficiência de N em plantas de tomate (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Característica de crescimento do tomateiro (diâmetro de caule e altura de planta) foram influenciadas positivamente por doses de N (RONCHI et al., 2001), demonstrando que este nutriente, adequadamente fornecido, interfere de forma positiva no desenvolvimento vegetativo da planta.

Quando em excesso, o N pode causar exagerado crescimento vegetativo e trazer prejuízos à fase reprodutiva, podendo também causar desequilíbrio da relação parte área/raiz, com prejuízo para o crescimento do sistema radicular (PRADO, 2008). A constatação de prejuízos na produtividade com o excesso no fornecimento

de N é vista em várias culturas de fruto. Reduções na produtividade comercial e da massa do fruto do melão foram observadas por Purqueiro e Cecílio Filho (2005), quando os mesmos aumentaram o fornecimento de N na solução nutritiva

A resposta do tomateiro ao N depende de muitos fatores, no entanto, o aumento no fornecimento balanceado de N no cultivo do tomateiro pode aumentar a altura de plantas, o número e a massa de frutos, e a produtividade da cultura (GUIMARÃES, 1998; FERREIRA et. al., 2003). Apesar de muitas pesquisas, ainda existe pouco consenso na concentração ótima de N na hidroponia para promover a maximização da produtividade com uso mínimo do nutriente (FULTON, 2011), bem como sobre a relação entre a dose adequada de N e o correspondente valor de determinadas características de crescimento do tomateiro (RONCHI et al., 2001).

Teores adequados de N foliar para o tomateiro situam-se entre 40 a 60 g kg⁻¹ na matéria seca (TRANI; RAIJ, 1997). Para Silva e Uchida (2000), o teor de N foliar do tomateiro deve estar entre 35 e 50 g kg⁻¹. Fernandes; Martinez e Fontes (2002), avaliando características quantitativas e qualitativas em tomateiro hidropônico, conduzido com um cacho, obtiveram teor de N foliar de 32 g kg⁻¹. Furlani et al. (1999) relataram que para a cultura do tomateiro em hidroponia, NFT, a relação entre os teores foliares de N e K é de 1,25:1.

Além de ser o nutriente mais absorvido em quantidade tanto em cultivo de solo quanto em hidroponia (FAYAD et al., 2002), o K apresenta-se como o nutriente mais acumulado pelo tomateiro (CARDOSO, 2007; FERNANDES et al., 2007), e tem ações biofísicas e bioquímicas, dentre eles o alongamento celular, translocação de fotoassimilados, reações enzimáticas relacionadas a fotossíntese e respiração (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989; COSTA; CANIZARES; GOTO, 2001; FURLANI, 2004), com grande efeito na fotossíntese e metabolismo de compostos nitrogenados (MARSCHNER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004). A demanda deste elemento por plantas em cultivos protegidos é elevada, principalmente pelo fato no que diz respeito à produção e qualidade dos frutos.

Pesquisas têm mostrado que a disponibilidade do K pode afetar tanto a produtividade quanto a qualidade dos frutos do tomateiro (HARTZ et al., 2001). Adequada nutrição potássica também proporciona incremento na massa de raízes, aumento da resistência à temperatura baixa, às pragas e doenças (MEURER, 2006;

KRAUS, 2008), além de efeitos na qualidade do produto, como amadurecimento uniforme, firmeza, coloração vermelha externa, maior tempo de prateleira de frutos (FREIRE; MONNERAT; MARTINS FILHO, 1980; HO; ADAMS, 1995; MORETTI et al., 2002; GENÚNCIO, 2010) e incremento no teor de sólidos solúveis (MEURER, 2006). Outro fator positivo e de grande consideração na produção comercial do tomate é que o fornecimento de K em proporções adequadas propicia aumentos na produção de frutos (FONTES; SAMPAIO; FINGER, 2000), podendo chegar a 30% (ALVARENGA, 2004)

Entre as partes da planta, o potássio acumula-se em maior quantidade nos frutos (HO; ADAMS, 1995; FONTES; SAMPAIO; MONTOVANI, 2000), cerca de 70% do total (BALLIU; IBRO, 2002). Além disso, há relatos de que este nutriente atenua os efeitos indesejáveis promovidos pelo excesso de N na planta (FREIRE; MONNERAT; MARTINS FILHO, 1980).

No caso de deficiência do K, via de regra, ocorre redução na dominância apical, no tamanho dos internódios, no crescimento da planta, bem como atrasa a frutificação e diminui o tamanho dos frutos, devido limitação na atividade do dreno (KANAI et al., 2007). Além disso, sua insuficiência causa necrose na borda das folhas, iniciando-se nas mais velhas, geralmente, com acompanhamento de murcha precoce (KRAUS, 2008).

Na cultura do tomateiro, a deficiência de K causa redução no conteúdo da polpa, amadurecimento desuniforme e aparência manchada nos frutos (BALLIU e IBRO, 2002), diminuição dos teores de ácidos orgânicos e vitamina C, e inibe a biossíntese de açúcares, o que reduz a porcentagem de sólidos solúveis (ALVARENGA, 2004).

Por outro lado, seu excesso pode comprometer o bom funcionamento dos processos fisiológicos da planta, por desequilibrar a relação K:Ca e K:Mg. Como consequência, pode haver reflexo negativo na formação da lamela média da parede celular, por reduzir a absorção de Ca, e baixa formação de clorofila, por deficiência de Mg (MALAVOLTA, 2006).

Pesquisas têm demonstrado que a produção e a qualidade de tomates, em hidroponia, dependem diretamente da adequação da solução nutritiva empregada à fase de desenvolvimento da cultura (ADAMS, 1994; KOOP et al., 2001), sendo que

um dos pontos desta adequação é o estudo da relação existente entre os nutrientes nas diferentes fases de crescimento do tomateiro. Neste intuito, estudos vêm sendo realizados para obtenção de relações N:K equilibradas com objetivo de acréscimo em produção e qualidade de frutos de tomate (ALVARENGA, 2004).

Um dos aspectos relevantes dessa relação é que esta determina o equilíbrio entre os processos vegetativos e produtivos, pois o K atua como um moderador do possível efeito negativo que a alta disponibilidade de N pode causar à planta (ACOSTA et al., 2011).

Várias formulações com tentativas de adequação de solução nutritiva para o tomateiro têm sido testadas, pois não existe uma solução nutritiva universal para a cultura em razão de vários fatores, dentre eles as condições ambientais, que são influenciadores das concentrações de nutrientes (NUEZ, 2001).

Segundo Cometti (2003), as concentrações dos nutrientes na solução nutritiva tendem a ser menores à medida que a temperatura e a luminosidade do ambiente de cultivo aumentam. Também, a necessidade da planta, em macronutrientes, varia conforme o seu estágio de desenvolvimento. Testando a absorção de nutrientes pelo tomateiro, tanto em campo quanto em ambiente protegido, Fayad et al. (2002) verificaram que até 42 dias após o transplante, a quantidade requerida de N, 5,7% do total ao final do ciclo, foi semelhante à de K, 5,5%. No entanto, observaram que a demanda por K foi maior no período de frutificação.

Para cultivo de tomateiro em solo quanto em hidroponia, na literatura há relatos de diferentes proporções N:K. Acosta et al. (2011) relatam que a relação de concentração N:K de 200:200 mg L⁻¹ (1:1) resulta em solução nutritiva de crescimento, enquanto a razão de concentração N:K de 200:300 mg L⁻¹ (1:1,5) resulta em uma solução para frutificação. Já Fernandes; Martinez e Fontes (2002) e Vivian et al. (2008), ambos trabalhando com tomateiro em sistema hidropônico, utilizaram soluções nutritivas com proporções de concentração N:K de 112:156 mg L⁻¹ (1:1,4) e 168:335,4 mg L⁻¹ (1:2) nos estádios vegetativos e reprodutivos, respectivamente. Por outro lado, há também aqueles que utilizaram uma única proporção N:K durante todo o ciclo, como o caso de Rattin; Andriolo e Witter (2003).

Adams (1994) reporta que a relação N:K deve ser elevada na fase de frutificação, em comparação a fase vegetativa, elevando-se a concentração de

ambos nutrientes, sendo esta mais a favor do K, pois de acordo com Ho e Adams (1995) isso é necessário para que se possa obter boa qualidade e uniformidade na maturação dos frutos de tomate. Prados (2001) afirma que a manutenção da relação N:K entre 1:3 e 1:2, durante o período de frutificação, proporciona melhor qualidade de frutos do tomate.

Essa relação N:K, foi utilizada por Adams (1994) no início do cultivo em 1:1,1 e elevaram para 1:2,6 em razão do surgimento e desenvolvimento dos frutos, com posterior redução para 1:2, quando ocorreu a diminuição da taxa de crescimento das plantas. Isto talvez ocorra pelo fato de que esta redução coincida com o período de maturação dos frutos, ou seja, uma fase em que os frutos necessitam de menor quantidade de K, pois de acordo com Silva e Giordano (2000), a taxa de absorção de nutrientes no tomateiro volta a decrescer durante a maturação dos frutos. Prado et al. (2011), cultivando tomateiro em sistema hidropônico, observaram o decréscimo no teor de K tanto nas folhas quanto no fruto, ao longo do cultivo, tendo-se ao final do ciclo relação N:K de 1:1,4.

Para tomateiro cultivado em sistema NFT, Adams (1994) sugere proporções de concentração N:K de 175:350 mg L⁻¹ e de 200:400 mg L⁻¹ na solução nutritiva, durante os estádios vegetativo e reprodutivo, respectivamente.

A relação N:K, de forma geral, não se caracteriza como competitiva, pois a absorção de um sempre eleva a necessidade do outro (CANTARELLA, 2007). No entanto, a adição de N promove um estímulo ao crescimento vegetal, a qual pode provocar uma deficiência de K por efeito de diluição (GENÚNCIO, 2009). Foi o que observaram Montoya et al. (2002), que avaliando as proporções N:K de 140:117; 140:234 e 140:351 mg L⁻¹, na solução nutritiva, proporções essas mantidas fixas durante todo o ciclo do tomateiro, verificaram que houve deficiência de K na proporção N:K 140:117 (1,2:1). Entretanto, não constataram diferenças significativas das proporções na produção de frutos por planta (5,63; 5,93 e 5,78 kg) e na massa do fruto (112,0; 103,4 e 102,7 g).

Produtividades de 1,46 e 1,47 kg por planta foram obtidas por Abrahão (2011), quando cultivou minitomates, em substrato, irrigados com soluções nutritivas com proporções de concentração N:K de 180:200 mg L⁻¹ (1:1,1) e 180:300 mg L⁻¹ (1:1,6), respectivamente.

Um dos fatores importantes na adequação das relações N:K no cultivo do tomateiro é que a cultura demanda grandes quantidades destes elementos durante todo o ciclo, com variações na quantidade dependendo do estágio fenológico da planta. De acordo com Castilla (2001), não só as quantidades de N e K são importantes para a obtenção de frutos com qualidade comercial, mas a manutenção da proporção N:K em 1:2, no estágio reprodutivo. Carvalho et al. (2004) preconizam que para a obtenção de frutos de tomate com características químicas adequadas, o cultivo deve apresentar uma relação N:K de 1:1 no momento do transplante, aumentando-se para 1:2 na floração e 1:3 na formação do primeiro cacho.

Feltrin et al. (2005), utilizando solução nutritiva com concentrações N:K de 142,8:426,4 mg L⁻¹, no estágio reprodutivo, obtiveram produtividade de 2.145 g planta⁻¹, proporcionando média de 5,6 °Brix.

Dentre as variáveis relacionadas com o aspecto qualitativo dos frutos de tomateiro está o teor de sólidos solúveis (BLANCO; FOLEGATTI, 2007). Este diz respeito ao sabor, pois nesta fração se encontra os açúcares e ácidos. O teor de sólidos solúveis pode sofrer variações por influência do comportamento fisiológico da cultivar, estágio de maturação do fruto, da estação do ano e doenças do tomateiro (FILGUEIRA, 2008). Mencarelli e Salveit Junior, (1988) preconizam que frutos de alta qualidade devem apresentar sólidos solúveis totais acima de 3,0 °Brix. Porém, comumente são encontradas médias entre 4,0 e 6,0 °Brix (GEORGE et al., 2004; RAUPP et al., 2009).

No Brasil, os frutos de tomate para serem considerados de boa qualidade devem apresentar teor de sólidos solúveis superior a 4,0 °Brix (SILVA; GIORDANO, 2000; ALVARENGA, 2004), o que pode ser obtido com a relação N:K adequadamente balanceada, principalmente na fase de frutificação.

Existem relatos de que o aumento das doses de K, de forma adequada, promove o aumento do teor de sólidos solúveis dos frutos de tomate (HO; ADAMS, 1995; FONTES; SAMPAIO; FINGER, 2000). Porém, Maia (2012), trabalhando com concentrações crescentes de K na relação N:K (168:234; 168:312; 168:390 e 168:468 mg L⁻¹) no cultivo hidropônico do tomateiro cereja, não observaram efeito significativo no teor de sólidos solúveis dos frutos.

Por ser de grande importância na biossíntese de produtos, a deficiência de K no fruto influencia na biossíntese de açúcares e sólidos solúveis totais (SOBULO; OLORUNDA, 1977). O nitrogênio, dentre outros fatores, também influencia nos teores de sólidos solúveis do tomate (GENÚNCIO, 2009), sendo que seu fornecimento de forma não equilibrada promove reduções nos teores de sólidos solúveis dos frutos.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido durante o período de 7 de janeiro a 10 de abril de 2011, em casa de vegetação, no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, do Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da UNESP, localizada na cidade de Jaboticabal, SP, que está situada a 21°15'22" Sul, 48°18'58" Oeste e altitude de 575 metros.

Durante o período de execução do experimento, um termo-hidrômetro colocado dentro de abrigo meteorológico situado a 1,5 m de altura, no centro da casa de vegetação, registrou médias de temperatura máxima de 29,5°C e mínima de 19,5°C. A umidade relativa variou entre 50 e 93%.

O experimento foi conduzido em hidroponia, sistema "nutrient film technique" (NFT), com recirculação da solução nutritiva, em casa de vegetação do tipo arco, com pé direito de 2,80 m, largura de 7,5 m, comprimento de 40 m, com fechamento lateral e frontal com tela de polipropileno, negra, de 30% de sombreamento, e coberta com filme de polietileno de baixa densidade, aditivado contra raios ultravioletas, de 150µm de espessura.

3.2 Tratamentos, delineamento e unidade experimental

O experimento foi dividido em duas fases. Na primeira, compreendida entre o transplante das mudas para os canais de cultivo até o início do florescimento, variou-se a concentração de N, mantendo-se constante a concentração de K. Foram avaliados quatro tratamentos, correspondentes às concentrações de N, 137,5; 192,5; 247,5; 302,5 mg L⁻¹, que equivaleram às proporções N:K de 1:2; 1:1,4; 1:1,1 e 1:0,91, respectivamente. As condutividades elétricas (CE) das soluções referentes a esses tratamentos foram: 1,9; 2,2; 2,4 e 2,7 dS m⁻¹, respectivamente. Os tratamentos foram baseados na concentração de N da solução nutritiva de Muckle (1993) para tomate em NFT, cujas concentrações de nutrientes, em mg L⁻¹ são: 192 (N), 46 (P), 275 (K), 144 (Ca), 32 (Mg), 42 (S), 3,0 (B), 4,2 (Fe), 1,9 (Mn), 0,46 (Zn), 0,40 (Cu) e 0,09 (Mo).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e nove repetições. Cada unidade experimental foi composta por três canais de cultivo de PVC, contendo cada um quatro plantas de tomate.

A segunda fase do experimento iniciou-se em 21-2-2011, com a aplicação dos novos tratamentos (soluções nutritivas com variação da concentração do K).

O delineamento na segunda fase foi em blocos casualizados, sendo que os tratamentos corresponderam ao fatorial 4 x 3, referente às quatro concentrações de N (137,5; 192,5; 247,5; 302,5 mg L⁻¹) e três concentrações de K (137,5; 206,25 e 275 mg L⁻¹), que foram estabelecidas fixando-se a melhor concentração de N obtida da primeira fase. As CE das soluções referentes à esses tratamentos foram: 1,75; 1,9 e 2,3 dS m⁻¹, respectivamente.

3.3 Instalação e condução do experimento

Foi utilizado o híbrido 'Débora Max' (SAKATA), híbrido F₁, longa vida, com frutos de peso médio de 160g a 180g.

A semeadura foi realizada no dia 4-1-2011, em espuma fenólica contendo 180 células de 2,5 x 2,5 x 3,8 cm. Após dez dias da semeadura, já apresentando as folhas cotiledonares expandidas, as plântulas foram transferidas para o berçário, onde permaneceram por mais 14 dias em canais de polipropileno com 5 cm de largura, nos quais circulava solução nutritiva completa de Muckle (1993).

No dia 29-1-2011, as mudas foram transferidas para o local definitivo, quando as mesmas já apresentavam cinco folhas além das cotiledonares. O espaçamento entre plantas nos canais de cultivo foi de 1,1 m entre linhas e 0,5 m entre plantas no canal.

Esses canais de cultivo, correspondentes a tubos de PVC, de 8 polegadas de diâmetro, serrados longitudinalmente em seu comprimento de 2 m, foram tampados com papel Tetra Pak[®] e dispostos com declividade de 5% para permitir o retorno da solução nutritiva não aproveitada pelas plantas para os reservatórios de 100 L, sendo um reservatório por canal.

O bombeamento das soluções nutritivas (tratamentos), na cabeceira dos canais, foi realizado uniformemente por bombas submersas (uma por reservatório) marca Chosen[®], modelo Power Head CX-300, com vazão de 1000 L h⁻¹, via

mangueira de 5/8 de diâmetro por 2,30 m de comprimento. O acionamento das bombas era controlado por um temporizador, com circulação da solução nutritiva de 7h às 18 h, sem interrupção, e às 23h por 15 minutos.

Para o preparo das soluções nutritivas da primeira e segunda fase do experimento foram utilizados as fontes: nitratos de amônio, de cálcio e de potássio, sulfatos de potássio, de amônio, de magnésio, de cobre, de manganês e de zinco, cloretos de cálcio e de potássio, acetatos de potássio e de magnésio, monofosfato de potássio, monoamônio fosfato, ácidos fosfórico, nítrico e bórico, molibdato de amônio e Fe-EDDHMA.

Diariamente fez-se reposição de água para completar o volume inicial do reservatório (100 L). O pH da solução foi mantido no intervalo de 5,5 a 6,5, utilizando-se de ácido sulfúrico a 6 N e hidróxido de sódio a 8 N. A CE inicial do tratamento era restabelecida quando se constatava redução de 20% da CE inicial, utilizando-se de solução nutritiva estoque de mesma concentração de nutrientes da solução inicial do correspondente tratamento. A cada 15 dias as soluções nutritivas foram renovadas.

As plantas foram conduzidas com duas hastes, tutoradas por fitilhos plásticos até 1,6 m de altura. Foram realizadas desbrota de ramos axilares e controle de pragas e doenças.

Como forma preventiva ao aparecimento do fundo preto, foram feitas aplicações de nitrato de cálcio, $2,5 \text{ g L}^{-1}$, uma vez por semana, diretamente nos cachos florais, no estágio de floração, e duas aplicações semanais, diretamente nos frutos, durante o estágio de frutificação.

3.3 Características avaliadas

3.3.1 Fase 1:

Em 19-2-2011, nove dias após o início do florescimento, foram avaliados em todas as plantas da unidade experimental: a) altura do primeiro cacho floral (APC): mediu-se a altura da base da planta até a inserção do primeiro cacho no caule com uma régua graduada; b) Comprimento de internódios (CI): mediu-se o comprimento dos internódios de cada planta utilizando régua graduada; c) Diâmetro do caule (DC): verificou-se o diâmetro de caule a 3 cm da base da planta, utilizando-se um

paquímetro digital. Também foi avaliado o teor de nitrogênio foliar nas plantas, conforme proposta por Malavolta; Vitti e Oliveira (1997)

3.3.2 Fase 2:

Do dia 29-3 ao dia 28-4-2011 foram realizadas as colheitas dos frutos do primeiro, segundo e terceiro cachos, tendo sido avaliados: a) Produção (em gramas) por cacho (PC1, PC2 e PC3); b) Massa média do fruto em cada cacho (MFC1, MFC2 e MFC3); c) Sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix): De cada cacho, foi feita a leitura em refratômetro analógico, marca ATAGO, modelo N1, em suco obtido de dois frutos do cacho (SSC1, SSC2 e SSC3); d) Produtividade (g planta^{-1}).

3.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa AgroEstat - Versão 1.1.0.626 (BARBOSA; MALDONADO JUNIOR., 2011).

O estudo da regressão polinomial foi realizado para as concentrações de N no estágio vegetativo e para a interação dos fatores, concentrações de N e de K, no estágio reprodutivo.

Para a produtividade, foi realizado o estudo de superfície de resposta polinomial quadrática e quando significativo (teste F, $P < 0,05$) este modelo foi utilizado para o estudo da interação dos fatores concentrações de N e K.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estádio vegetativo

Na primeira fase, ou estágio vegetativo, pode-se constatar que não houve influência significativa das concentrações de N sobre as características do teor de N e de crescimento das plantas (Tabela 1).

As médias do teor de N foliar obtidas nas quatro concentrações N avaliadas, que proporcionaram relações N:K entre 1:2 a 1:0,91, apresentaram-se inferiores aos teores de 40 a 60 g kg⁻¹, preconizados por Trani e Rajj (1997) como adequadas para o tomateiro. Apesar dessa constatação, as plantas de tomate não apresentaram sintomas de carência de N. Os teores observados no presente estudo também foram inferiores ao teor médio encontrado por Fernandes; Martinez e Fontes (2002), que em tomateiro cultivado em hidroponia, com concentração de 112 mg L⁻¹ e 168 mg L⁻¹ de N nas fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente, proporcionaram relações N:K na solução nutritiva de 1:1,4, no estágio vegetativo, e de 1:1,8, no estágio de frutificação, verificaram 32 g kg⁻¹ de N na matéria seca da primeira folha acima do primeiro cacho, na época do florescimento.

Tabela 1. Médias de teor de nitrogênio foliar (N), diâmetro de caule (DC), comprimento de internódios (CI) e altura do primeiro cacho (APC) do tomateiro 'Débora Max', em função das concentrações de N na solução nutritiva.

N (mg L ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	DC (mm)	CI (cm)	APC (cm)
137,5	19,9	11,66	2,73	18,90
192,5	21,6	11,75	2,70	19,10
247,5	23,8	11,80	2,66	18,63
302,5	22,9	12,00	2,63	18,26
Valor de F	2,5ns	1,24ns	0,65ns	1,19ns
CV (%)	5,39	2,64	4,87	4,32

ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A ausência de incremento do teor de N foliar mediante aumento da concentração de N na solução nutritiva diverge do encontrado por Ronchi et al. (2001), pois quando estes aumentaram a concentração de N na solução nutritiva de

0 para 16 mmol L⁻¹ verificaram que o teor de nitrogênio, no início do florescimento, passou de 8,1 a 44,1 g kg⁻¹, na matéria seca da primeira folha acima do primeiro cacho de frutos. Atribui-se tal divergência ao fato de que estes partiram de tratamentos com concentrações de N bem inferiores (0 e 50 mg L⁻¹ de N) aos do presente trabalho (137,5 mg L⁻¹ de N), possibilitando manifestação significativa de diferença.

Em razão da não constatação de efeito significativo das concentrações de N, na solução nutritiva nas características altura do primeiro cacho, diâmetro do caule, comprimento de internódios e teor de N foliar (Tabela 1), pode-se optar pela solução nutritiva com menor concentração de N (137,5 mg L⁻¹ ou 9,8 mmol L⁻¹), por ser mais econômica. As concentrações de N e de K utilizada na solução nutritiva, neste estágio, correspondem à relação N:K de 1:2. Contudo, geralmente neste estágio fenológico, a proporção N:K é mais estreita ou a favor do N.

Essa relação também diverge das relações N:K obtidas por Adams (1994), 1:1,1 a 1:1,3 no período de 11 a 13 semanas após a semeadura, sendo 175 mg L⁻¹ a concentração de N. Fernandes; Martinez e Fontes (2002) e Vivian et al. (2008), cultivando tomateiro em vasos com solução nutritiva, utilizaram 112 mg L⁻¹ de N o que proporcionou relação N:K de 1:1,4 no estágio vegetativo.

O diâmetro médio do caule do tomateiro, medido no início do florescimento, foi de 11,8 mm, semelhante ao valor obtido por Vivian et al. (2008), 10,9 mm, quando estes utilizaram solução com 112 mg L⁻¹ de N e relação N:K de 1:1,4 na fase vegetativa. No entanto, Genúncio (2009), durante o florescimento, observou que tomateiros cultivados em hidroponia, NFT, com 150,3 mg L⁻¹ de N e relação N:K de 1:1,5 na solução nutritiva, apresentaram maior diâmetro médio de caule (13,7 mm) em comparação às plantas cultivadas em solução com relação de 1:2 (10,2 mm), apresentando valor superior à média obtida no presente trabalho. Diferentemente do obtido neste trabalho, Ronchi et al. (2001) verificaram que o DC foi influenciado positivamente com o aumento da concentração de N (0 para 16 mmol L⁻¹) na solução nutritiva. Tal divergência deve-se ao fato desses autores terem utilizado tratamentos com concentrações de N a partir de valores bem reduzidos (0 e 56 mg L⁻¹), diferentemente do presente trabalho que iniciou com concentrações (137,5 mg L⁻¹ N) mais elevadas na solução nutritiva, tendo este mínimo atendido à demanda de

N em relação aos demais tratamentos, conseqüentemente não manifestando diferenças significativas.

O comprimento médio de internódios (CI) foi de 2,68 cm e altura média do primeiro cacho (APC) foi 18,7 cm (Tabela 1).

A ausência de diferenças entre as concentrações de N nas características avaliadas não era esperada, pois o nutriente atua na divisão celular (EPSTEIN; BLOOM, 2006), e o aumento de sua disponibilidade no meio, em geral, promove crescimento vegetal. Porém, tal fato pode ser explicado pelo atendimento à demanda da planta pelo nutriente na menor concentração e devido ao curto período, 24 dias (de 29-1 a 21-2-2011), que as plantas estiveram submetidas aos tratamentos, não tendo as mesmas tempo para expressar diferença no crescimento. De acordo com Haag et al. (1981), o tomateiro tem crescimento lento até o início do florescimento, quando possui cerca de 0,74% da matéria seca total da planta ao final do cultivo, fazendo com que a quantidade de N demandada pela planta, neste período, seja também muito pequena. Soma-se a essas hipóteses, o fato do N na solução nutritiva estar prontamente disponível, principalmente em quantidade fornecida, condição que não é encontrada no solo, dado às influências de fatores climáticos, da cultura, do manejo e do próprio solo que concorrem para proporcionar baixa eficiência, sendo que, para a adubação nitrogenada, esta se encontra entre 50% a 60% (NOVAIS, 2007) do total fornecido.

4.2 Estádio reprodutivo

A produção de frutos do primeiro cacho (PC1) não foi influenciada pelos fatores e interação destes (Tabela 2). Porém, verificou-se ajuste significativo de equação polinomial de primeiro grau para a concentração de N na solução nutritiva (Figura 1).

Maior produção de frutos no cacho 1 (PC1), 312,38 g, ocorreu na concentração de 137,5 mg L⁻¹ de N, diminuindo linearmente seus valores com o aumento da concentração de N na solução nutritiva (Figura 1), a qual correspondeu a 15,1% menos do que a máxima obtida. Portanto, a produção máxima foi obtida com a menor concentração de N na solução nutritiva.

Tabela 2. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características produção de frutos dos cachos 1 (PC1), 2 (PC2) e 3 (PC3), em função das concentrações de nitrogênio (N) e de potássio (K) no estágio reprodutivo do tomateiro 'Débora Max'.

Fonte de variação	PC1 (g)	PC2 (g)	PC3 (g)
N (mg L ⁻¹)	1,16 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,34 ^{ns}
137,5	312,38	495,28	339,50
192,5	310,51	400,87	306,0
247,5	277,60	374,95	306,40
302,5	265,19	395,30	338,63
K (mg L ⁻¹)	0,71 ^{ns}	4,33*	1,01 ^{ns}
137,5	275,30	389,40	355,11
206,25	291,67	497,42	301,59
275,0	307,28	362,99	311,20
N * K	0,96 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,07 ^{ns}
C.V. (%)	22,6	28,5	30,4

** , * , ^{ns} = significativo a 1% e 5% e não significativo a 5% pelo teste F, respectivamente.

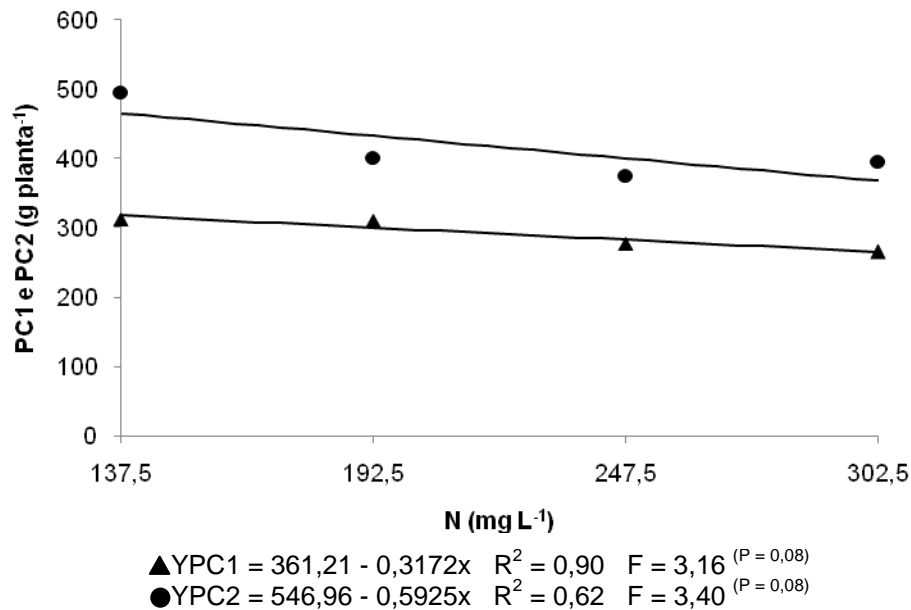


Figura 1. Produção de frutos de tomate do cacho 1 (PC1) e do cacho 2 (PC2) em função das concentrações de nitrogênio (N) na solução nutritiva.

A PC1 foi inferior à obtida por Fernandes; Martinez e Fontes (2002), de 919,7 g, quando estes produziram somente um cacho de tomate por planta, em hidroponia, utilizando solução nutritiva com 168 mg L⁻¹ de N no estágio reprodutivo. Outros dois pontos distintos entre os trabalhos e que podem ter contribuído para a menor produção de frutos no primeiro cacho, em relação ao obtido no trabalho de Fernandes; Martinez e Fontes (2002) são as cultivares e a eliminação do meristema

apical. No caso da condução de plantas com três cachos, além dos frutos haviam também hastes e folhas como drenos de fotoassimilados, diferentemente do trabalho dos autores citados, que podaram a haste acima da terceira folha após o primeiro cacho.

Conforme Peluzio et al. (1999), a relação fonte/dreno pode influenciar na produção da planta. Em sistema de condução semelhante ao adotado por Fernandes; Martinez e Fontes (2002), Fernandes et al. (2007), em hidroponia (NFT), utilizando $174,4 \text{ mg L}^{-1}$ de N, na solução nutritiva, na fase reprodutiva obtiveram $572,5 \text{ g}$ de tomate.

Para produção de frutos do segundo cacho (PC2), apenas as concentrações de K influenciaram, não ocorrendo interação entre os fatores (Tabela 2). Houve ajuste de equação do segundo grau para as concentrações de K (Figura 2).

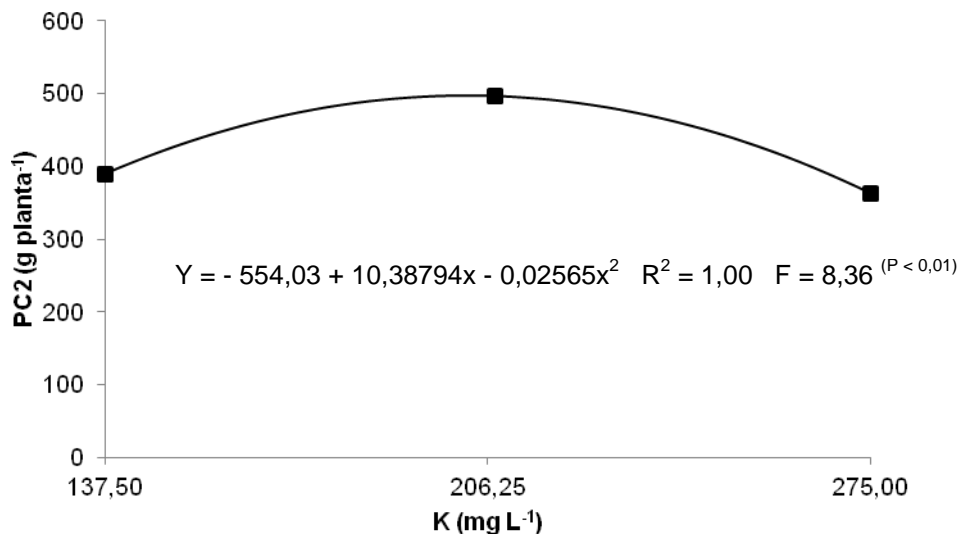


Figura 2. Produção de frutos de tomate do cacho 2 (PC2) em função das concentrações de potássio (K) na solução nutritiva.

A maior PC2 ($495,29 \text{ g}$) foi obtida na menor concentração de N ($137,5 \text{ mg L}^{-1}$), tendo-se redução linear da produção com o incremento de N na solução nutritiva (Figura 1). Maior produção do segundo cacho, 1018 g , foi obtida por Cardoso (2007) quando este produziu tomateiro 'Rebeca' com dois cachos por planta, em hidroponia, utilizando solução com concentração de $335,4 \text{ mg L}^{-1}$ de N na fase reprodutiva. Cabe ressaltar que o referido autor realizou poda apical mantendo apenas três folhas acima do segundo cacho, além de seis frutos por cacho,

minimizando assim drenos de fotoassimilados em comparação ao presente trabalho que foi conduzido com três cachos sem desbaste de frutos e nem de poda apical.

Os resultados observados para PC1 e PC2 divergem de alguns trabalhos que obtiveram aumento de produtividade do tomateiro em função do aumento no fornecimento de N na solução nutritiva (ADAMS; GRAVES e WINSOR, 1978; FERREIRA et al., 2003; GENÚNCIO et al., 2006). Contudo, a divergência dos resultados para concentração de N na solução nutritiva pode ser atribuída à muitos fatores, genéticos e ambientais, com destaque para a relação N e K.

Quanto ao efeito das concentrações de K na PC2, foi observado ajuste quadrático, sendo a maior PC2 (497,70 g) obtida com a concentração de 202,5 mg L⁻¹ de K na solução nutritiva (Figura 2). Essa produção foi superior em 27,8 e 37,1% às PC2 obtidas com 137,5 e 275 mg L⁻¹ de K, respectivamente.

O efeito positivo do potássio na produção de tomate foi reportado por Fontes; Sampaio; Finger (2000), podendo atingir 30% (FREIRE; MONNERAT; MARTINS FILHO, 1980). Por outro lado, alta disponibilidade de K no meio pode trazer desequilíbrio nutricional à planta, seja por competição com outros nutrientes como Ca e Mg (MALAVOLTA, 2006), seja por aumento da salinidade do meio (PAPADOPOULOS, 1998).

Trabalhando com concentrações de nitrogênio e de potássio na produção de tomate fertirrigado, Guler e Gulzel (1999) verificaram que o aumento das concentrações destes elementos resultou em aumento da produtividade, porém, nas concentrações mais elevadas de K (300 a 450 mg L⁻¹) foi observado redução da produtividade, atribuídos ao efeito de salinidade na zona radicular (C.E. 2,5 dS m⁻¹).

Quanto à produção de frutos de tomate do cacho 3 (PC3), nenhum dos fatores avaliados influenciou isoladamente ou em interação a característica (Tabela 2). Também, não foi obtido ajuste significativo de equação polinomial, obtendo-se média de frutos produzidos de 322,6 g.

Houve ajuste significativo da superfície de resposta para a produtividade (Tabela 3).

O aumento nas concentrações de N e K promoveu o incremento de produtividade (Figura 3) até as concentrações de 177,2 e 188,7 mg L⁻¹ de N e K, respectivamente, quando foram obtidos 1170,8 g planta⁻¹ (Figura 3). A concentração

de N que maximizou a PROD é praticamente a mesma proposta por Ho; Hand e Fussell (1999), 180 mg L⁻¹, para tomateiro; e menor do que a de 250 mg L⁻¹ recomendada por Güler e Güzel (1999).

Tabela 3. Análise da superfície de resposta para a produtividade de tomate 'Débora Max' em função das concentrações de N e K na solução nutritiva.

Parâmetros do modelo	Variável	Produtividade g planta ⁻¹
b ₀	Intercepto	120.253950
b ₁	N	0.599197
b ₂	K	10.728257
b ₃	N x N	-0.003972
b ₄	K x N	-0.004104
b ₅	K x K	-0.023622
Teste F para o modelo		3,30**
R ²		0,73
CV (%)		11,56

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; NS não significativo.

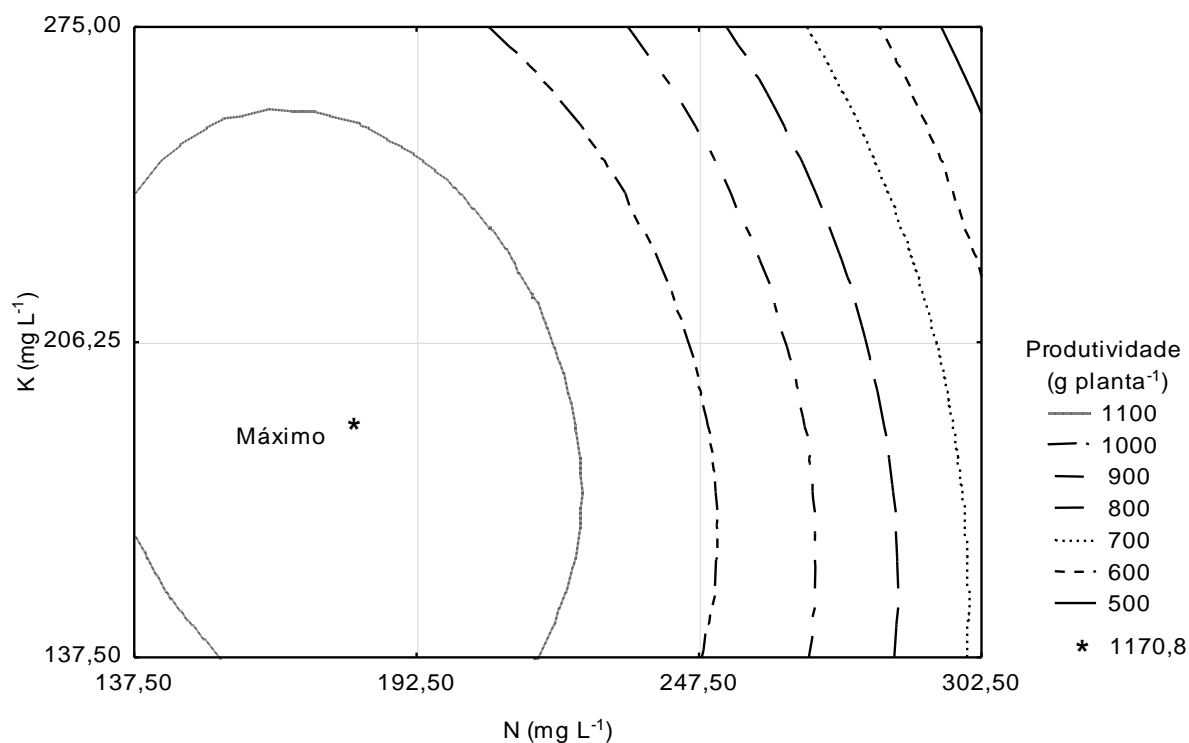


Figura 3. Isolinhas da superfície de resposta para a produtividade (g planta⁻¹) de frutos de tomate em função das concentrações de N e K.

A máxima produtividade foi obtida, portanto, com proporção N:K de 1:1,1, que é estreita, geralmente utilizada para o estágio vegetativo (ADAMS, 1994), já que na fase produtiva a tendência desta relação é que seja mais favorável ao K, devido à sua participação na síntese e translocação de fotoassimilados para os frutos (FURLANI, 2004).

De acordo com as isolinhas da Figura 3, verifica-se que concentrações superiores às de 177,2 mg L⁻¹ de N e 188,7 mg L⁻¹ de K causam perdas de produtividade, sendo o efeito do N mais forte do que o do K. Dentre vários efeitos obtidos com o aumento da concentração de N na solução nutritiva no cultivo de plantas, um deles se apresenta como estímulo do crescimento vegetativo (GENUNCIO, 2009). Este pode comprometer a produção de frutos no tomateiro, reduzindo a produção por cacho em detrimento do crescimento vigoroso da planta promovido pela elevação de N (PAPADOPOULOS, 1998).

Redução linear na produtividade do tomateiro foi relatado por Andriolo et al. (1999) quando aumentaram a concentração de N da solução nutritiva no cultivo de tomateiro em substrato. Produtividade variando de 1.061 a 2.036 g planta⁻¹ foram obtidas por Cardoso (2007), que avaliou adensamentos de planta de tomateiro hidropônico conduzido com um e dois cachos, quando o mesmo utilizou 112 e 168 mg L⁻¹ de N na solução nutritiva, nas fases vegetativa e de frutificação, respectivamente.

De modo geral, no que se refere a não constatação do efeito de interação N:K no presente trabalho, pode-se atribuir ao fato de que foram colhidos e avaliados apenas três cachos, pois em detrimento desse curto período, a demanda nutricional do tomateiro não se torna tão elevada quando comparada a períodos de colheita longos, acima de dez cachos.

Para a massa de fruto do primeiro cacho (MFC1) apenas as concentrações de N influenciaram, não ocorrendo interação entre os fatores N e K (Tabela 4).

Foi obtido ajuste de equação polinomial de segundo grau para médias de MFC1 em função da concentração de N na solução nutritiva. A maior MFC1 (96,5 g) foi obtida com a concentração de 211 mg L⁻¹ de N (Figura 4), sendo esta superior em 23% à menor massa obtida com 302,5 mg L⁻¹ de N.

Em geral, altas quantidades de N disponível no meio podem causar exagerado crescimento de hastes e folhas e trazer prejuízos à produção de frutos (BENTO-JONES JUNIOR, 2005).

Tabela 4. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias da característica massa de fruto dos cachos 1 (MFC1), 2 (MFC2) e 3 (MFC3) em função das concentrações de nitrogênio (N) e de potássio (K) no estágio reprodutivo do tomateiro 'Débora Max'.

Fonte de variação	MFC1 (g)	MFC2 (g)	MFC3 (g)
N (mg L ⁻¹)	2,90*	0,16 ^{ns}	2,57***
137,5	66,98	113,82	93,39
192,5	83,80	114,47	100,69
247,5	71,60	111,04	87,94
302,5	64,52	107,28	89,97
K (mg L ⁻¹)	0,75 ^{ns}	1,55 ^{ns}	1,00 ^{ns}
137,5	76,07	111,13	89,96
206,25	69,00	120,84	93,03
302,5	70,11	103,00	96,01
N * K	0,47 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,88 ^{ns}
C.V. (%)	21,1	22,2	11,2

** , * , *** , ^{ns} = significativo a 1%, 5%, 10% e não significativo a 10% pelo teste F, respectivamente.

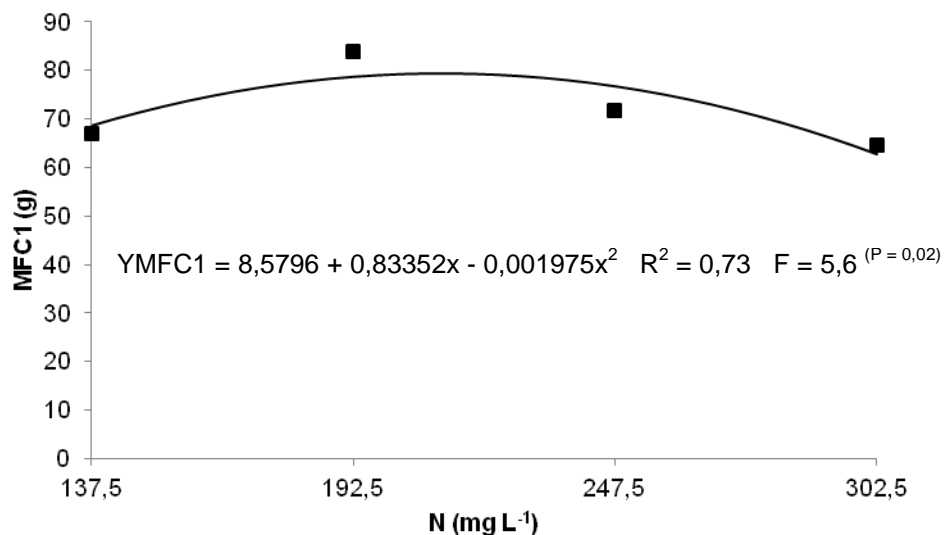


Figura 4. Massa de frutos do cacho 1 (MFC1) em função das concentrações de nitrogênio (N) na solução nutritiva.

Avaliando relações na demanda de K no cultivo de tomateiro salada em hidroponia em substrato, utilizando solução nutritiva com concentração fixa de N (140 mg L^{-1}) e variações na concentração de K (117; 234 e 351 mg L^{-1}), Montoya et al. (2002) obteve maior massa média de fruto (112 g) na concentração de 117 mg L^{-1} de K na solução nutritiva, sendo superior às MFC1 obtidas (85,7 g; 96,5 g; 93,8 g e 80 g) nas concentrações de N do presente trabalho (Figura 4).

Fernandes, Martinez e Fontes (2002), utilizando concentração de 168 mg L^{-1} de N e $335,4 \text{ mg L}^{-1}$ de K, na fase de frutificação, no cultivo do tomateiro com apenas um cacho, obtiveram média de 154,7 g. A superioridade de resposta à massa de fruto, com relação presente trabalho, justifica-se pelas plantas terem sido cultivadas com apenas um cacho, tendo-se efetuado a poda apical e mantido apenas três folhas acima do primeiro cacho, o que propiciou a condução de maior quantidade de fotoassimilados para os frutos, pois de acordo com Peluzio et al. (1999), a relação fonte/dreno também pode influenciar na massa do fruto. Já Cardoso (2007) ministrando solução nutritiva com as mesmas concentrações usadas por Fernandes, Martinez e Fontes (2002), para tomateiro com dois cachos, obteve frutos com massa média superior ao do presente trabalho (183,6 g).

Fernandes et al. (2004) e Vivian *et al.* (2008), ambos cultivando tomateiro em hidroponia com solução nutritiva também de concentração de 168 mg L^{-1} de N e $335,4 \text{ mg L}^{-1}$ de K, na fase de frutificação, obtiveram médias de massa de fruto de 126,8 g e 170,2 g, respectivamente; superiores ao do presente trabalho. Tal superioridade pode ser atribuída à condução dada às plantas, pois as mesmas foram cultivadas com apenas um cacho e cada cacho com apenas seis frutos.

De modo geral, os resultados obtidos para a massa de frutos concordam com os encontrados na literatura, ou seja, diminuição da massa de fruto com aumento da concentração de N na solução nutritiva na fase reprodutiva. Adams (1994) reporta que, em relação ao estágio vegetativo, a relação N:K na fase de frutificação deve aumentar a favor do K, a fim de obter melhores características quantitativas e qualitativas (HO; ADAMS, 1995), dentre elas a massa de fruto.

Quanto à massa de frutos de tomate do cacho 2 (MFC2), nenhum dos fatores avaliados influenciou isoladamente ou em interação a característica (Tabela 4).

Também, não foi obtido ajuste significativo de equação polinomial, e a média de massa de frutos, nos tratamentos, foi de 111,6 g.

A massa de frutos do terceiro cacho (MFC3) foi influenciada significativamente apenas pelas concentrações de N, não havendo interação entre os fatores (Tabela 4). Não foram obtidos ajustes significativos de equações polinomiais e média de MFC3 foi de 93 g.

As concentrações de N e de K não influenciaram o teor de sólidos solúveis do cacho 1 (SSC1) e do cacho 2 (SSC2) (Tabela 5), bem como não houve interação entre os mesmos. Também não foram obtidos ajustes significativos de equação polinomial para as características avaliadas.

As médias obtidas para SSC1 e SSC2 foi de 4,4. Este valor encontra-se dentro da faixa de 4,0 a 6,0 °Brix observada por Shi et al. (1999) e Silva; Giordano (2000), e acima do teor de 3,0 °Brix sugerida para frutos de qualidade por Mencarellil; Salveit Junior (1988).

Tabela 5. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias da característica sólidos solúveis totais dos cachos 1 (SSC1), 2 (SSC2), 3 (SSC3) em função das concentrações de nitrogênio (N) e de potássio (K) no estágio reprodutivo do tomateiro ‘Débora Max’.

Fonte de variação	SSC1 (°Brix)	SSC2 (°Brix)	SSC3 (°Brix)
N (mg L ⁻¹)	0,48 ^{ns}	0,59 ^{ns}	3,05*
137,5	4,3	4,5	5,0
192,5	4,5	4,6	4,9
247,5	4,4	4,3	4,5
302,5	4,3	4,4	4,6
K (mg L ⁻¹)	0,25 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,36 ^{ns}
137,5	4,5	4,5	4,7
206,25	4,4	4,4	4,7
302,5	4,4	4,3	4,8
N * K	1,98 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,45 ^{ns}
C.V. (%)	7,7	9,6	8,2

** , * , ^{ns} = significativo a 1%, 5%, e não significativo a 10% pelo teste F, respectivamente.

Somente as concentrações de N influenciaram o teor de sólidos solúveis do cacho 3 (SSC3) (Tabela 5). Porém, não houve ajuste de equação polinomial e a

média foi 4,7 °Brix, que está dentro da faixa considerada como frutos de alta qualidade por Mencarelli; Salveit Junior (1988), Silva; Giordano (2000) e Alvarenga (2004).

A adequada nutrição da planta em K promove, dentre outras coisas, benefícios qualitativos como o incremento de sólidos solúveis dos frutos (MEURER, 2006). Teores de sólidos solúveis entre 5,0 a 5,4 °Brix, superiores ao do presente trabalho, foram obtidos por Feltrin et al. (2005) quando os mesmos utilizaram solução nutritiva com concentração de 339 mg.L⁻¹ K, na fase reprodutiva, na avaliação de cultivares de tomate fertirrigado.

Uma grande quantidade de potássio se faz necessário para obter frutos de alta qualidade. No entanto, vale ressaltar que essa grande quantidade tem que se apresentar de forma equilibrada a outros nutrientes (PAPADOPOULOS, 1998). Além disso, no cultivo do tomate não só as quantidades de N e K, mas também a manutenção da relação adequada entre estes é primordial pra obtenção de frutos de qualidade comercial (CASTILLA, 2001).

5 - CONCLUSÃO

As concentrações de $137,5 \text{ mg L}^{-1}$ de N e 275 mg L^{-1} de K, que estabelece a relação N:K de 1: 2 é a melhor para o estágio vegetativo.

Para o estágio reprodutivo, a produtividade de frutos é maximizada com as concentrações $177,2$ e $188,7 \text{ mg L}^{-1}$ de N e K, respectivamente, o que proporciona a relação N:K de 1:1,1.

O teor de sólidos solúveis dos frutos dos cachos 1, 2 e 3 não é influenciado por variações nas concentrações de N ($137,5$ a $302,5 \text{ mg L}^{-1}$ de N) e de K ($137,5$ a 275 mg L^{-1} de K).

6 - REFERÊNCIAS:

- ABRAHÃO, C. **Relação K:Ca:Mg na solução nutritiva para o cultivo de mini tomate em substrato**. Botucatu, SP: UNESP-FCA, 2011. 86p. *Dissertação* (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de São Paulo, 2011.
- ACOSTA, P. P. L.; MONTES A. C.; DE LA ROCHA, S. R.; FLORES, N. T.; RODRIGUEZ, S. M. R.; RODRIGUEZ, R. R. Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno em la productividad de tomate em cultivo hidropônico. **TECNOCENCIA chihuahua**, v. 5, n. 2, p. 98-104, mai-ago., 2011.
- ADAMS, P.; GRAVES, C. J.; WINSOR, G. W. Tomato yields in relations to the nitrogen, potassium and magnesium status of the plants and of the peat substrate. **Plant and Soil**, v.49, n.1, p.137-148, 1978.
- ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. **Acta Horticulturae**, v. 361, p. 245-257, 1994.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, p. 61-120, 2004.
- ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E.C. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 215-219, nov., 1999.
- ANDRIOLO, J. L.; FALCÃO, L. L. Efeito da poda de folhas sobre a acumulação de matéria seca e sua repartição para os frutos do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, p.75-83, 2000.
- BALLIU, A; IBRO, V.. Influence of different levels of potassium fertiliser on growth, yield and ascorbic acid content of tomato fruit grown in non-heated greenhouse. **Acta Horticulturae**, v. 579, 2002
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agrônômicos, Versão 1.1.0.626, 2011.
- BENTO-JONES JUNIOR, J. **Hydroponics**: a practical guide for the soilless grower. [S.l]: Virtual Books, 2005. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?hl=pt-br>>. Acesso em: 28 mai. 2013.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 12, n. 2, p. 122-127, 2007.
- CANTARELA, H. **Fertilidade do solo**. Editores Roberto Ferreira Novais [et al.]–Viçosa:Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

CARDOSO, F. B. **Produtividade e qualidade de tomate com um e dois cachos em função da densidade de plantio, em hidroponia**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 39p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2007.

CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R. B.; ALVARENGA, M. A. R.; SOUZA, R. A. M. Nutrição mineral e adubação. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, p. 61-120, 2004.

CASTILLA, N. Manejo del cultivo sin suelo. In: Nuez, F. **El cultivo del tomate**: Madrid, Spain: Ed. Mundi-Prensa, 2001. 791 p.

COMETTI, N. N. 2003. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa L.*) em cultura hidropônica** – sistema NFT. Seropédica: UFRRJ. 128p. (Tese doutorado).

COSTA, P. C.; CANIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Produção de pepino de plantas enxertadas cultivadas em solução nutritiva com diferentes teores de potássio. **Horticultura brasileira**, v.19, n.3, pag. 207-209, 2001.

DUARTE, T. S. da.; PAGLIA, A. G.; ALDRIGHI, C. B.; PEIL, R. M. N. Concentração de nutrientes e crescimento de mudas de tomateiro produzidos em sistema flutuante com biofertilização. Res. II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 2, n. 1, p. 1601-1605, fev. 2007.

EPSTEIN, E. & BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Tradução: Maria E. T. Nunes. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, nº1, mar. 2002.

FELTRIN, D. M.; LOURENÇÃO, A. L.; FURLANI, P. R.; CARVALHO, C. L. R. Efeitos de fontes de potássio na infestação de *Bemisia tabaci* biótipo B e nas características de fruto de tomateiro sob ambiente protegido. **Brangantia**, Campinas, v. 61, n. 61, 49-57, 2002.

FELTRIN, D. M.; POTT, C. A.; POTT, C. A.; FURLANI, P. R.; CARVALHO, C. R. L. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista Ciências Agroveterinárias**, Lages-MG, v.4, n. 1, p. 17-24. 2005.

FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro do tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n.4, pag. 564-570, dez. 2002.

FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; SILVA, D. J. H. da; BAROSA, J. G. Produção de mudas de tomateiro por meio de estacas enraizadas em hidroponia. Brasília, **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39 n.4, p. 343-348, abr. 2004.

FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; SILVA, D. J. H. da; BAROSA, J. G.; PEDROSA, A. W. Cultivo sucessivo de plantas de tomate oriundas de sementes e propagação vegetativa em sistema hidropônico. Brasília, **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 7, p. 1013-1019, jul. 2007.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n.3, jul-set., 2003.

FILGUEIRA FAR. 2008. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3a ed. Viçosa: UFV. 421p.

FONTES, P. C. R.; SAMPAIO, R. A.; MANTOVANI, E. C. Tomato yield and potassium concentrations in soil and in plant petioles as affected by potassium fertirrigation. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 35, n.3, p.575-580, mar. 2000.

FONTES, P. C. R.; SAMPAIO, R. A.; FINGER, F. L. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília. v. 35, n. 1, p. 21-25, jan. 2000.

FREIRE, F. M.; MONNERAT, P. H.; MARTINS FILHO, C. A. S. Nutrição mineral e adubação do tomateiro. **Informe Agropecuário**, vol.6, n.66, p.13-20, 1980.

FULTON, C. M. Effects of pruning and nutrition on growth and yield of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Thesis presented** (for the degree Master of Science in Agronomy). Faculty of Agronomy, Department of Agricultural Sciences, 2011 81p., University of Stellenbosch, 2011.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY G. B. (Org.). **Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 40-75, 2004.

FURLANI, P. R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L. C. P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200-201, p. 90-98, set/dez. 1999.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo protegido de hortaliças com ênfase na hidroponia. 2008. Curso proferido pelo primeiro autor durante a 15ª SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA – FRUTAL, Fortaleza-CE, 16 a 18 de outubro de 2008. Disponível em: <<http://www.conplantferti.com.br/site/wp-content/uploads/2010/06/cultivoprotegidoenfasehidroponia.pdf>> Acesso em: 10 set. 2011.

GENÚNCIO, G. C. **Crescimento e produção do tomateiro em sistemas de cultivo a campo, hidropônico e fertirrigado, sob diferentes doses de nitrogênio e potássio**. 2009. 131f. Tese (Doutorado em ciência do solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

GENÚNCIO, G. C.; MAJEROWICZ, N.; ZONITA, E.; SANTOS, A. M.; GRACIA, D.; AHMED, C. R. M.; SILVA, M. G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n.1, pag. 175-179. Abr.-jun. 2006.

GENÚNCIO, G. C.; SILVA, R. A. C.; M. SÁ, N.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A. P. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p.446-452, out.-dez., 2010.

GEORGE, B.; KAUR, C.; KHURDIYA, D. S.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. **Food Chemistry**, v. 84, n.1, p.45-51, 2004.

GUIMARÃES, T. G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. 1998. 184 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

GÜLER, S. & GÜZEL, N.. Effect of Varying Level of Nitrogen and Potassium Concentration in the Nutrient Solution of the Yield and Leaf Composition of Drip-Fertigated Tomatoes. **Acta Horticulturae**, v. 506, 81-85,1999.

HAAG, P.H.; OLIVEIRA, G.D. de; BARBOSA, V.; SILVA NETO, J.M. de. Marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicum esculentum* Mill.) destinado ao processamento industrial. In: HAAG, H.P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill, p.447-474, 1981.

HARTZ, T. K.; MIYAO, E. M.; MULLEN R. J.; CAHN, M. D. Potassium fertilization effects on processing tomato yield and fruit quality. Proc. 7th Int. Symp. on Processing Tomato. **Acta Horticulturae**, vol. 542, ISHS, pag. 127-133, 2001

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

HO, L. C.; HAND, D. J.; FUSSEL, M. Improvement of tomato fruit quality by calcium nutrition. **Acta Horticulturae.**, v. 481, p. 463-468, 1999.

JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook, a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Georgia, USA: Micro-Macro, 1991. 183 p.

KANAI S; OHKURA K; ADU-GYAMFI JJ; MOHAPATRA PK; NGUYEN NT; SANEOKA H; FUJITA K. Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, 2917-2928, 2007.

KOOP, L. M.; SCHUNEMANN, A. P. P., NETO, J. B.; LEMOS, C. A. S. de.; SIMONETTI, R. B.; DA-SILVA, E. S. B. Avaliação de seis cultivares de alface sob duas soluções nutritivas em sistema de cultivo hidropônico. **Revista FZVA**, Uruguaina-RS, v. 7/8, n.1, pag.7-16, 2001.

KRAUS, A. Optimizing Crop Nutrition: research findings – II potatoes.n.18, dez., 2008. Disponível em: < http://www.ipipotash.org/udocs/e-ifc18-research_findings_2.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2011.

MAIA, J. T. L. S.. **Cultivo hidropônico do tomateiro do grupo cereja: crescimento, produção e qualidade sob doses de K e sintomas visuais e anatomia sob omissão de nutrientes**. Viçosa: UFV. 90f. (Tese doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Viçosa, Viçosa, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. POTAFOS, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005, 451 p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London : Academic, 1995. 889p. Disponível em: <<http://www.books.google.com.br/books>> Acesso em: 28 abr. 2012.

MARTINEZ, H. E. P.; BRACCINI, M. DO C. L.; BRACCINI, A. DE L. Cultivo hidropônico do tomateiro. **Revista Unimar**, v. 19, n.4, pag. 721-724, 1997.

MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S.; ASSIS, F. N.; MENDEZ, M.E.G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n.200/201, p. 15-23, 1999.

MENCARELLI, F.; SALTVEIT, Jr. M.E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 113, n.5, p.742-745, 1988.

MEURER, E. J. **Potássio**. In: Nutrição Mineral de plantas. Editor Manlio Silvestre Fernandes. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

MONTOYA, R. B.; SPINOLA, A. G.; GARCÍA, P. S.; PAREDES, D. G. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. **Terra**, v. 20, p. 391-399, 2002.

MORETTI, C. L.; ARAÚJO, A. L.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Methylcyclopropene delays tomato fruit ripening. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.4, pag.659-663, dez., 2002.

MUCKLE, M. E. **Hydroponics nutrients**. 3^oed.. Princenton: Growers, 1993. 154p.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007, 1017p.

NUEZ, F. et al. *El cultivo del tomate*. Madrid, Spain: Ed. Mundi-Prensa, 2001. 793 p.

PAPADOPOULOS, A.P. Seasonal fertigation schedules for greenhouse tomatoes - concepts and delivery systems. **Acta Horticulturae (ISHS)** v. 458, 123-140,1998.

PELUZIO, J. M.; CASALI, V. W. D.; LOPES, N. F.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, G.R. Comportamento da fonte e do dreno em tomateiro após a poda apical acima do quarto cacho. **Ciência Agrotécnica**, Lavras-Mg, v. 23, n. 3, pag. 510-514, 1999.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: ed. UNESP, 2008, 407p, il.

PRADO, R. M.; SANTOS, V. H. G.; GONDIM, A. R. de OLIVEIRA.; ALVES, A. U.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R. Crecimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivada em sistema hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**. vol. 32, n. 1, p. 19-30, jan-mar., 2011.

PRADOS, N. C. 2001. Manejo del cultivo intensivo com suelo. In: NUEZ, F. et al. **El cultivo del tomate**. Madrid, Spain: Ed. Mundi-Prensa. p.190-225.

PURQUEIRO, L. F. V.; CECILIO FILHO, A. B. Concentração de nitrogênio na solução nutritiva e número de frutos sobre a qualidade de frutos de melão. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n.3, pag.831-836, jul-set., 2005.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Ed.rev. Campinas: IAC. 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RATTIN, J. E.; ANDRIOLO, J. L.; WITTER, M. Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 26-30, 2003.

RAUPP, D.S.; GARDINO, J.R.; SCHEBESKI, L.S.; AMADEU, C.A.; BORSATO, A.V. Processamento de tomate seco de diferentes cultivares. **Acta Amazonica** v. 39 n.2 Manaus, 2009.

RONCHI, C. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; NUNES, J. C. S.; MARTINEZ, H. E. P. Índices de nitrogênio e de crescimento do tomateiro em solo e em solução nutritiva. **Revista Ceres**, v. 48, nº 278, pag. 469-484, 2001.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M. de.; FRANCO, C. F.; NATALE, W. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas. **Ciência Agrotécnica**, Lavras-Mg, v. 31, n.4, p.1020-1026, jul-ago., 2007.

SHI, J.X.; LE MAGHER, M.; LIPTAY, A.; WANG, S.L. Chemical composition of tomatoes as affected by maturity and fertigation practices. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v. 22, p.147-156, 1999.

SILVA, J. T. A. da.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos da produção na bananeira cv. Prata-anã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 25, n. 1, p. 152-155, abr., 2003.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 168 p.

SILVA, W. C.; MAROUELLI, W. A.; MORETTI, C. L.; SILVA, H. R.; CARRIJO, O. A. Fontes e doses de nitrogênio na fertirrigação por gotejamento do tomateiro. Apresentado no WORKSHOP TOMATE NA UNICAMP: PERSPECTIVAS E PESQUISAS. Mai., 2003. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/tomates/pdfs/wrktom015.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2011.

SILVA, J. A.; UCHIDA, R. Recommended Plant Tissue Nutrient Levels for Some Vegetable, Fruit, and Ornamental Foliage and Flowering Plants in Hawaii. Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture. 2000. Disponível em: <<http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/pnm4.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

SOARES, I.; SOUZA, V. S. de; CRISÓSTOMO, L. A.; SILVA, L. A. da. Efeito do volume de solução nutritiva na produção e nutrição do tomateiro tipo cereja cultivado em substrato. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 36, n.2, pag.152-157, mai-ago., 2005.

SOBULO, R.A.; OLORUNDA, A.O. The effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the canning quality of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in south-western Nigeria. **Acta Horticulturae**, v. 53, p. 171-180, 1977.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3a ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719 p.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. V. Hortaliças. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, A.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. (Eds). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1997,p.157-185. (Boletim Técnico, 100).

VIVIAN, R.; ROCHA, A.; GALVÃO, H. L.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R. Densidade de plantio e número de folhas influenciando a produtividade e qualidade de frutos do tomateiro cultivados com um cacho, em sistema hidropônico. **Revista Ceres**, v. 55, n.6, pag. 584-589, nov-dez., 2008.

WAGNER JUNIOR; A.; DINIZ, E. R.; SANTOS, C. de B. dos.; GOMES, S. A.; NEGREIROS, J. R. da SILVA; LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES. P. C. R. Influência da relação N:K na produtividade e concentração de nutrientes de três cultivares de alface em cultivo hidropônico. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, pag. 156-163, mar-abr, 2006.