



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA  
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA**

**TALITA BARBOSA ABREU DIÓGENES**

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES E RESPOSTA DO  
TOMATEIRO CAETÉ A DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO**

**MOSSORÓ-RN  
MARÇO DE 2016**

**TALITA BARBOSA ABREU DIÓGENES**

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES E RESPOSTA DO  
TOMATEIRO CAETÉ A DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Tese apresentada ao Doutorado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Fertilidade do Solo e Adubação.

Orientador: Prof. Fábio Henrique Tavares de Oliveira.

**MOSSORÓ/RN  
MARÇO DE 2016**

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade da autora, sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente. Patentes: Lei nº 9,279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e sua respectiva autora sejam devidamente citadas e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D591a Diógenes, Talita Barbosa Abreu.  
Acúmulo de matéria seca e nutrientes e resposta do tomateiro caeté a doses de nitrogênio e fósforo / Talita Barbosa Abreu Diógenes. - 2016.  
87 f. : il.

Orientador: Fábio Henrique Tavares de Oliveira.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2016.

1. Solanum lycopersicum L. 2. crescimento. 3. extração de nutrientes. 4. nutrição mineral. 5. solo alcalino. I. Oliveira, Fábio Henrique Tavares de , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**TALITA BARBOSA ABREU DIÓGENES**

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES E RESPOSTA DO  
TOMATEIRO CAETÉ A DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Tese apresentada ao Doutorado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

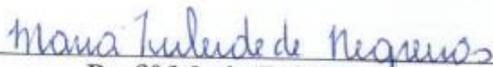
Linha de Pesquisa: Fertilidade do Solo e Adubação

Aprovada em: 31/03/2016.

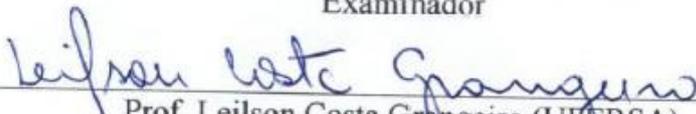
**BANCA EXAMINADORA**



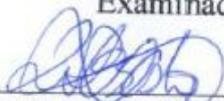
Prof. Fábio Henrique Tavares de Oliveira (UFERSA)  
Presidente da Banca e Orientador



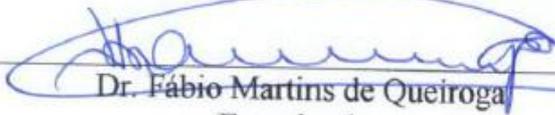
Prof.ª Maria Zuleide de Negreiros (UFERSA)  
Examinador



Prof. Leilson Costa Grangeiro (UFERSA)  
Examinador



Dra. Welka Preston Leite Batista da Costa (UFERSA)  
Examinador/PNPD/CAPES



Dr. Fábio Martins de Queiroga  
Examinador

## **OFEREÇO**

Aos meus bebês Maria Helena, Gabriel e Maria Sila (*in memorian*)!

A saudade eterniza a presença de quem se foi. Consola-me saber que o verdadeiro amor nos fará estar juntos novamente no céu. Amo vocês meus anjos!

## **DEDICO**

Ao meu bebê, que por ora está em meu ventre, razão de muita felicidade, de conforto e de paz. Prova do amor de Deus pela nossa família.

Ao meu amado esposo Abraão Diógenes, em quem encontro amor, apoio, força, alegria, esperança, cumplicidade e respeito.

Aos que me formaram, educaram e ensinaram na vida e no desenvolvimento intelectual.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, minha fonte infinita de fé, paz, misericórdia e amor, por todas as tuas obras e graças realizadas em minha vida; pela proteção diária, pela saúde, pelos anjos que colocou no meu caminho, pois sozinha eu não chegaria até aqui, e ainda por me fazer disposta, corajosa e dedicada em mais uma etapa.

À Nossa Senhora, que sempre me guarda em seu manto materno.

À Universidade Federal Rural do Semiárido, pela oportunidade e acolhida desde a graduação em Engenharia Agrônômica (em 2003, ainda na ESAM), no Mestrado em Ciência do Solo, como servidora, e hoje pelo doutorado em Manejo de Solo e Água.

Ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, pela oportunidade e a todos os professores.

Ao meu orientador, professor Dr. Fábio Henrique Tavares de Oliveira, pela orientação e dedicação ao meu trabalho, por todas as idas ao campo quando da execução dos experimentos, por todos os ensinamentos e pela confiança.

À professora Zuleide Negreiros, pela colaboração valiosa na elaboração da metodologia no projeto que daria origem a tese; por toda atenção e disponibilidade desde a fase de campo até a escrita deste trabalho.

Ao professor Steferson Bezerra, pelo auxílio na estatística, pela atenção e disponibilidade.

Ao professor Dr. Francisco Ernesto Sobrinho pelo trabalho de classificação do solo da área experimental.

A professora Dra. Jeane Portela minha chefe, por todo apoio e compreensão quando precisei me dedicar ao doutorado, e pela amizade.

Ao professor Paulo Sergio Lima e Silva pelo empréstimo da forrageira para moagem das plantas.

Ao meu esposo, Abraão Diógenes, meu parceiro, meu porto seguro. Por toda atenção e disponibilidade a esse projeto. Por participar ativamente e com muita dedicação durante a fase de execução dos experimentos de campo sempre com muita disposição.

Ao meu pai Izac Abreu Junior, por todo apoio nessa minha escolha, em especial por todo seu esforço e dedicação ao experimento de campo, onde usou sua experiência teórica e prática de agricultor, facilitando muito o nosso trabalho.

A minha mãe Iris Barbosa e aos meus irmãos Grasiela, Benson e Luciana e sobrinhos, Lucas e Fernandes, pelo apoio, amor, dedicação, confiança e por se orgulharem de mim.

Ao meu cunhado Marx Fernandes pela cessão da área experimental para a realização do experimento com doses de N e P, por todo apoio no que foi preciso, e por dividir conosco sua experiência de agricultor.

Ao colega Dr. Fábio Martins de Queiroga, pela cessão da área experimental para realização do experimento de marcha de acúmulo de nutrientes e por todo apoio.

Aos amigos Anderson e Hernane, bolsistas de Iniciação Científica, por toda dedicação e disposição para realizar as atividades, sempre com muito empenho, coragem e determinação.

Aos colegas Dra. Welka Preston e Dr. Hailson Ferreira pela ajuda valiosa nos experimentos de campo.

Aos colegas Simplicio Lyra, Renan Paulino e Jeiza Moreira pela ajuda no experimento de campo.

Ao engenheiro agrônomo Samuel Diógenes e a empresa Blue Seeds, pelas sementes de tomate Caeté e apoio.

A Marilene Araújo e Keina Cristina pela compreensão quando precisei me ausentar para me dedicar ao doutorado durante a época que trabalhei na Biblioteca Central Orlando Teixeira, e a todos os colegas de trabalho, em especial a amiga Christiane Fernandes pelo apoio.

Aos amigos e colegas de trabalho do Laboratório de Solos, em especial Lúcia, Edna, Tomaz, Antonio Carlos, Elídio Barbosa e Francisco Solto, pelo apoio.

Aos demais, que de alguma forma colaboraram para a realização deste sonho.

Aquele que leva a preciosa semente,  
andando e chorando, voltará sem dúvida  
com alegria, trazendo consigo os seus  
molhos (Salmo 126).

## RESUMO

Com o emprego de novas técnicas de cultivo, acrescidas de materiais genéticos de alto potencial produtivo, surge a necessidade de se avaliar os requerimentos nutricionais do tomateiro nas regiões produtoras. Desse modo, com o objetivo de avaliar o acúmulo de matéria seca e de nutrientes pelo tomateiro caeté, e sua resposta a doses de nitrogênio e fósforo, conduziram-se dois experimentos de campo. O primeiro foi conduzido na Fazenda Terra Santa, Quixeré-CE, entre os meses de junho e setembro de 2013, em uma área de plantio comercial, onde foram avaliados o acúmulo matéria seca e de nutrientes mediante a amostragem de plantas de tomateiro aos 14, 28, 42, 56, 70, 84 e 99 dias após o transplante (DAT). O segundo experimento foi desenvolvido na Fazenda Boágua, município de Baraúna-RN, no período de agosto a outubro de 2014. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de nitrogênio (0, 60, 120, 240 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de N) e cinco doses de fósforo (0, 75, 150, 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). A produção total de matéria seca estimada foi de 912,84 g planta<sup>-1</sup>, com os maiores acúmulos de nutrientes na fase de frutificação, sendo os frutos os drenos preferenciais. A ordem de acúmulo de macro e micronutrientes pelo tomateiro aos 99 DAT foi, respectivamente, K>N>Ca>S>Mg>P e Fe>Mn>B>Zn>Cu. O nitrogênio, fósforo e potássio foram acumulados em maiores quantidades nos frutos. Para os micronutrientes o acúmulo foi maior na parte vegetativa que nos frutos. As doses de nitrogênio e fósforo que proporcionaram as maiores produtividades comerciais foram 45 e 311 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os teores de nitrogênio e fósforo na folha diagnóstica aumentaram com a adição de doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ao solo. O tomate ‘Caeté’ adubado com 60 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, acumularam 36,30 e 2,83 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e fósforo nos frutos, respectivamente.

**Palavras chaves:** *Solanum lycopersicum* L, crescimento, extração de nutrientes, nutrição mineral, solo alcalino.

## ABSTRACT

With the use of new farming techniques, add high productive potential genetic material arises, the need to assess the nutritional requirements of tomato producing areas. Thus, in order to evaluate the accumulation of dry matter and nutrients by 'Caeté' tomato, and its response to nitrogen and phosphorus doses, two experiments were conducted. The first was conducted in Fazenda Terra Santa, municipality of Quixeré-CE, between the months of June and September 2013, in an area of commercial plantations, which were evaluated the accumulation dry matter and nutrients by sampling tomato plants to 14, 28, 42, 56, 70, 84 and 99 days after transplanting (DAT). The second experiment was conducted at Fazenda Boágua, municipality of Baraúna-RN, from August to October 2014. The experimental design was a randomized block with four replications. The treatments consisted of five nitrogen rates (0, 60, 120, 240 and 360 kg ha<sup>-1</sup> of N) and five doses of phosphorus (0, 75, 150, 300 and 600 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). The total estimated production of dry matter was 912.84 g plant<sup>-1</sup>, with the largest accumulations of nutrients in the fruiting stage, the fruits being the preferred drains. The macro and micronutrients accumulation order by tomato plants at 99 DAT was respectively K > N > Ca > S > Mg > P and Fe > Mn > B > Zn > Cu. The nitrogen, phosphorus and potassium were accumulated in large quantities in fruits. For micronutrient accumulation was higher in the vegetative to the fruit. Nitrogen and phosphorus doses that provided the highest commercial yields were 45 and 311 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. Nitrogen and phosphorus in the diagnostic sheet increased with the addition of N rates and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> to the ground. Tomato 'Caeté' fertilized with 60 and 150 kg ha<sup>-1</sup> of N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, accumulated 36.30 and 2.83 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen and phosphorus in the fruits, respectively.

**Key words:** *Solanum lycopersicum* L, growth, nutrient extraction, mineral nutrition, alkaline soil.

## CAPÍTULO I

### LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Municípios pertencentes ao Agropolo Mossoró-Assú.... 21

### LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendadas pelas principais tabelas de recomendação de adubação em uso no país..... 27

## CAPÍTULO II

### LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Acúmulo de matéria seca na parte vegetativa, nos frutos e total no tomateiro 'Caeté' cultivado em campo em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013..... 45
- Figura 2 - Produtividade total de frutos no tomateiro 'Caeté' cultivado em campo em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013..... 46
- Figura 3 - Acúmulo de nitrogênio na parte vegetativa, nos frutos e total no tomateiro 'Caeté' cultivado em campo em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013..... 48
- Figura 4 - Acúmulo de fósforo na parte vegetativa, nos frutos e total pelo tomateiro 'Caeté' cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013..... 49
- Figura 5 - Acúmulo de potássio na parte vegetativa, nos frutos e total pelo tomateiro 'Caeté' cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013..... 50
- Figura 6 - Acúmulo de cálcio na parte vegetativa, nos frutos e total pelo tomateiro 'Caeté' cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013..... 51

Figura 7 -	Acúmulo de magnésio na parte vegetativa, nos frutos e total pelo tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE. UFERSA, 2013.....	52
Figura 8-	Acúmulo de enxofre na parte vegetativa, nos frutos e total pelo tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013.....	53
Figura 9 -	Acúmulo de ferro na parte vegetativa, nos frutos e total pelo tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE. UFERSA, 2013.....	54
Figura 10 -	Acúmulo de manganês na parte vegetativa, nos frutos e total pelo tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE. UFERSA, 2013.....	54
Figura 11 -	Acúmulo de boro na parte vegetativa, nos frutos e total pelo tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE. UFERSA, 2013.....	55
Figura 12 -	Acúmulo de zinco na parte vegetativa, nos frutos e total pelo tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE. UFERSA, 2013...	56
Figura 13 -	Acúmulo de cobre na parte vegetativa, nos frutos e total pelo tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE. UFERSA, 2013.....	57

### **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 -	Características químicas do solo da área experimental antes da instalação do experimento, avaliadas na camada de 0-20 cm. QUIXERÉ-CE. UFERSA, 2013.....	42
Tabela 2 -	Características químicas da água de irrigação utilizada no experimento, proveniente de poço artesiano de 165 m de profundidade, do aquífero jandaíra. QUIXERÉ-CE. UFERSA, 2013.....	42
Tabela 3 -	Matéria seca estimada acumulada na parte vegetativa, nos frutos e total, no tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo. Quixeré-CE. UFERSA, 2013.....	45

Tabela 4 - Percentual exportado e restituído de matéria seca total e de nutrientes em plantas de tomateiro ‘Caeté’. Quixeré-CE. UFERSA, 2013.....	58
---	----

### CAPÍTULO III

#### LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produtividade comercial, não comercial e total em função de doses de nitrogênio. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.....	73
Figura 2 - Produtividade comercial, não comercial e total em função de doses de fósforo. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.....	75
Figura 3 - Teores de nitrogênio na folha diagnóstica do tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo em função de doses de nitrogênio, 36 dias após o transplante. <sup>n.s.</sup> : não significativo. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.....	77
Figura 4 - Teores de fósforo na folha diagnóstica do tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo em função de doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 36 dias após o transplante. <sup>n.s.</sup> : não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade Baraúna-RN. UFERSA, 2014.....	77
Figura 5 - Teores de fósforo no solo em função de doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 35 dias após o transplante. *: significativo a 5% de probabilidade. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.....	78
Figura 6 - Níveis críticos de nitrogênio na folha em função de doses de N. <sup>n.s.</sup> : não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade. Baraúna-RN, UFERSA, 2014.....	79
Figura 7 - Níveis críticos de fósforo na folha em função de doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . <sup>n.s.</sup> : não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade. Baraúna-RN, UFERSA, 2014.....	79
Figura 8 - Níveis críticos de fósforo no solo em função de doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . <sup>n.s.</sup> : não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade. Baraúna-RN, UFERSA, 2014.....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Características químicas e teores de areia, silte e argila do solo da área experimental antes da instalação do experimento, avaliadas na camada de 0-20 cm. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.....	69
Tabela 2 -	Características químicas da água de irrigação utilizada no experimento, proveniente de poço artesiano de profundidade de 165 m no Aquífero Jandaíra. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.....	69
Tabela 3 -	Doses de nutrientes referentes a cada tratamento para avaliação do rendimento do tomate Caeté em função de doses de nitrogênio e de fósforo. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.....	70
Tabela 4 -	Acúmulo de nitrogênio e fósforo em frutos de tomateiro 'Caeté' cultivado em campo em função de doses de nitrogênio e fósforo. Baraúna-RN, UFERSA, 2014.....	81

## LISTA DE APÊNDICE

Tabela 1 -	Quantidades estimadas de nitrogênio, fósforo e potássio acumuladas na parte vegetativa, nos frutos e total em plantas de tomateiro 'Caeté', em função de dias após o transplante (DAT). Baraúna-RN. UFERSA, 2013.....	87
Tabela 2 -	Quantidades estimadas de cálcio, magnésio e enxofre acumuladas na parte vegetativa, nos frutos e total em plantas de tomateiro 'Caeté', em função de dias após o transplante (DAT). Baraúna-RN. UFERSA, 2013.....	87
Tabela 3 -	Quantidades estimadas de boro, cobre e ferro acumuladas na parte vegetativa, nos frutos e total em plantas de tomateiro 'Caeté', em função de dias após o transplante (DAT). Baraúna-RN. UFERSA, 2013.....	87
Tabela 4 -	Quantidades estimadas de manganês e zinco acumuladas na parte vegetativa, nos frutos e total em plantas de tomateiro 'Caeté', em função de dias após o transplante (DAT). Baraúna-RN. UFERSA, 2013.....	88
Tabela 5 -	Quantidades de nitrogênio e fósforo acumuladas nos frutos comerciais (NFC, PFC), não comerciais (NFNC, PFNC) e Total (NTOTAL, PTOTAL), em função de doses de N e de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . Baraúna-RN. UFERSA, 2014.....	88

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>18</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
2.1 O Agropolo Mossoró-Assú e a Chapada do Apodi.....	20
2.2 Crescimento e Exigência Nutricional do Tomateiro.....	22
2.3 Adubação do Tomateiro com Nitrogênio e fósforo.....	26
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>30</b>

### CAPÍTULO II - ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES PELO TOMATEIRO CAETÉ EM CONDIÇÕES DE CAMPO

<b>RESUMO.....</b>	<b>37</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>38</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>41</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
3.1 Acúmulo de Matéria Seca.....	44
3.2 Acúmulo de Macronutrientes.....	47
3.3 Acúmulo de Micronutrientes.....	53
3.4 Exportação de Nutrientes.....	57
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>60</b>

### CAPÍTULO III - RESPOSTA DO TOMATEIRO ‘CAETÉ’ A DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

<b>RESUMO .....</b>	<b>64</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>65</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>68</b>

<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>72</b>
3.1 Produção do Tomateiro Caeté em Função de Doses de Nitrogênio.	72
3.2 Produção do Tomateiro Caeté em Função de Doses de Fósforo.....	74
3.3 Teores de N e P na Planta e de P no Solo.....	76
3.4 Níveis Críticos de N e P na Planta e no Solo e de P no Solo.....	78
3.5 Quantidades Acumuladas de Nitrogênio e Fósforo.....	80
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>86</b>

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO**

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça de grande importância econômica e social, sendo a hortaliça mais produzida no mundo. Sua produção em 2012 foi de aproximadamente 161.793,834 toneladas, sendo que o Brasil ficou em nono lugar participando com 3.873.985 t (FAO, 2016). A região Nordeste com uma produção de 566,027 toneladas foi responsável por 14,61%, com destaque para os estados da Bahia (51%), Pernambuco (23%) e Ceará (20%). O Rio Grande do Norte contribuiu apenas com 1% dessa produção alcançando 5.660,27 t (IBGE, 2015).

A produtividade nacional tem aumentado nas últimas décadas, passando de aproximadamente 37,14 t ha<sup>-1</sup> em 1990 (Agrianual, 1999) para 65,94 t ha<sup>-1</sup> em 2014 (IBGE, 2015). Esse aumento tem ocorrido principalmente devido ao uso de técnicas e práticas sofisticadas, aliadas a sistemas de produção modernos e a cultivares híbridas mais produtivas, com frutos de maior valor comercial.

A região Nordeste tem se destacado na produção do tomateiro, sendo a segunda maior região produtora do país. Isso ocorre porque produtores têm cultivado essa hortaliça em regiões de altitudes mais elevadas ou em épocas com condições climáticas mais favoráveis, nos meses mais frios do ano, de maio a agosto. Entretanto, no Rio Grande do Norte o tomateiro é produzido em condições de campo aberto, em sistema tutorado ou rasteiro, mas a produção obtida tem sido muito baixa, insuficiente para atender a demanda interna, sendo necessária a importação do tomate de outros estados (Araújo, 2011).

A exigência nutricional do tomateiro varia conforme a fase de desenvolvimento, a cultivar e a produtividade, clima, época de plantio e concentração de nutrientes no solo (Papadopoulos, 1991; Heuvelink, 1995). Com conhecimentos de nutrição é possível a elaboração de um programa de adubação que possa indicar as épocas e quantidades de fertilizantes a serem aplicadas (Alvarenga *et al.*, 2004), possibilitando incremento da produção.

Para que o cultivo do tomateiro seja economicamente viável, é necessário o alcance de produtividades elevadas, porém, com menor custo possível, o que depende, entre outros fatores, da aplicação racional de fertilizantes. Para suprir possíveis necessidades de N e de P da planta, os agricultores têm aplicado doses elevadas desses nutrientes no plantio e em cobertura (fertirrigação). Porém, essas recomendações de adubação não se baseiam em experimentação de campo e desconsideram o efeito residual desses nutrientes provenientes dos plantios anteriores, contribuindo para o aumento do

custo de produção e causando impactos ambientais negativos, como por exemplo, a poluição do solo e da água.

No Rio Grande do Norte não existe manual de recomendação de adubação para as culturas em geral, tampouco para a cultura do tomate. O Grupo de Pesquisa em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da UFERSA tem realizado vários experimentos de campo, tendo em vista a elaboração da primeira versão de uma tabela de recomendação de adubação para as principais culturas de interesse econômico da região do Agropolo Mossoró-Assú.

Desse modo, são necessários estudos envolvendo o acúmulo de matéria seca e de nutrientes, bem como a avaliação de doses de nitrogênio e de fósforo que são os nutrientes mais limitantes à sua produção, que venham contribuir para o aumento da produtividade dessa hortaliça no estado.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar o crescimento, o acúmulo de nutrientes e o desempenho agrônômico do tomateiro em função da adubação nitrogenada e fosfatada.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O Agropolo Mossoró-Assú e a Chapada do Apodi

O Agropolo Mossoró-Assú é a principal região produtora de frutas, hortaliças e grãos da região Semiárida do Rio Grande do Norte e se destaca na produção de cucurbitáceas, sendo a principal região produtora de melão e melancia do Brasil (IBGE, 2015). Esta região abrange uma área de 18 municípios (Figura 1) onde se pratica agricultura de sequeiro e, principalmente, agricultura irrigada. Os principais materiais de origem dos solos dessa região são de natureza sedimentar, compostos principalmente por calcário, arenito, sedimentos do grupo barreiras e sedimentos aluviais. Nesta região se encontram muitos Latossolos, Argissolos, Chernossolos Rêndzicos, Cambissolos, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos, matérias que apresentam ampla variação das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas (Brasil, 1971; Ernesto Sobrinho, 1980).

A Chapada do Apodi é uma formação montanhosa localizada nos estados do Rio Grande do Norte (Apodi, Baraúna, Felipe Guerra, Governador Dix-Sept Rosado) e do Ceará (Alto Santo, Tabuleiro do Norte, Limoeiro do Norte, Quixeré e Jaguaruana) (Embrapa, 1973). Apresenta ajuste topográfico bastante suave, a vegetação natural é caatinga hiperxerófila e hiporxerófila (Brasil 1971; Ernesto Sobrinho, 1980). Essa região tem se destacado como importante polo de exploração agrícola do Nordeste brasileiro, onde se praticam agricultura de sequeiro e irrigada.

Segundo o Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jaguaribe (IBGE, 1999), a Chapada do Apodi é constituída por sedimentos cretáceos das Formações Jandaíra e Açú, no nível altimétrico médio de 40 m e ocupa uma área de 1.973 km<sup>2</sup>. Os materiais de origem dos solos dessa região são compostos principalmente por calcário e sedimentos do grupo barreiras, destacando-se os Cambissolos, Latossolos e Argissolos como os que mais se praticam a agricultura.

Quimicamente, a maioria dos solos da Chapada do Apodi, principalmente os Cambissolos, possui alta soma de bases trocáveis, podendo representar mais de 90% de saturação da capacidade de troca de cátions. Comumente são alcalinos, com pH às vezes acima de 8,0. O fósforo disponível é muito baixo, o potássio é elevado, muitas vezes apresenta-se com mais de 200 mg dcm<sup>-3</sup> (Ernesto Sobrinho, 1979). Assim como na maioria dos solos da Região Semiárida, o teor de matéria orgânica desses solos é baixo. Como a maior fração do nitrogênio do solo está presente na matéria orgânica (Cantarella,

2007), este nutriente também é limitante para a maioria das espécies cultivadas nesta região.

Como esses solos são jovens, pouco intemperizados, apresentam menor capacidade de retenção de fosfatos. Nesse tipo de solo, a disponibilidade de P é maior, mesmo que parte do fertilizante aplicado seja adsorvida à superfície de minerais secundários da fração argila e outra parte se precipite com o  $\text{Ca}^{2+}$  da solução do solo (Farias *et al.* 2009), devido a presença de carbonato livre, que favorece interação do fósforo com o cálcio, presente em boa quantidade (em torno de  $9 \text{ cmol}_c \text{ dcm}^{-3}$ ). Desse modo, por serem pouco intemperizados, são mais eletronegativos, atuando mais como fonte de fósforo do que como dreno.



Figura 1. Municípios pertencentes ao Agropolo Mossoró-Assú.  
Fonte: Diógenes (2012).

O clima da região é o tropical quente semiárido. A temperatura média anual é de  $28,5^{\circ}\text{C}$ , com mínima de  $22^{\circ}\text{C}$  e máxima de  $35^{\circ}\text{C}$ . A precipitação média anual é  $772 \text{ mm}$ , registrando-se uma distribuição de chuvas muito irregular, espacial e temporalmente. A

umidade relativa média anual é de 62%. Os ventos sopram a uma velocidade média de 7,5 m s<sup>-1</sup> e a evapotranspiração atinge a média anual de 3.215 mm, a insolação é de 3.030 horas ano<sup>-1</sup> (Funceme, 2013).

#### 2.4 Crescimento e Exigência Nutricional do Tomate

O acúmulo de matéria seca, que compreende o peso das partes secas da planta como folhas, hastes, caules, flores, frutos e outros, medido a cada período, é o fundamento da análise de crescimento, uma vez que permite avaliar o desenvolvimento da cultura no ambiente de cultivo através da contribuição de cada órgão (Fontes *et al.*, 2005; Feltrin, *et al.*, 2008).

As informações utilizadas para medir o crescimento vegetal são basicamente, a área foliar e o acúmulo de matéria seca da planta, entretanto, a determinação da matéria seca ou de suas partes (caule, folhas e outros) é mais apropriada para análise de crescimento (Taiz e Zeiger, 2004).

As plantas tomadas como amostra, a cada período de tempo, devem representar a população em estudo, a fim de que os métodos estatísticos apropriados possam ser utilizados. Esse tipo de análise fundamenta-se no fato de que, em média, 90% da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo de seu crescimento, resultam da atividade fotossintética e o restante resulta da absorção de nutrientes do solo (Benincasa, 2003).

Fayad *et al.*, (2002) utilizando a cultivar Santa Clara de crescimento indeterminado cultivada em condições de campo, e o híbrido EF-50 de crescimento determinado cultivado em casa de vegetação, concluíram que o acúmulo de matéria seca foi lento até o início do florescimento, para as duas cultivares, a partir desse estágio, ocorreu uma aceleração na taxa de crescimento, atingindo um acúmulo de matéria seca total de 406,28 e 397,92 g planta<sup>-1</sup>, e um acúmulo de matéria seca no fruto de 207,03 e 269,50 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente para a cultivar Santa Clara e o híbrido EF-50.

Diversas teorias têm sido propostas para descrever e, ou, explicar a distribuição de assimilados, ou seja, a partição da massa seca nos órgãos das plantas. Há a hipótese de que a distribuição da massa seca na planta seja regulada pela força do dreno dos órgãos (Heuvelink, 1996). Por outro lado, diversos fatores podem interferir na repartição da matéria seca entre as partes vegetativas e os frutos, ou seja, fontes e drenos, entre estes, destacam-se a carga de frutos da planta, à distância entre os drenos e as fontes e a densidade de plantio (Andriolo, 1999; Grangeiro *et al.*, 2005 ).

Ao quantificar o crescimento do cultivar de tomateiro Coutner, em ambiente protegido durante o verão, Heuvelink (1995), verificou que do total de matéria seca produzida pela planta, 60 % foi alocada nos frutos, e o restante entre folhas e hastes.

Fayad *et al*, (2001) verificaram que no tomate Santa Clara os frutos também foram o dreno principal desde o início da frutificação até a última colheita, chegando a acumular 51% do total da matéria seca da parte aérea produzida pela planta. As folhas, caules e cachos florais acumularam, respectivamente, 33, 14 e 2% da matéria seca total.

Negreiros *et al*, (2010) trabalhando com o tomate SM-16 de crescimento determinado, utilizando coberturas do solo, constataram que os frutos se comportaram como dreno preferencial da planta, alcançando 52,5% do total da massa seca acumulada no final do ciclo. Enquanto a parte vegetativa (folhas, caules e cachos florais) acumulou 47,6% da massa seca produzida pela planta.

Para realizar uma análise de crescimento de maneira eficiente, vários tipos de modelos estatísticos podem ser usados, de acordo com suas características, com o intuito de facilitar a interpretação dos processos envolvidos no sistema de produção vegetal (Sorato, 2012).

O modelo Logístico é o mais recomendado para descrever as curvas de crescimento vegetal, independente da espécie, sugerindo que o crescimento vegetativo, independente da espécie, em geral, apresenta aspecto sigmoidal de crescimento e ajustado à regressão não linear. Em geral, neste tipo de curva, as taxas de crescimento aumentam até atingir um máximo (ponto de inflexão), depois decrescem e tendem a zero (Fernandes, 2012).

Fayad *et al*, (2001) utilizaram o modelo Logístico na descrição do acúmulo de matéria seca total do tomateiro em função da idade (dias após o transplântio).

Pereira *et al*, (2000) estudaram o comportamento da bananeira (*Musa spp.*) cultivar 'Prata Anã' em seu primeiro ciclo de produção sob diferentes espaçamentos, e ao verificar um padrão sigmoidal quanto à altura das plantas, promoveu o ajuste do crescimento utilizando o modelo logístico.

A cadeia produtiva da horticultura vem desenvolvendo com frequência novos cultivares e híbridos das diferentes espécies de hortaliças cultivadas, esses materiais apresentam resistência a pragas e doenças, são adaptados a diferentes condições climáticas, aproveitam melhor os insumos disponíveis aumentando seu potencial produtivo, conseqüentemente, com a maior produção de massa vegetal também se altera a demanda nutricional dessas plantas (Furlani & Purquerio, 2010).

As pesquisas sobre marcha de absorção de nutrientes pelas culturas podem auxiliar no planejamento das adubações para a otimização da eficiência nutricional e incremento da produção. Porém é necessário levar em consideração fatores relacionados ao genótipo e ao ambiente de cultivo, que podem gerar diferenças nas quantidades de nutrientes requeridos e absorvidos, quando se comparam diferentes estudos sobre marcha de absorção do tomateiro (Prado *et al.*, 2011).

A extração dos nutrientes do solo não ocorre de forma constante ao longo do ciclo de produção da cultura, segue o crescimento da planta, explicado por uma “curva sigmóide”. No início do ciclo vegetativo ocorrem baixo crescimento e absorção de nutrientes, seguido de crescimento rápido (quase linear) da planta com elevada taxa de acúmulo de nutrientes e, depois, uma estabilização no crescimento e também na absorção de nutrientes da planta, até completar o ciclo de produção (Prado, 2008).

A marcha de absorção expressa na forma de curvas de resposta em função da idade das plantas, informa épocas em que essas absorvem os nutrientes em maiores quantidades, aumentando, assim, o conhecimento de épocas em que a adição de nutrientes às plantas faz-se necessário. Por isso constitui instrumento importantíssimo ao manejo de fertilizantes das culturas (Fontes & Lima, 1993). Alvarenga *et al.*, (2004), elaboraram uma planilha de cálculo para aplicação de nutrientes via fertirrigação para a cultura do tomateiro, baseando-se nas curvas de crescimento e nas necessidades nutricionais que ocorrem durante as diferentes fases fenológicas da cultura.

A absorção de nutrientes pelo tomateiro é mínima até o surgimento das primeiras flores, daí em diante, a absorção aumenta e atinge o máximo na fase de ‘pegamento’ e crescimento dos frutos (entre 40 a 60 dias após o plantio) voltando a decrescer durante a maturação dos frutos. Entretanto, a quantidade de nutrientes extraída é relativamente pequena, mas a exigência em adubação é muito grande, pois a eficiência de absorção dos nutrientes pela planta é baixa (Oliveira, 2007).

A composição mineral ou o teor dos nutrientes nos tecidos foliares depende de fatores como planta (espécie, variedade, tipo de folha, idade etc.), solo, fertilizantes, clima, práticas culturais, pragas e doenças (Malavolta *et al.*, 1997). As diferenças encontradas na extração de nutrientes são influenciadas, pela produção, cultivar, condições ambientais, sistemas de condução da cultura, tipo de adubação, entre outros (Alvarenga *et al.*, 2004).

Normalmente a máxima absorção diária dos nutrientes coincide com o período inicial da frutificação. Isso acontece porque nesse período ocorre o estabelecimento de

uma força mobilizadora de nutrientes e assimilados, devido ao aumento da atividade metabólica, associada à atividade hormonal e a divisão e crescimento celular segundo (Taiz & Zeiger, 1991).

Gargantini & Blanco (1963), foram os precursores em pesquisar a marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. Esses autores trabalharam com a cultivar Santa Cruz, de crescimento indeterminado, semeada em vasos com areia, aplicando-se adubação mineral. A absorção de nutrientes atingiu o máximo entre 100 e 120 dias após a germinação para N, K, Mg e S, entretanto Ca e P, foram ininterruptamente absorvidos, do início ao final do ciclo, atingindo um máximo aos 140 dias após a germinação. Constatou-se intensa translocação de N, P, K e Mg dos órgãos vegetativos para os frutos em desenvolvimento, contrariamente, Ca e S apresentaram translocação limitada.

Haag *et al.*, (1978) em experimento com a cultivar Roma VF de crescimento determinado, em Latossolo Vermelho Amarelo, adubando-a com 85 kg ha<sup>-1</sup> N, 300 kg ha<sup>-1</sup> P e 100 kg ha<sup>-1</sup> K. Esses autores observaram que ocorreu crescimento lento até os 30 dias, depois o crescimento foi acelerado, com o peso da matéria seca praticamente dobrando a cada quinzena no período dos 45 aos 75 dias, atingindo o máximo aos 105 dias (5,706,61 kg ha<sup>-1</sup>). E a ordem de acúmulo de nutrientes foi K, N, Ca, Mg, P e S.

Rodrigues (1996) estudou a extração de nutrientes na cultura do tomateiro sob cultivo protegido e aplicação de nutrientes via solo, foliar e fertirrigação, observou que não houve diferenças entre as formas de aplicação dos fertilizantes para os macronutrientes, porém, para os micronutrientes, o fertilizante foliar apresentou valores maiores para a extração dos mesmos pela planta. Para uma produção de 102 t ha<sup>-1</sup> houve uma extração em kg ha<sup>-1</sup> de: 150,31 de N; 28,12 de P; 354,06 de K; 193,43 de Ca; 40,93 de Mg; 31,56 de S; e em g ha<sup>-1</sup> 274,7 de B; 826,8 de Cu; 1.694,1 de Fe; 1702,8 de Mn e 1183,7 de Zn. Com relação à exportação pelas flores e frutos, foi de 38,75 de N; 15,31 de P; 194,38 de K; 31,87 de Ca; 9,13 de Mg; 10,94 de S kg ha<sup>-1</sup>; e em g 85,9 de B; 5,31 de Cu; 607,81 de Fe; 378,5 de Mn e 231,57 de Zn.

Fayad *et al.*, (2002) também estudaram a absorção de nutrientes pelo tomateiro, utilizando a cultivar Santa Clara de crescimento indeterminado em condições de campo, e o híbrido EF-50 de crescimento determinado em casa de vegetação e observaram que a ordem decrescente de acúmulo de nutrientes foi K, N, Ca, S, P, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn para a cultivar Santa Clara e K, N, Ca, S, Mg, P, Mn, Fe, Cu e Zn para o híbrido EF-50.

## 2.7 Adubação do tomateiro com Nitrogênio e Fósforo

A aplicação de grande quantidade de adubos solúveis no solo é uma prática potencialmente poluidora do meio ambiente, principalmente da água, seja ela subterrânea ou superficial, não bastasse o custo ambiental, os fertilizantes são adquiridos pelos produtores a um custo cada vez mais alto, onerando a produção de alimentos (Oliveira *et al.*, 2009).

Em 1840 Liebig ao publicar ‘Química e suas aplicações na agricultura e fisiologia’ acenou para um repensar que ‘as colheitas no campo diminuem ou aumentam na proporção exata da diminuição ou aumento das substâncias minerais’ (Nortcliff & Gregory, 2013).

A adubação tem como fim fornecer os nutrientes à cultura, porém é preciso atender a critérios econômico e ambiental como ar, água e solo. Como escreveu Frederico Pimentel Gomes: “É errado supor que o lavrador aduba para aumentar a produtividade das suas terras ou ainda para melhorar o abastecimento do país de alimentos e de matérias-primas vegetais. Fundamentalmente o lavrador aduba para aumentar a sua receita líquida, para melhorar o seu padrão de vida, para ganhar mais dinheiro. O aumento de produtividade proporcionado pelo adubo só será vantajoso para o agricultor e para a nação se tiver sentido econômico” (Malavolta, 2008).

As recomendações de adubação empregadas no Brasil, de modo geral, baseiam-se na análise do solo e levam em conta o tamanho da colheita. O aspecto econômico normalmente não é avaliado. Pode-se admitir, pois, que o lavrador não esteja obtendo Colheita Econômica Máxima (CEM) e, portanto, não realizando todo o lucro possível. Por outro lado, o efeito residual do adubo não é considerado, a não ser indiretamente através da análise do solo e eventualmente da folha (Filgueira, 2003).

O crescimento e a produção do tomateiro e de outras culturas de importância econômica dependem, além de outros fatores, de adequado suprimento de nutrientes pelo solo às plantas. Sendo assim, para se obter alta produção de frutos comercializáveis no tomateiro é necessário conhecer os seus requerimentos nutricionais (Gomez-Lepe & Ulrich, 1974).

As principais tabelas de recomendação de adubação em uso no país (Comissão Estadual de Fertilidade do Solo, 1989; Universidade Federal do Ceará, 1993; Raij *et al.*, 1997; Cavalcanti *et al.*, 1998; Ribeiro *et al.*, 1999; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004) recomendam para a cultura do tomate doses de N que variam de 50 a 400 kg

ha<sup>-1</sup> (média de 198kg ha<sup>-1</sup>) e de 100 a 1.200 kg ha<sup>-1</sup>(média de 406kg ha<sup>-1</sup>) de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, de acordo com a produtividade esperada (Tabela 1). Com relação ao fósforo, algumas tabelas também consideram a capacidade tampão de fosfato estimada pelo teor de argila.

Tabela 1 – Doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendadas pelas principais tabelas de recomendação de adubação em uso no país.

Recomendação	Tomate	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
São Paulo(1)	260 – 360	300 –800
Bahia(2)	170	100 –400
Pernambuco(3)	160	120 –300
Ceará(4)	200	120 –300
RS e SC(5)	50 – 150	180 –750
Minas Gerais(6)	100 – 400	300 – 1.200
Média	198	406

Fonte:(1) Raij et al, (1997); (2) Comissão Estadual de Fertilidade do Solo (1989); (3) Cavalcanti et al, (1998); (4) Universidade Federal do Ceará (1993); (5) Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004) e (6) Ribeiro et al, (1999).

A adubação do tomateiro, em níveis muito superiores aos empregados nas demais culturas anuais, vem sendo administrada sem amparo em pesquisas. Racionalizar o fornecimento de nutrientes depende, obviamente, da ampla disponibilidade de dados de pesquisa, pertinentes e consistentes. O correto manejo da fertilização nitrogenada e fosfatada na cultura do tomateiro proporciona adequado crescimento das plantas e boas produções em termos de quantidade e qualidade, além de reduzir os custos de produção e os riscos de contaminação do ambiente (Dzida & Jarosz, 2005).

Os processos que comprometem a disponibilidade de nitrogênio no solo, como a lixiviação e a volatilização, e as dificuldades em conhecer a demanda deste nutriente pela planta do tomateiro, tornam difícil a otimização das doses de fertilizantes nitrogenados nesta cultura (Scaife & Stevens, 1983; Andersen *et al.*, 1999). Para o fósforo, o tipo de solo, o teor de P-disponível no mesmo e a capacidade de fixação do P-solúvel aplicado precisam ser considerados (Filgueira, 2003).

Em solos alcalinos, fertilizantes nitrogenados que contém N amoniacal estão sujeito a perdas de amônia (NH<sub>3</sub>) por volatilização. Embora no Brasil a ocorrência desse tipo de solo seja baixa, esses são os solos predominantes na região da Chapada do Apodi. Por outro lado, a predominância de cargas negativas nesses solos e a baixa interação química do nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) faz com que este esteja sujeito à lixiviação para as camadas mais profundas podendo atingir o lençol freático (Cantarella, 2007).

Levando-se em consideração os processos fisiológicos das plantas, o nitrogênio, comparado com os demais nutrientes, tem maior implicação sobre as taxas de crescimento e absorção de outros nutrientes, sendo, portanto, mais importante em termos de controle da nutrição ótima das culturas (Huett & Dettmann, 1988).

Reforçando a importância do N para o tomateiro, a elevação no nível fornecido às plantas aumenta o peso de matéria seca das raízes, do caule, das folhas e dos frutos, a altura da planta, o número de folhas, a área foliar, o florescimento, a frutificação e a produtividade. Em condições de campo, a nutrição ótima dessa cultura pode ser alcançada quando a quantidade aplicada de fertilizantes nitrogenados for igual à demanda que ocorre durante o período de crescimento dos frutos (Huett & Dettmann, 1988; Singh & Sharma, 1999).

Suprimento inadequado de N no início da fase reprodutiva do tomateiro, traz consequências imediatas ao crescimento e desenvolvimento da planta, reduzindo as taxas de expansão foliar e de crescimento da parte aérea. Tal carência ainda provoca nas folhas síntese de polifenóis, os quais inibem os reguladores do crescimento, a coloração amarelada e o aumento na quantidade de amido nos cloroplastos, demonstrando que o metabolismo é profundamente alterado. A rápida resposta do tomateiro é devido à pequena reserva de N durante o período de desenvolvimento da primeira inflorescência (Quijada *et al.*, 1992).

O fósforo é um dos nutrientes mais importantes e limitante no cultivo agrícola na maioria das regiões do mundo. Em todas as suas formas naturais, incluindo as formas orgânicas, o fósforo é muito estável e insolúvel, subsiste apenas uma porção muito pequena na solução do solo em qualquer momento (Holford, 1997).

Quando se aplica uma fonte solúvel de P em um solo, frequentemente mais de 90% do aplicado são adsorvidos na primeira hora de contato com o solo (Gonçalves *et al.*, 1985). Em solos menos intemperizados e de pH entre neutro e alcalino, a exemplo de muitos solos do semiárido nordestino, parte desse P adicionado é adsorvida à superfície de minerais secundários da fração argila (com maior presença de minerais do tipo 2:1 e baixo teor de oxi-hidróxidos de Fe e de Al) e parte se precipita com o  $\text{Ca}^{2+}$  da solução do solo (Farias *et al.*, 2009).

Resultados de pesquisa disponíveis para fósforo apontam como o nutriente cuja aplicação resulta em respostas mais significativas e consistentes em termos de produção, destacando-se sobre os demais. Um estudo foi realizado utilizando adubação fosfatada aplicada ao tomateiro rasteiro, com as cultivares 'Petomech' e 'IPA-5' em solos argilosos

na região do Submédio São Francisco, objetivando-se avaliar a resposta do tomateiro em solos com diferentes teores de P-disponível. Foi observado que em solos com 2 ppm de P-Disponível ou menos, a elevação na produtividade propiciada pela adubação foi de 190,8% em média; em solo com 8 ppm, o aumento foi de apenas 21,7%; em solos com 14 ppm ou acima, não se obteve resposta (Faria *et al.*, 1999).

Alguns solos de fertilidade mais elevada podem contribuir com parcelas substanciais de K, também de N e outros nutrientes, entretanto, o fornecimento adequado de P ao tomateiro dependerá mais estreitamente da adubação, sendo pouco significativa a contribuição da fertilidade natural do solo (Filgueira, 2003).

O fósforo é o macronutriente que normalmente ocupa o último lugar em ordem de acúmulo de nutrientes, o que pode induzir a falsa conclusão de que seja menor sua relevância na adubação. Entretanto, um bom suprimento de P na fase inicial do ciclo das culturas é fundamental para se obter produções elevadas, pois esse nutriente permite um bom desenvolvimento radicular. Restrições na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente (Grant *et al.*, 2001).

Sob condições limitantes de P as plantas normalmente apresentam pequeno desenvolvimento radicular, resultando em pequena exploração do solo, provocando acesso restrito e baixa eficiência de uso de água e nutrientes. Um dos melhores mecanismos de defesa contra estresses provocados por doenças e fatores climáticos é um sistema radicular forte; por isto, os efeitos negativos resultantes de doenças e estresse são reduzidos com adubação adequada com P (Stauffer & Sulewski, 2003).

Segundo Rajj (2003) o fósforo é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas. Geralmente, apenas cerca de 10% do fósforo aplicado como fertilizante é aproveitado por culturas anuais. Além disso, as quantidades aplicadas em geral superam muito as extrações pelas culturas, diferindo, neste aspecto, do nitrogênio e do potássio, que apresentam relações mais estreitas entre aplicações nas adubações e extração pelas culturas, principalmente em produtividades elevadas. Essa diferença de comportamento tem sido atribuída à fixação de P pelos solos, que seria mais comum em solos tropicais, com elevados teores de óxidos de ferro e alumínio, com os quais o P tem grande afinidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL - *Anuário da Agricultura Brasileira*. 1999. FNP Consultoria e Comércio. São Paulo: Editora Argos. Comunicação. 521 p.

ARAÚJO, AP. 2011. *Produção, qualidade e efeitos microclimáticos no cultivo de tomate industrial em diferentes coberturas do solo no município de Baraúna - RN*. Mossoró. RN. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 102p. (Tese Doutorado).

ALVARENGA, MAR. 2004. *Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA. 400p.

ANDERSEN, PC. RHOADS, FM; OLSON, SM; BRODBECK, BV. 1999. Relationships of nitrogenous compounds in petiole sap of tomato to nitrogen fertilization and the value of these compounds as a predictor of yield. *HortScience* 34: 254-258.

ANDRIOLO, JL. 1999. *Fisiologia das culturas protegidas*. Santa Maria: UFSM. 142p.

BENINCASA, MMP. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal. SP: FUNEP, 2003. 42 p.

BRASIL. 1971. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. DNPEA. *Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife*. Convênio MA/ DNPES-SUDENE/DRN. MA/USAID/BRASIL. 530p. (Boletim Técnico. 21).

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, RF; ALVAREZ, VVH; BARROS, NF; FONTES, RLF; CANTARUTTI, RB; NEVES, JCL (eds). 2007. *Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. p. 376-449.

CAVALCANTI, FJA (Org.) 1998. *Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação*. Recife. IPA.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. 1989. *Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia*. Salvador. CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/EPABA/NITROFÉRTIL. 173p.

DZIDA, K; JAROSZ, Z. 2005. Effect of different levels of nitrogen fertilization and additional foliage feeding on the yield and some elements in leaves and fruits of tomato. *Annales Universitatis Mariae Curie Skodowska Sectio EEE. Horticultura* 15: 51-58.

DIÓGENES, TBA. 2012. *Resposta da mamoneira a doses de potássio, boro, zinco, cobre, magnésio e a fontes de nitrogênio*. Mossoró. RN. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 54p. (Tese Mestrado).

EMBRAPA. 1973. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Ceará*. Recife: SUDENE-DRN/Ministério da Agricultura. DNPEA-DPP. 2v. DNPEA-DPP. Boletim Técnico, 28. SUDENE. Série pedológica. 16.

ERNESTO SOBRINHO, F. 1980. *Caracterização. Gênese e Interpretação para Uso de Solos Derivados de Calcário da Região da Chapada do Apodi Rio Grande do Norte*. Universidade Federal de Viçosa. 133p. (Tese Mestrado).

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. *Produção de Alimentos e Produtos Agrícolas*. <http://faostat.fao.org>

FARIA, CMB de; PEREIRA, JR; COSTA, ND; CORTEZ, CR; NAKANE, S; SILVA, FAA; ALVES. ME. 1999. Adubação fosfatada em tomateiro industrial em solos do Submédio São Francisco. *Horticultura Brasileira* 17: 114-117.

FARIAS, DR; OLIVEIRA, FHT; SANTOS, D; ARRUDA, JA; HOFFMANN, RB; NOVAIS, RF. 2009. Fósforo em solos representativos do Estado da Paraíba. Isotermas de adsorção e medidas do fator capacidade de fósforo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33: 623-632.

FAYAD, JA; FONTES, PCR; CARDOSO, AA; FINGER, LF; FERREIRA, FA. 2001. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 19: 365-370.

FAYAD, JA; FONTES, PCR; CARDOSO, AA; FINGER, FL; FERREIRA, FA. 2002. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 20: 90-94.

FELTRIN, AL; CECÍLIO FILHO, AB; REZENDE, BLA; BARBOSA, JC. 2008. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. *Horticultura Brasileira* 26: 50-55.

FERNANDES, TJ. 2012. *Curva de crescimento do fruto do cafeeiro em diferentes alinhamentos de plantio utilizando modelos não lineares*. Lavras: UFLA. (Tese mestrado).

FONTES, PCR; DIAS, EN; SILVA, DJH. 2005. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 23: 202-205.

FONTES, RR; LIMA, JA. 1993. Nutrição mineral e adubação do pepino e da abóbora. In: FERREIRA, ME; CASTELLANE PD; CRUZ MCP. *Nutrição e adubação de*

hortaliças. *Simpósio sobre nutrição e adubação de hortaliças*. Jaboticabal-SP: Potafós. p.281-300.

FILGUEIRA, FAR. 2003. Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: UFLA. 333p.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. 2013, 10 de dezembro. <http://www.funceme.br/>

FURLANI, PR; PURQUERIO, LFV. 2010. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: MELLO PRADO. R. *Nutrição de Plantas: diagnose foliar em hortaliças*. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP. p.45-62.

GARGANTINI, H; BLANCO HG. 1963. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. *Bragantia* 22: 693-714.

GOMEZ-LEPE, BE; ULRICH, A. 1974. Influence of nitrate on tomato growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 99: 45-49.

GONÇALVES, JL. M; Firme, DJ; Novais, RF; Ribeiro, AC. 1985 Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 9: 107-111.

GRANGEIRO, LC; MENDES, MAS; NEGREIROS, MZ; SOUZA. JO; AZEVÊDO, PE. 2005. Acúmulo e exportação de nutrientes pela cultivar de melancia Mickylee. *Caatinga* 18: 73-81.

GRANT, CA; FLATEN, DN; TOMASIEWICZ, DJ; SHEPPARD, SC. 2001. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Informações Agrônomicas* 95: 1-5.

HAAG, HP; OLIVEIRA, GD; BARBOSA, V; SILVA NETO, JM. 1978. Nutrição mineral de hortaliças. XXXII – Marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro destinado ao processamento industrial. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 35: p. 243-269.

HOLFORD, ICR. 1997. Soil phosphorus: its measurement and its uptake by plants. *Aust. Journal Soil Research* 35: 227-239.

HUETT, DO; DETTMANN EB. 1988. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 28:391- 399.

IBGE. 1999. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jaguaribe*. Salvador.

IBGE. 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística *Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes*. Rio de Janeiro. v.1. 95p. [http://www.ibge.gov.br/home/estatística/pesquisas/pesquisas\\_resultados.php?id\\_pesquisa=44](http://www.ibge.gov.br/home/estatística/pesquisas/pesquisas_resultados.php?id_pesquisa=44).

MALAVOLTA, E. 2008. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. *Informações Agronômicas* 121. SP: IPNI. 24p.

MALAVOLTA, E; VITTI, GC; OLIVEIRA SA. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Piracicaba. Potafós. 319p.

NEGREIROS, MZ; LOPES, WAR; DOMBROSKI, JLD; RODRIGUES, GSO; SOARES, AM; ARAÚJO, AP; FREITAS, RMO; FREIRE, AG. 2010. Crescimento e desenvolvimento de tomate 'SM-16' cultivado sob diferentes coberturas de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA. 50. *Anais...* Guarapari: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HORTICULTURA.

NORTCLIFF, S; GREGORY, PJ. 2013. The historical development of studies on soil-plant interactions. In: NORTCLIFF S; GREGORY PJ. (eds): *soil conditions and plant growth*. Blackwell Publishing Ltd. p. 1-21.

OLIVEIRA, AR; OLIVEIRA, SA; GIORDANO, LB; GOEDERT, WJ. 2009. Absorção de nutrientes e resposta à adubação em linhagens de tomateiro. *Horticultura Brasileira* 27: 498-504.

PAPADOPOULOS, AP. 1991. *Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media*. Ontário: Agriculture Canada Publication. 79 p.

PEREIRA, MCT; SALOMÃO, LCC; SILVA, SO; SEDIYAMA, CS; COUTO, FAA; SILVA NETO, SP. 2000. Crescimento e produção de primeiro ciclo de bananeira 'Prata Anã' (AAB) em sete espaçamentos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35: 1377-1378.

PRADO, R de M; SANTOS, VHG; GONDIM, AR de O; ALVES, AV; CECÍLIO FILHO, AB; CORREIA, MAR. 2011. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. *Semina: Ciências Agrárias* 32: 19-30.

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

QUIJADA, JS; DUMAS Y; BONAFIOUS, M. 1992. Growth and development of young tomato plants under nitrogen deficiency. *Acta Horticulturae*. 301:159-164.

RAIJ, BV. 2003. Palestra: Fósforo no Solo e interação com outros elementos. Potafos - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba-SP. *Informações Agronômicas* p. 102.

RAIJ, B van; CANTARELLA, H; QUAGGIO, JA; FURLANI, AMC. 1997. *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2ª edição. Campinas. Instituto Agrônomo & Fundação IAC. 285p. (Boletim técnico. 100).

RIBEIRO, AC; GUIMARÃES, PTG; ALVAREZ, VVH (Eds.). 1999. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa: CFSEMG. 359p.

RODRIGUES, DS. 1996. *Aplicação de fertilizantes via solo, foliar e fertirrigação afetando extração e concentração de nutrientes em tomateiro (Lycopersicon esculentum Mill) em estufa*. 78p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP. (Tese mestrado)

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. 2004. *Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre. SBCS-NRS. 400p.

SCAIFE, A; STEVENS, KL. 1983. 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* 14: 761-771.

SINGH, AK; SHARMA, JP. 1999. Studies on the effect of variety and level of nitrogen on plant growth and development and yield of tomato hybrids (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Annals of Agricultural Research*. 20. p. 502-503.

SORATO, AM da C. 2012. *Ajuste de modelo não linear ao crescimento de duas cultivares de feijoeiro em diferentes densidades de semeadura*. Lavras: UFLA. (Tese mestrado).

STAUFFER, M; SULEWSKI, G. 2003. Palestra: fósforo nutriente essencial para a vida. Potafos - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. *Informações Agronômicas* 102. Piracicaba-SP.

TAIZ, L; ZEIGER, E. 1991. *Plant physiology*. California: Redwood City. The Benjamin-Cummings Publishing Company. 559 p.

TAIZ, I; ZEIGER, E. 2004. Crescimento e desenvolvimento. In Taiz, I; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 719p.

TEI, F; SCAIFE, A; AIKMAN, DP. 1996. Growth of lettuce, onion and red beet. Growth Analysis. Light Interception and Radiation Use Efficiency. *Annals of Botany*. London. v. 78. n. 5. p. 633-643.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. 1993. *Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará*. Fortaleza. UFC. 247p.

**CAPÍTULO II**  
**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES PELO**  
**TOMATEIRO CAETÉ EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

## ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES PELO TOMATEIRO CAETÉ EM CONDIÇÕES DE CAMPO

### RESUMO

Com o emprego de novas técnicas de cultivo (irrigação por gotejamento, mulching, fertirrigação, entre outras) e o uso de materiais genéticos de alto potencial produtivo, tem sido importante o estudo do crescimento e da marcha de acúmulo de nutrientes pela cultura do tomate conduzida segundo as práticas culturais vigentes. Com o objetivo de avaliar o acúmulo de matéria seca e de nutrientes pelo tomateiro, conduziu-se um experimento na Fazenda Terra Santa, Quixeré-CE, entre os meses de junho e setembro de 2013, em uma área de plantio comercial, dentro do sistema tecnológico de produção utilizado na região da Chapada do Apodi. Foram avaliados o acúmulo matéria seca e de macro e micronutrientes pelo tomateiro, mediante a amostragem de plantas de tomateiro aos 14, 28, 42, 56, 70, 84 e 99 DAT dias após o transplante (DAT). A produção total de matéria seca estimada foi de 912,84 g planta<sup>-1</sup>. Os frutos se comportaram como dreno preferencial. O acúmulo total de macronutrientes na planta acompanhou o acúmulo de matéria seca do tomateiro, e os maiores incrementos ocorreram na fase de frutificação. A ordem de acúmulo de macronutrientes pelo tomateiro aos 99 DAT foi K>N>Ca>S>Mg>P, sendo acumulados, respectivamente, 208,08; 158,6; 138,8; 38,4; 32,2 e 27,5 kg ha<sup>-1</sup>. O nitrogênio, o fósforo e o potássio foram acumulados em maiores quantidades nos frutos e os demais nutrientes na parte vegetativa. A ordem de extração dos micronutrientes pelo tomateiro foi Fe>Mn>B>Zn>Cu sendo acumulados respectivamente 5,149, 0,765, 0,578, 0,172, 0,118 kg ha<sup>-1</sup>. Para todos os micronutrientes o acúmulo foi maior na parte vegetativa que nos frutos. A produtividade total estimada de frutos maduros foi de 97 t ha<sup>-1</sup>.

**Palavras chaves:** *Solanum lycopersicum* L, crescimento, extração de nutrientes, solo alcalino, semiárido.

## ACCUMULATION OF DRY MATTER AND NUTRIENTS OF THE TOMATO CAETÉ FIELD CONDITIONS

### ABSTRACT

With the use of new farming techniques (drip irrigation, mulching, fertigation, etc.) and the use of genetic materials of high productive potential, it has been important to study the growth and nutrient absorption march for tomato crop grown in accordance with current cultural practices. In order to assess the accumulation of dry matter and nutrients from the tomato, we conducted an experiment in Farm Holy Land, Quixeré -CE, between the months of June and September 2013 in a commercial plantation area within the system technological production used in the Chapada do Apodi. Were evaluated the dry matter accumulation and macro and micronutrients by tomato, by sampling tomato plants at 14, 28, 42, 56, 70, 84 and 99 days after transplanting ( DAT ). The mass of dry matter and the accumulation of nutrients in the vegetative parts of the plants and fruits were evaluated. The total estimated production of dry matter was 912.84 g plant<sup>-1</sup>. The fruits behaved as preferred drain. The total accumulation of nutrients in the plant accompanied the accumulation of dry matter of tomato, and the largest increases occurred in the fruiting stage. The macronutrient accumulation order by tomato plants at 99 DAT was K>N>Ca>S>Mg>P, being accumulated, respectively, 208.08; 158.6; 138.8; 38.4; 32.2 and 27.5 kg ha<sup>-1</sup>. Nitrogen, phosphorus and potassium were accumulated in large quantities in fruits and other nutrients in the vegetative. The extraction order of micronutrients by tomato was Fe>Mn>B>Zn>Cu being retained respectively 5.149, 0.765, 0.578, 0.172, 0.118 kg ha<sup>-1</sup>. For all micronutrient accumulation was higher in the vegetative to the fruit. The total estimated productivity of ripe fruit was 97 t ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** *Solanum lycopersicum* L, growth, nutrient uptake, alkaline soil, semi-arid.

## 1. INTRODUÇÃO

No estado do Rio Grande do Norte, as cultivares de tomate do Grupo Italiano ou Saladete são as mais cultivadas. Isso tem ocorrido em virtude do menor custo de produção em relação às cultivares do Grupo Santa Cruz ou Salada, pois os tomateiros do Grupo Italiano apresentam crescimento determinado, onde este é paralisado depois da floração, e dispensa práticas culturais como desbrotas, além de apresentar ciclo mais curto (Lucena *et al.*, 2013), bem como pelo hábito de consumo.

Com o emprego de novas técnicas de cultivo (irrigação por gotejamento, mulching, fertirrigação, entre outras), bem como, o uso de novos materiais genéticos de potencial produtivo elevado, tem sido importante o estudo do crescimento e da marcha de absorção de nutrientes pela cultura do tomate, conduzida segundo as práticas culturais vigentes. Avaliações do crescimento e do acúmulo de nutrientes para a cultura do tomate foram obtidas empregando-se sistemas de produção e cultivares menos produtivos que os atualmente utilizados, de modo que se faz necessária a realização desse tipo de pesquisa no contexto atual.

As curvas de crescimento e de acúmulo de nutrientes são muito úteis para se avaliar a demanda de nutrientes pela planta nas diversas fases do seu desenvolvimento. Com essas informações, é possível a obtenção de uma melhor sincronia entre a demanda de nutrientes pela planta e o suprimento desses nutrientes via fertirrigação (Feltrim *et al.*, 2008; Prado *et al.*, 2011). Dessa forma, o fornecimento de nutrientes para as plantas será realizado em épocas e doses adequadas (Alvarenga *et al.*, 2004). Contudo, é preciso, levar em consideração fatores relacionados ao genótipo e ao ambiente de cultivo, que podem gerar diferenças nas quantidades de nutrientes requeridos e absorvidos, quando se comparam dados de diferentes pesquisas sobre marcha de acúmulo de matéria seca e nutrientes pelo tomateiro (Furlani & Purquerio, 2010).

Gargantini & Blanco (1963) foram pioneiros no país em estudar a marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. Esses autores realizaram pesquisas utilizando a cultivar Santa Cruz-1639 conduzida em ambiente protegido, onde se concluiu que o nutriente mais absorvido foi o K, seguido do N, Ca, S, P e Mg. Os acúmulos de N, K, Mg e S alcançaram valores máximos no período de 100 a 120 dias após a germinação, enquanto que o Ca e o P foram acumulados durante todo o ciclo da cultura.

Em diversas pesquisas realizadas com o objetivo de se observar os teores e conteúdos de nutrientes no tomateiro, verificou-se que para algumas cultivares de tomate,

até a iniciação floral a planta absorveu menos de 10% do total de nutrientes acumulados ao longo do ciclo (Ward, 1967; Fernandes *et al.*, 1975; Haag *et al.*, 1978). Durante o florescimento e a frutificação, fases de maior intensidade de absorção, o tomateiro acumula quantidades elevadas de nutrientes (Lucena *et al.*, 2013;). Nesse período, as concentrações de N, P, K são maiores nos frutos e as de Ca, Mg, S (Lucena *et al.* 2013; Fayad *et al.*, 2002), nas folhas.

Essa pesquisa é inovadora para a região, pois esta apresenta solos alcalinos, derivados de calcário, um dos poucos encontrados no Brasil, onde as pesquisas com crescimento e acúmulo de nutrientes são escassos, e ainda por ser o tomateiro uma cultura que demanda alto nível tecnológico, devido ao seu desenvolvimento genético aprimorado, onde novos cultivares e híbridos são inseridos no mercado com frequência requerendo um alto investimento para sua produção, o que justifica realizar esses experimentos com regularidade.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar o crescimento e o acúmulo de nutrientes pelo tomateiro cultivado em condições de campo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, na Fazenda Terra Santa, município de Quixeré-CE, no período de junho a setembro de 2013, em um Cambissolo Háplico, derivado de calcário, cujas características químicas estão descritas na Tabela 1. O município de Quixeré-CE está localizado na Chapada do Apodi à 5° 05' 18" de latitude sul, 37° 47' 30" de longitude oeste, a 123 m de altitude. O clima da região segundo a classificação de Köppen é BSw, isto é, seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca que ocorre de junho a janeiro, e outra chuvosa de fevereiro a maio (Carmo Filho *et al.*, 1991).

O experimento foi desenvolvido em uma área de 0,2 ha, sendo esta parte de um plantio comercial de tomate, conduzido em sistema de fileira simples no espaçamento de 2,0 x 0,62 m, correspondendo a 8.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

O preparo do solo constou de uma subsolagem seguida de uma aração e duas gradagens cruzadas, tendo em vista o destorroamento e nivelamento, seguido de sulcamento em linhas, onde foi realizada a adubação de plantio com 15 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 12 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio.

Levantaram-se camalhões sobre os sulcos de plantio com 0,20 m de altura e 0,60 m de largura e sobre eles, foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando fita flexível de 16 mm e emissores com vazão de 1,7 L h<sup>-1</sup>, com distância entre emissores de 0,30 m. Na sequência, o solo foi coberto com polietileno preto de 1,40 m de largura e 0,25 micras de espessura com auxílio de máquina encanteiradora. Posteriormente, efetuou-se a abertura dos orifícios de plantio distanciados 0,62 m, com um vazador de 60 mm de diâmetro.

O híbrido utilizado foi o tomate Caeté®, do grupo Italiano, que apresenta as seguintes características: precocidade (colheita tem início em torno do 70 DAT), massa média dos frutos variando entre 180 a 240 gramas; 2 ou 3 lóculos; resistência a *Verticillium*, *Fusarium* (raça 1 e 2), vírus do mosaico do tabaco, vírus do “vira cabeça” e geminivírus TYLCV; dispensa desbrota e raleio de frutos, e é destinado para consumo fresco (Blue Seeds, 2014).

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 200 células, utilizando-se o substrato comercial Golden Mix ®. As mudas foram transplantadas em 10 de junho de 2013, no estágio de quatro a seis folhas definitivas, 25 dias após a semeadura.

Tabela 1 – Características químicas do solo da área experimental antes da instalação do experimento, avaliadas na camada de 0-20 cm. QUIXERÉ-CE. UFERSA, 2013.

pH	CE	M,O	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)
(H <sub>2</sub> O)	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
7,22	0,06	18,12	4,02	192,3	11,5	8,35	2,1	0,0	0,0
Cu		Fe		Mn		Zn			
-----mg dm <sup>-3</sup> -----									
0,63		2,05		28,5		2,4			

Tabela 2 – Características químicas da água de irrigação utilizada no experimento, proveniente de poço artesiano de 165 m de profundidade, do aquífero jandaíra. QUIXERÉ-CE. UFERSA, 2013.

pH	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Dureza <sup>-</sup>	RAS	Cátions	Ânions
água	dS m <sup>-1</sup>	-----			mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	-----			mg/L	mmol L <sup>-1</sup>	---- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ----	
6,90	1,47	0,16	4,05	8,70	2,80	7,80	0,0	7,7	575	1,7	15,7	14,3

As adubações de cobertura foram realizadas semanalmente via fertirrigação, sendo utilizados 485 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 600 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 690 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 118 kg ha<sup>-1</sup> de cálcio, 11 kg ha<sup>-1</sup> de manganês, 20 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco.

O controle de pragas e doenças foi realizado de acordo com recomendações técnicas adotadas na região com aplicações de fungicidas e inseticidas específicos para o tomateiro de acordo com a necessidade da cultura. O controle de plantas invasoras foi realizado na entrelinha com enxada, e manualmente entre plantas.

As plantas foram tutoradas utilizando-se tutores e fitilhos. Neste caso, na extremidade de cada fileira e a cada metro foi colocado um tutor de cerca de 2,0 m de altura a uma profundidade de 0,30 m. Quando as plantas começaram a florescer se passou um fitilho em zig – zag duplo, ou seja, no sentido ida e volta entre as plantas a 15 cm de altura do solo. Após isto se passou um fitilho a cada 0,30 m de altura de modo a envolver as plantas. Este processo foi mantido até o final do ciclo da cultura.

Para a avaliação do acúmulo matéria seca e de nutrientes, e a produção de frutos pelo tomateiro, foram amostradas plantas de tomate (competitivas e em bom estado fitossanitário) em intervalos de 14 dias até os 99 (DAT), em 4 repetições, colhidas no período da manhã. Ao todo foram realizadas sete amostragens, aos 14, 28, 42, 56, 70, 84 e 99 DAT. Nas duas primeiras amostragens foram coletadas duas plantas, e nas demais apenas uma. As plantas foram cortadas a partir do colo com faca inoxidável, colocadas

em sacos identificados de acordo com a repetição e encaminhadas para o laboratório. Os frutos das plantas amostradas que caíam em virtude da senescência foram utilizados na amostragem.

No laboratório, as plantas foram pesadas (peso total) e depois fracionadas em parte vegetativa e frutos. A parte vegetativa foi triturada em forrageira para melhor homogeneização do material, acelerar a secagem e facilitar a moagem do mesmo após seca. Em seguida, retirou-se uma subamostra de cerca de 500 g. Dos frutos, também retirou-se uma subamostra, de cerca de 500 g, sendo que estes foram cortados em pequenas partes com o objetivo de acelerar o processo de secagem.

Essas subamostras foram acondicionadas em bandejas de alumínio (tipo marmitex) para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, obtendo-se a matéria seca. O material foi pesado e triturado em moinho tipo Willey e acondicionados em frascos coletores para posterior análise química.

As análises químicas para a determinação dos acúmulos de nutrientes presentes em cada fração foram realizadas de acordo com metodologia da Embrapa (2009). Os resultados forneceram as concentrações dos nutrientes nos frutos e na parte vegetativa, e em função dos teores de matéria seca das amostras foi estimado o acúmulo de nutrientes para cada época de amostragem das plantas.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de regressão não-linear utilizando-se o *software* Sigma Plot (v.10.0) (SigmaPlot. 2006).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

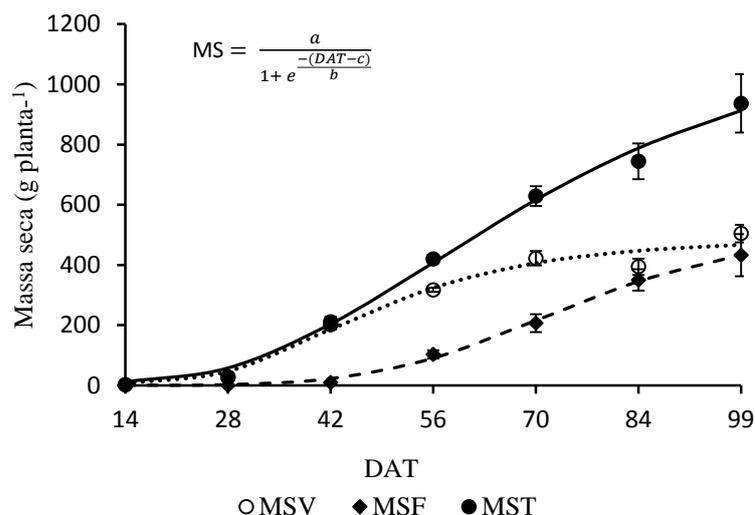
#### 3.1 Acúmulo de Matéria Seca

Houve contínuo acúmulo de matéria seca na parte aérea do tomateiro ao longo do ciclo, sendo este lento até aproximadamente os 30 dias após o transplante (DAT) (Figura 1). O mesmo foi observado por Lucena *et al.* (2013), utilizando o híbrido SM-16 de crescimento determinado, conduzido em condições de campo em Cambissolo Háplico, na mesma região do trabalho em questão. Segundo Pace *et al.* (1999), o crescimento inicial lento das plantas decorre de as mesmas usarem grande parte da sua energia para fixação no solo, uma vez que nessa fase as raízes são o dreno preferencial dos fotoassimilados.

A partir dos 30 DAT, o crescimento foi mais intenso, especialmente quando do ingresso da planta na fase reprodutiva, por volta dos 43 DAT, e intensificando-se até o final do ciclo, atingindo aos 99 DAT a produção máxima estimada de matéria seca total (MST) de 912,84 g planta<sup>-1</sup> (Figura 1), correspondendo a 7,36 t ha<sup>-1</sup>. Esses resultados são superiores aos 717,37 g planta<sup>-1</sup> no híbrido SM-16 de crescimento determinado, observado por Soares *et al.* (2013), conduzido em condições de campo, com cobertura de solo, em Cambissolo Háplico derivado de calcário, e a 406,3 g planta<sup>-1</sup> na cultivar Santa Clara, de crescimento indeterminado, cultivado em condições de campo e a 397 g planta<sup>-1</sup> no híbrido EF-50 de crescimento determinado, conduzido em estufa, em fileira dupla, observados por Fayad *et al.*, (2002).

Do total de matéria seca acumulada estimada aos 99 DAT, 467,02 g planta<sup>-1</sup> (52%) acumularam-se na parte vegetativa (MSV) e 433,82 g planta<sup>-1</sup> (48%) nos frutos (MSF). Os frutos se comportaram como dreno principal, uma vez que foram responsáveis por 48% do total de matéria seca acumulado pela planta. O restante da matéria seca, 52%, ficou distribuída entre os demais drenos, como folhas, caules e inflorescências (Tabela 1).

A partir da fase de frutificação verificou-se que houve um direcionamento de fotoassimilados da parte vegetativa para os frutos, no entanto a matéria seca da parte vegetativa foi maior em todo o ciclo da cultura. O aumento do número e tamanho dos frutos produzidos proporcionaram incrementos no acúmulo de matéria seca dos frutos, tendo ocorrido crescimento acelerado e contínuo dessa matéria seca desde os 57 aos 99 DAT (Figura 1).



Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
MSV	492,56	-4,08	48,58	0,96
MSF	540,38	-5,45	76,53	0,99
MST	1211,47	-3,25	70,23	0,99

Figura 1. Acúmulo de matéria seca na parte vegetativa (MSV), nos frutos (MSF) e total (MST) no tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013.

Tabela 1. Matéria seca estimada acumulada na parte vegetativa, nos frutos e total, no tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo.

DAT	Matéria Seca (g planta <sup>-1</sup> )		
	Vegetativa	Frutos	Total
14	6,67	0,14	11,85
28	46,95	2,33	57,82
42	186,12	22,33	204,01
56	323,86	90,25	407,48
70	406,24	215,67	616,42
84	447,01	345,47	788,02
99	467,02 (52%)	433,82 (48%)	912,84 (100%)
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	-	-	97

Na fase de frutificação e maturação dos frutos, em torno dos 71 DAT, o acúmulo de matéria seca nos frutos foi de 215, 57 g planta<sup>-1</sup>. Esse valor é maior que o dobro do observado aos 57 DAT durante a fase de frutificação. Isso mostra que durante a fase de maturação de frutos, a planta requer quantidades superiores de nutrientes.

Segundo Marschner (2012), quando a planta começa a produzir frutos, carboidratos e outros fotoassimilados são translocados das folhas para os frutos em decorrência da predominância da fase reprodutiva sobre a fase vegetativa, de modo que os frutos passam a ser o dreno principal das plantas.

Resultados semelhantes foram observados por outros autores (Lopes *et al.* 2011, Soares *et al.* 2013; Rodrigues *et al.* 2014), utilizando tomateiro tipo Italiano de crescimento determinado, nas mesmas condições edafoclimáticas do trabalho em questão, os quais verificaram que os frutos do tomateiro também foram o dreno principal.

A produtividade total estimada de frutos maduros foi de 97 t ha<sup>-1</sup> (Figura 2). Esta produtividade é superior à produtividade média nacional do tomateiro que é de 70 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2015) e ao observado por Araújo (2011) com o híbrido SM-16 cultivado em campo, em solo coberto com polietileno branco, na mesma região do trabalho em questão, que observou que a produtividade alcançada foi 63 t ha<sup>-1</sup>. As condições climáticas favoráveis contribuíram para a obtenção da produtividade elevada, pois o experimento foi conduzido no período de junho a setembro, meses mais indicados para o cultivo do tomateiro na região.

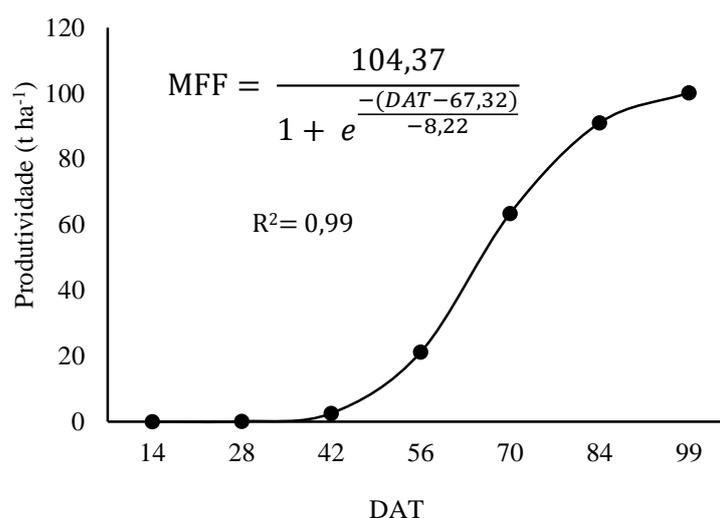


Figura 2. Produtividade total de frutos no tomateiro 'Caeté' cultivado em campo em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013.

### 3.2 Acúmulo de Macronutrientes

O acúmulo de macronutrientes pelo tomateiro acompanhou o crescimento da planta, sendo pequeno na fase inicial, intensificando-se a partir dos 30 DAT. Todos os macronutrientes apresentaram acúmulo crescente até os 99 DAT. Porém com o ingresso da planta na fase reprodutiva, aproximadamente a partir dos 43 DAT, intensificou-se o acúmulo dos macronutrientes (Figuras 3 a 8). A partir dos 70 DAT os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio foram translocados mais intensamente da parte vegetativa para os frutos, respectivamente, favorecendo o aumento do acúmulo desses nutrientes nos frutos em detrimento da parte vegetativa.

O acúmulo dos nutrientes nos órgãos da planta apresenta grande variação em função das atividades metabólicas e fisiológicas da planta e dos próprios nutrientes. Na fase inicial de desenvolvimento, as folhas são os órgãos da planta com maior concentração de nutrientes, à medida que a fase de frutificação se iniciou ocorreu um incremento na absorção de nutrientes pelas plantas, e o nitrogênio, fósforo e potássio passaram gradativamente a se acumular em maior quantidade nos frutos, e os nutrientes, cálcio, magnésio e enxofre permanecem acumulados mais na parte vegetativa que nos frutos, em função da mobilidade destes na planta.

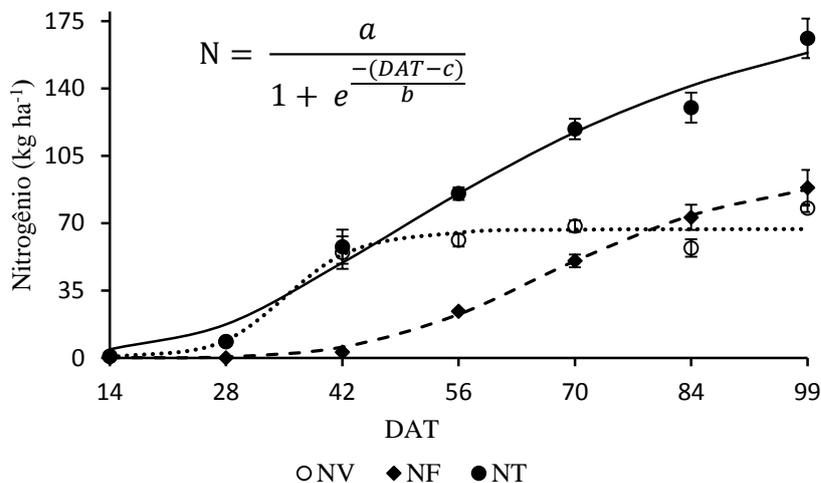
O nitrogênio teve baixo acúmulo nos estádios iniciais, mas a partir dos 30 DAT esse acúmulo passou a ser elevado e foi bem superior no final do ciclo da cultura, atingindo o total estimado de  $158,6 \text{ kg ha}^{-1}$ , aos 99 DAT (Figura 3). O comportamento da curva de acúmulo de N foi muito semelhante à do acúmulo de matéria seca.

Próximo dos 85 DAT houve um incremento no acúmulo de N nos frutos, o qual foi superior ao acumulado pela parte vegetativa. Aos 99 DAT, atingiu o acúmulo máximo estimado de  $87,59 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Figura 3). Esse acúmulo total foi superior aos  $23,5 \text{ kg ha}^{-1}$  observados por Prado *et al.* (2011), em experimento com o tomate Raísa de crescimento indeterminado, em sistema hidropônico, e inferior aos  $133,72 \text{ kg ha}^{-1}$  observado por Lucena *et al.*, (2013).

As principais reações bioquímicas em plantas envolvem a presença de N, o que o torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades por plantas cultivadas (Cantarella, 2007).

O N tem maior implicação sobre a taxa de crescimento da planta, pois favorece o desenvolvimento vegetativo, aumentando a área foliar, daí a semelhança com a curva de acúmulo de matéria seca. Exerce efeito na produção de fotoassimilados, tendo implicação nas

relações fonte-dreno, alterando a distribuição de assimilados entre partes vegetativas e reprodutivas. Além disso, é importante na absorção de outros nutrientes, predispondo a planta à produção elevada (Huett & Dettmann, 1988).



Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
NV	66,94	-7,54	35,75	0,97
NF	101,21	-5,63	71,1	0,99
NT	203,37	-2,87	63,78	0,99

Figura 3. Acúmulo de nitrogênio na parte vegetativa (NV), nos frutos (NF) e total (NT) no tomateiro Caeté cultivado em campo em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE. UFERSA, 2013.

O acúmulo total estimado de fósforo aos 99 DAT foi 27,5 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 16,6 kg ha<sup>-1</sup> acumulado nos frutos (Figura 4). Foi o macronutriente menos acumulado pelo tomateiro ‘Caeté’.

Esses valores são inferiores aos 24,9 kg ha<sup>-1</sup> (total) e 14,83 kg ha<sup>-1</sup> (frutos) observados por Lucena *et al.* (2013), no tomateiro SM-16, e superiores aos 7 kg ha<sup>-1</sup> acumulados nos frutos de tomateiro observado por Prado *et al.*, (2011).

Por tratar-se de um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas, os valores de fósforo extraídos do solo são geralmente baixos, principalmente quando comparados com o nitrogênio e o potássio (Grant *et al.* 2001), entretanto, mesmo que o acúmulo de P seja baixo, a adubação fosfatada, geralmente, é a que mais tem favorecido a produção nos solos brasileiros, um dos motivos é pelo fato de o P ser absorvido pelas plantas desde os primeiros estádios até a senescência. Além do mais, devido à alta capacidade de adsorção

e o baixo teor nos solos, o P é pouco disponível às plantas, o que justifica a importância da adubação (Filgueira, 2003).

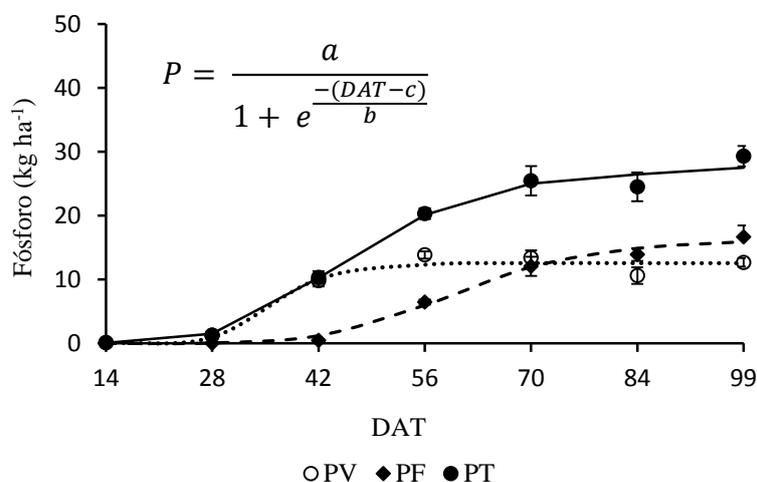


Figura 4. Acúmulo de fósforo na parte vegetativa (PV), nos frutos (PF) e total (PT) pelo tomateiro Caeté cultivado em campo em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE. UFERSA, 2013.

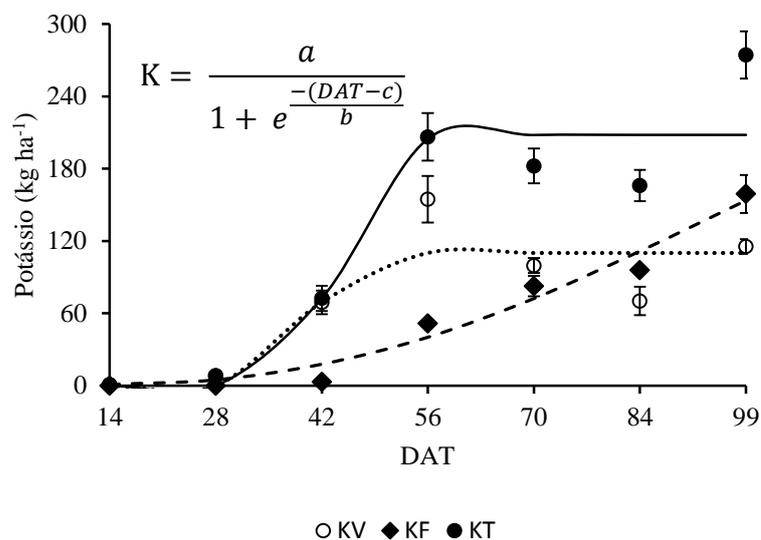
O potássio foi o nutriente acumulado em maior quantidade pelo tomateiro Caeté, alcançando aos 99 DAT o total estimado de 208,08 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 153,56 kg ha<sup>-1</sup> acumulado nos frutos. Próximo dos 71 DAT, na fase de maturação dos frutos, a quantidade de K na parte vegetativa estabilizou e ocorreu aumento nos frutos (Figura 5).

O potássio é o cátion mais abundante na planta. Sua absorção é muito influenciada pela disponibilidade no solo e por ser muito móvel transloca-se facilmente dos órgãos mais velhos para os mais novos. As folhas novas, os tecidos meristemáticos e os frutos, são os órgãos preferencialmente supridos por K (Meurer, 2006).

Nota-se que o potássio aplicado é aproveitado pela planta em alta escala. Porém, em solos que apresentam teores médios ou elevados de K, solos naturalmente férteis ou proveniente de adubações efetuadas anteriormente, a aplicação em doses elevadas doses

elevadas desse macronutriente favorece o consumo de luxo, ou seja, a planta absorve K em grande quantidade, porém desnecessariamente (Filgueira, 2003).

Prado *et al.* (2011) observaram que o total de K acumulado pelo tomateiro Raissa em sistema hidropônico foi 41 kg ha<sup>-1</sup>. Lucena *et al.* (2013) obtiveram valores superiores de K total (305,83 kg ha<sup>-1</sup>) e nos frutos (178,63 kg ha<sup>-1</sup>).



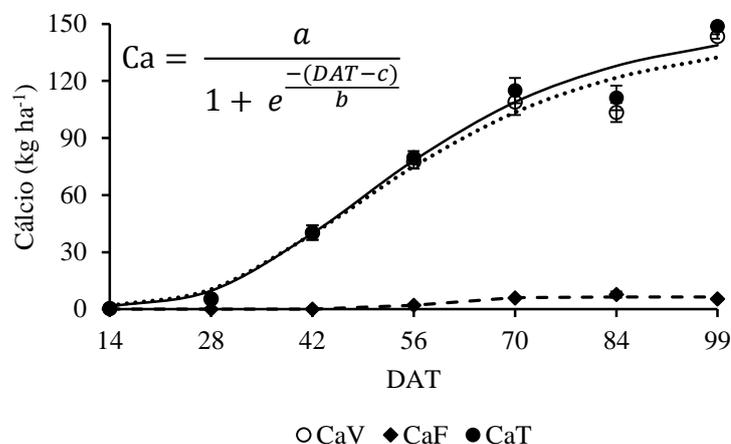
Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
KV	110,01	-72,02	42,69	0,89
KF	411,23	-3,09	117,03	0,98
KT	208,14	-16,85	44,62	0,94

Figura 5. Acúmulo de potássio na parte vegetativa (KV), nos frutos (KF) e total (KT) pelo tomateiro Caeté cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFRSA, 2013.

O acúmulo total estimado de cálcio aos 99 DAT foi 138,8 kg ha<sup>-1</sup>. Esse também é um nutriente acumulado em grande quantidade pelo tomateiro. Os frutos, órgão com baixo acúmulo de cálcio, acumularam o máximo estimado de 6,5 kg ha<sup>-1</sup> (4,7%) aos 99 DAT (Figura 6).

Semelhante ao observado por Fayad *et al.* (2002) para o híbrido EF-50 (cultivado em ambiente protegido) e a cultivar Santa Clara (cultivada em campo), que acumularam o total de 195 e 202 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Fayad *et al.* (2002), observaram que os frutos acumularam apenas 5% do total acumulado pela planta. O cálcio após ser transportado para as folhas se torna imóvel e os baixos teores no fruto se devem à diluição

da concentração desse nutriente resultante do crescimento do fruto e à precipitação do Ca no floema (Nachtigall, 2007).



Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
CaV	150,16	-3,63	57,05	0,98
CaF	6,51	-15,46	59,74	0,97
CaT	155,45	-3,82	56,82	0,98

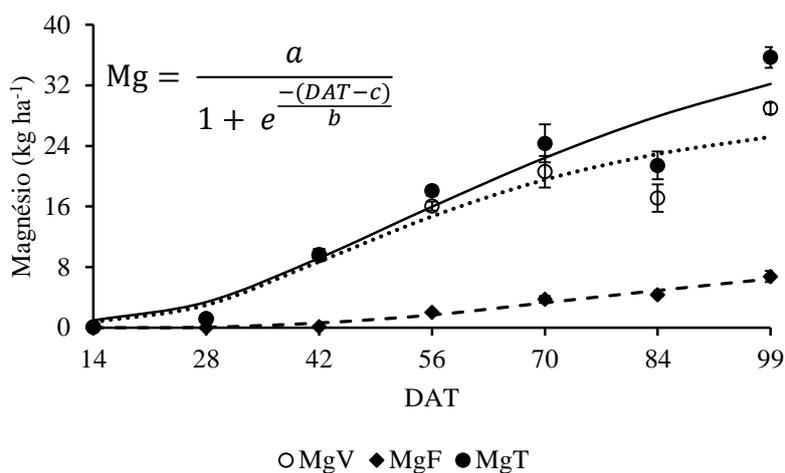
Figura 6. Acúmulo de cálcio na parte vegetativa (CaV), nos frutos (CaF) e total (CaT) pelo tomateiro Caeté cultivado em campo em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE. UFERSA, 2013.

Em situações onde ocorre rápido crescimento dos frutos, esta diluição pode proporcionar concentrações de Ca abaixo do nível crítico necessário, podendo ocorrer sintomas de deficiência de Ca nos frutos, denominado fundo preto, muito comum em tomate. Outro fator que pode acentuar essa diferença nas quantidades de Ca acumuladas na parte vegetativa e nos frutos é a competição entre K e Ca que se faz também dentro da planta (Malavolta *et al.*, 1997). O maior fluxo de potássio concorre para diminuir a presença de cálcio nos frutos.

O acúmulo total de Mg pelo tomateiro ‘Caeté’ aos 99 DAT foi 32,2 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que esse acúmulo foi maior na parte vegetativa. Nos frutos, o acúmulo estimado foi de 6,5 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 7).

Segundo Nachtigall (2007), o magnésio tem papel estrutural como componente da molécula de clorofila, sendo uma das causas desse nutriente se acumular mais na parte vegetativa do que nos frutos.

Quantidades semelhantes de acúmulo de Mg, total e no fruto, foram observadas por Lucena et al. (2013) 35,49 kg ha<sup>-1</sup> e 8.68 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, (tomateiro SM-16) e por Fayad et al. (2002) 40 kg ha<sup>-1</sup> e 6 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, (Cultivar Santa Clara).

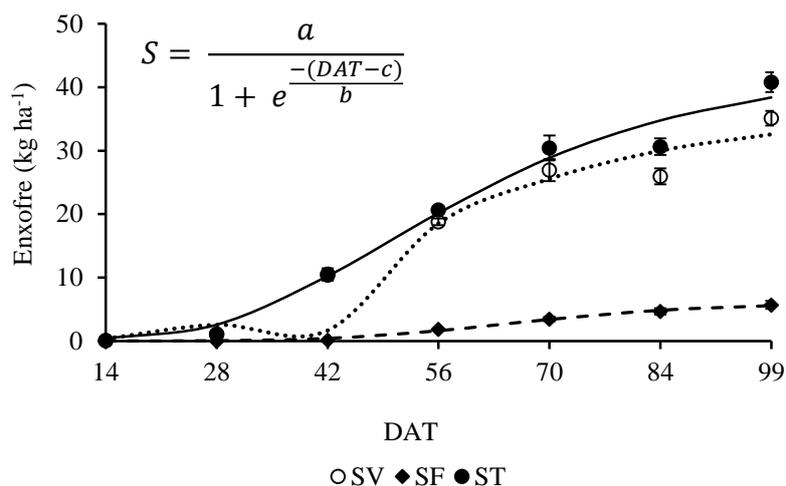


Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
MgV	30,41	-2,99	58,3	0,95
MgF	10,78	-3,74	88,61	0,98
MgT	46,3	-2,65	72,52	0,96

Figura 7. Acúmulo de magnésio na parte vegetativa (MgV), nos frutos (MgF) e total (MgT) pelo tomateiro Caeté cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE. UFERSA, 2013.

O total estimado de enxofre acumulado pelo tomateiro ‘Caeté’ aos 99 DAT foi 38,4 kg ha<sup>-1</sup>. Os frutos, órgão com menor quantidade de S, apresentaram acúmulo máximo de 5,6 kg ha<sup>-1</sup>, aos 99 DAT (Figura 8). Fayad *et al.* (2002), observaram que o híbrido EF-50 e a Cultivar Santa Clara acumularam 49 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre total e 9 kg ha<sup>-1</sup> nos frutos.

Na maioria das culturas, os requerimentos de S são muito semelhantes aos de P, entretanto, o S é fundamental em um programa de adubação (Alvarez, 2007).



Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
SV	36,97	-3,63	56,85	0,98
SF	6,3	-5,55	68,51	0,99
ST	44,71	-3,62	60,1	0,99

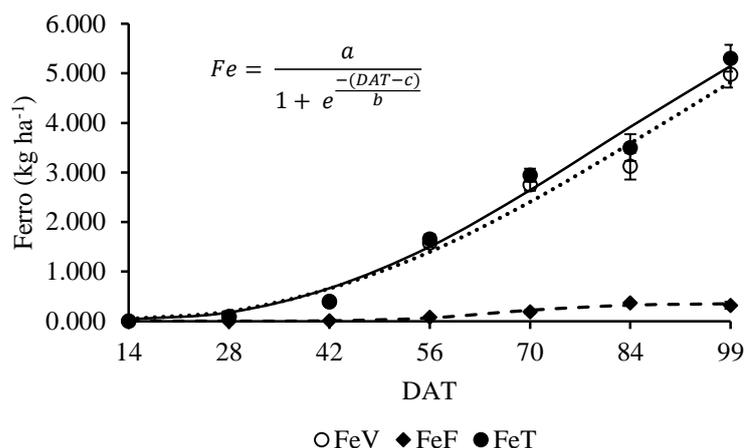
Figura 8. Acúmulo de enxofre na parte vegetativa (SV), nos frutos (SF) e total (ST) pelo tomateiro Caeté cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013.

### 3.3 Acúmulo de Micronutrientes

O acúmulo de micronutrientes pelo tomateiro foi pequeno na fase inicial, porém a partir dos 40 DAT, com o ingresso da cultura na fase reprodutiva, observou-se um aumento no acúmulo desses nutrientes. Para todos os micronutrientes o acúmulo foi maior na parte vegetativa que nos frutos (Figuras 9 a 13).

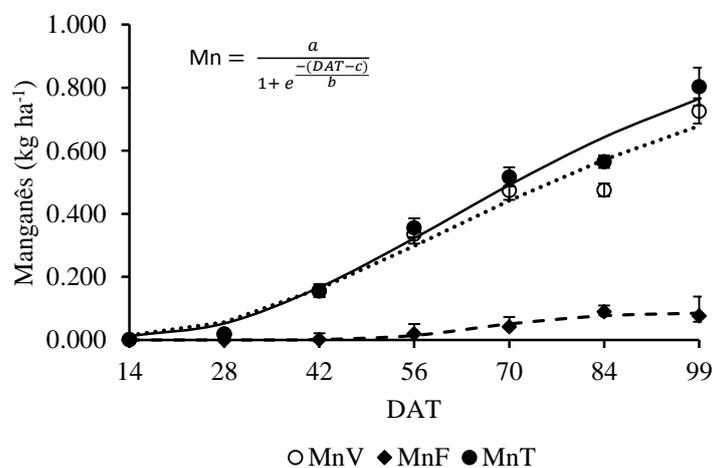
O Fe foi o micronutriente mais absorvido pelo tomateiro, chegando a acumular um total estimado de 5,149 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 9). O acúmulo foi crescente durante todo o ciclo de cultivo.

Seguido do Fe, porém em quantidades totais bem inferiores, vieram Mn, B, Zn e Cu (0,765, 0,578, 0,172 e 0,118 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente) (Figuras 10, 11, 12, 13).



Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
FeV	12,69	-2,98	117,18	0,98
FeF	0,36	-9,06	67,69	0,98
FeT	10,19	-3,21	98,41	0,99

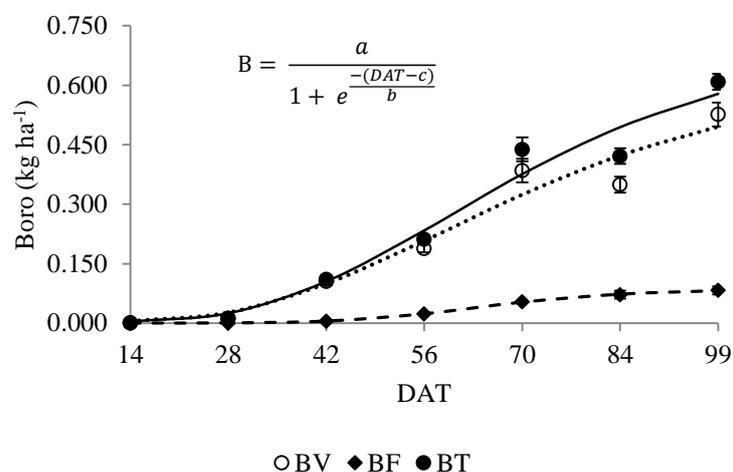
Figura 9. Acúmulo de ferro na parte vegetativa (FeV), nos frutos (FeF) e total (FeT) pelo tomateiro Caeté cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013.



Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
MnV	1,06	-2,73	80,46	0,98
MnF	0,08	-8,82	68,6	0,98
MnT	10,19	-3,21	98,41	0,99

Figura 10. Acúmulo de manganês na parte vegetativa (MnV), nos frutos (MnF) e total (MnT) pelo tomateiro Caeté cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013.

O acúmulo dos micronutrientes é influenciado por uma série de fatores, tais como abundância do elemento na natureza, pH do solo, teor de matéria orgânica, óxidos, minerais primários e secundários, cultura e estágio de desenvolvimento, híbrido, produtividade alcançada, tipo de cultivo, entre outros (Abreu *et al.*, 2007), por esses motivos se percebem diferenças de acúmulo de micronutrientes com a literatura. Fayad *et al.* (2002), constataram que a ordem de acúmulo foi Cu>Fe>Mn>Zn para a cultivar Santa Clara de crescimento indeterminado, cultivada em condições de campo, e para o híbrido EF-50 de crescimento determinado, conduzido em ambiente protegido, em fileira dupla, a qual a ordem de acúmulo foi Mn>Cu>Fe>Zn.



Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
BV	0,66	-3,34	72,32	0,97
BF	0,08	-6,42	66,81	0,99
BT	44,71	-3,62	60,1	0,99

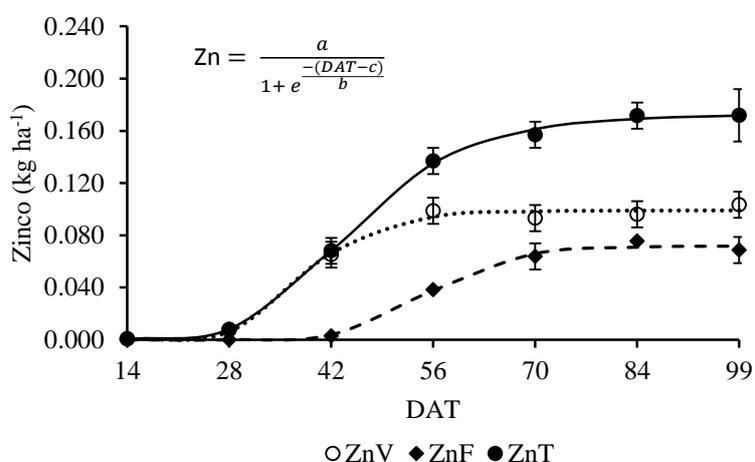
Figura 11. Acúmulo de boro na parte vegetativa (BV), nos frutos (BF) e total (BT) pelo tomateiro Caeté cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013.

Desse modo, Villas Bôas *et al.* (2002), encontraram valores totais inferiores para o Fe (2,6 kg ha<sup>-1</sup>) e B (0,3 kg ha<sup>-1</sup>), e superiores para Cu (3,5), Mn (3,0), Zn (1,0 kg ha<sup>-1</sup>) para o híbrido Thomas.

O pH do solo afeta a disponibilidade desses nutrientes. O aumento do pH (acima de 6,6) diminui a presença dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn na solução do solo (Abreu *et al.* 2007). Esse fato pode ter ocorrido tendo em vista que o solo onde o experimento foi

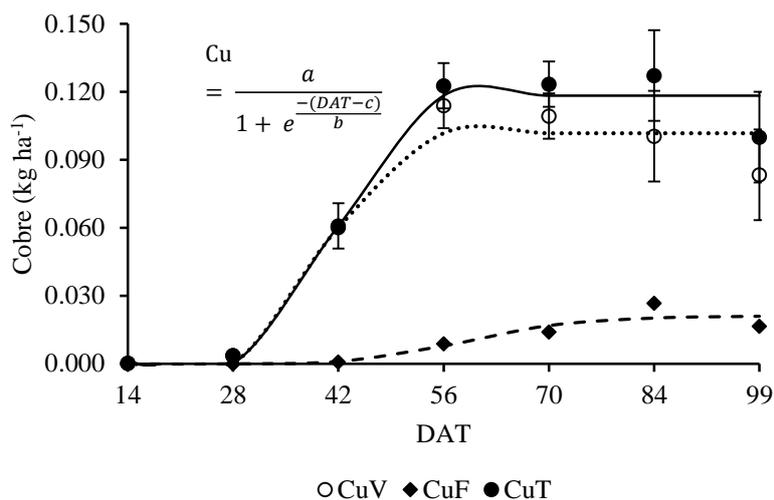
instalado é alcalino, derivado de calcário, apresentando pH de 7,2. Com exceção do B, os demais micronutrientes estudados apresentam-se mais disponíveis na faixa de pH entre 4 a 6,6.

O boro é o micronutriente cuja deficiência pode afetar o tomateiro, isso acontece devido a sua disponibilidade ser menor em pH elevado (maior que 7) ou menor que 5. Entretanto, nas condições desse experimento, não foi observado sintoma de deficiência desse micronutriente.



Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
ZnV	0,09	-7,87	39,33	0,99
ZnF	0,07	-10,49	56,47	0,99
ZnT	0,17	-5,99	46,19	0,99

Figura 12. Acúmulo de zinco na parte vegetativa (ZnV), nos frutos (ZnF) e total (ZnT) pelo tomateiro Caeté cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFERSA, 2013.



Característica	Estimativa dos Parâmetros da Equação			R <sup>2</sup>
	a	b	c	
CuV	0,1	-71,37	42,78	0,97
CuF	0,02	-8,5	60,59	0,94
CuT	0,11	-71,5	42,96	0,98

Figura 13. Acúmulo de cobre na parte vegetativa (CuV), nos frutos (CuF) e total (CuT) pelo tomateiro Caeté cultivado em campo, em função de dias após o transplante (DAT). Quixeré-CE, UFRSA, 2013.

### 3.4 Exportação de Nutrientes

Verificou-se que do total de nutrientes absorvidos pelo tomateiro, os frutos acumularam 58% do K, 57% do P, 53% do N, 19% do Mg, 14% do S e 4% do Ca (Tabela 2). Comparando-se a dinâmica de alocação de nutrientes verificou-se maior quantidade de N, P e K nos frutos e Ca, Mg, S na parte vegetativa.

Resultados muito semelhantes foram obtidos por Fayad *et al.* (2002) com o tomateiro ‘Santa Clara’ cultivado em campo, onde observaram que os frutos acumularam 56% do K, 55% do N, 54% do P, 21% do Mg, 20% do S e 5% do Ca. Haag *et al.* (1978) observaram que a quantidade exportada pela cultivar Santa Cruz, foi 74,5% de P, 63,5% de N, 63,5% de K, 41,7% de Mg, 20,4% de S e 12,7% Ca. Prado *et al.* (2011) observaram que 54% do K, 45% do N, 38% do P, 2% do Ca, 19% do Mg e 15% do S foram exportados pelos frutos com a colheita. Esses autores também verificaram que um percentual maior de Ca, Mg e S foi acumulado na parte vegetativa.

Quanto aos micronutrientes, o Zn foi o que mais se acumulou nos frutos seguido pelo Cu, B, Mn e Fe, totalizando 40%, 17%, 14%, 10% e 6% do total acumulado pela

planta, respectivamente. Embora o Fe tenha sido o micronutriente acumulado em maior quantidade pelo tomateiro ‘Caeté’, foi o que apresentou menor acúmulo nos frutos (Tabela 2).

Tabela 2 – Percentual exportado e restituído de matéria seca total e de nutrientes. Quixeré-CE. UFERSA, 2013.

Parte da planta	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Cu	Mn	Zn
	----- %-----											
Frutos (exportado)	46	53	57	58	4	19	14	14	6	17	10	40
Parte Vegetativa(restituído)	54	47	43	42	96	81	86	86	94	83	90	60

Diferente do que foi observado nesse trabalho, Fayad *et al.* (2002) observaram que o Fe foi o que mais acumulou nos frutos seguido pelo Zn, Cu, e Mn, totalizando 23%, 20%, 2,3% e 3,4% do total absorvido pela planta, respectivamente. Rodrigues *et al.* (2002) observaram o percentual de acúmulo de Fe de 64,2% na parte vegetativa e 35, 8 % nos frutos.

O tomateiro destaca-se dentre as demais hortaliças devido à sua grande exigência em nutrientes (Moraes, 1997). O acúmulo de grandes quantidades de nutrientes em curto período de tempo mostra o quanto o tomateiro é exigente em nutrientes. As quantidades exportadas através da colheita de frutos são muito elevadas e representam as perdas de nutrientes do solo advindas da colheita, que deverão ser restituídas nos cultivos futuros. Os nutrientes contidos na parte vegetativa, irão permanecer na área e serão aproveitados pelos próximos plantios e deverão ser levados em conta por ocasião do planejamento da adubação de um novo plantio. Neste aspecto, é evidente a necessidade de se conhecer o balanço de nutrientes do tomateiro a fim de manejar a utilização de insumos.

Sabendo das quantidades de macro e micronutrientes que são extraídas ao longo do ciclo de cultivo, é possível conhecer a exigência da cultura em nutrientes. As quantidades que são acumuladas pelos frutos (exportadas) devem ser restituídas, enquanto os nutrientes contidos na parte aérea podem ser incorporados ao solo, por meio do reaproveitamento de restos culturais.

#### 4. CONCLUSÕES

A produção total de matéria seca estimada foi de 912,84 g planta<sup>-1</sup>, sendo 467,02 g planta<sup>-1</sup> acumuladas pela parte vegetativa e 433,82 g planta<sup>-1</sup> pelos frutos. A produtividade total estimada de frutos foi de 97 t ha<sup>-1</sup>.

O acúmulo total de macronutrientes acompanhou o crescimento do tomateiro e os maiores incrementos ocorreram durante a fase de frutificação.

Aos 99 DAT a ordem de extração dos macronutrientes pelo tomateiro foi K>N>Ca>S>Mg>P, sendo acumulados respectivamente 208,08; 158,6; 138,8; 38,4; 32,2 e 27,5 kg ha<sup>-1</sup>. Nitrogênio, fósforo e potássio foram acumulados em maiores quantidades nos frutos, e os demais nutrientes na parte vegetativa. Em termos absolutos, o P, Ca, Mg e S são nutrientes pouco exportados pelas colheitas.

A ordem de extração dos micronutrientes pelo tomateiro foi Fe>Mn>B>Zn>Cu sendo acumulados respectivamente 5,149, 0,765, 0,578, 0,172, 0,118 kg ha<sup>-1</sup>. Para todos os micronutrientes o acúmulo foi maior na parte vegetativa que nos frutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, AC de; LOPES, AS; SANTOS, G. 2007. Micronutrientes. In: NOVAIS, RF; ALVAREZ, V; VH; BARROS, NF; FONTES, RLF; CANTARUTTI, RB; NEVES, JCL (eds). *Fertilidade do Solo*. Viçosa, SBCS. P. 471-550.

ALVARENGA MAR. 2004. *Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA. 400p.

ALVAREZ, VHV. 2007. Enxofre. In; NOVAIS, RF; ALVAREZ VH; BARROS, NF; FONTES, RLF; CANTARUTTI, RB; NEVES, JCL (eds). *Fertilidade do solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.595-644.

Blue Seeds. Catálogo de produtos. 2014, 10 de novembro. Disponível em: <http://www.bluseeds.com.br/catalogo-de-produtos/caete/>

CARMO FILHO F; ESPÍNOLA SOBRINHO J; MAIA NETO JM. 1991. *Dados climatológicos de Mossoró: um município semi-árido nordestino*. Mossoró: ESAM, 121p.

CANTARELLA, H. 2007. Nitrogênio. In; NOVAIS, RF; ALVAREZ VH; BARROS, NF; FONTES, RLF; CANTARUTTI, RB; NEVES, JCL (eds). *Fertilidade do solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.375-470.

FAYAD, JA; FONTES, PCR; CARDOSO, AA; FINGER, FL.; FERREIRA, FA. 2002. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 20: 90-94.

FELTRIM, AL.; CECÍLIO FILHO, AB; REZENDE, BLA; BARBOSA, JC. 2008. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. *Horticultura Brasileira* 26: 50-55.

FERNANDES, PD; CHURATA-MASCA, MGC; OLIVEIRA, GD de; HAAG, HP. 1975. Nutrição de hortaliças: XXVII. Absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em cultivo rasteiro. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Piracicaba*, 32:595-607.

FILGUEIRA, FAR. 2003. Solanáceas: *agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló*. Lavras: UFLA. 333p.

FURLANI, PR; PURQUERIO, LFV. 2010. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: MELLO PRADO. R. *Nutrição de Plantas: diagnose foliar em hortaliças*. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP. p.45-62.

GARGANTINI, H; BLANCO HG. 1963. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. *Bragantia*, 22: 693-714.

GRANT, CA; FLATEN, DN; TOMASIEWICZ, DJ; SHEPPARD, SC. 2001. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Informações Agronômicas* 95:1-5.

HAAG, HP; OLIVEIRA, GD; BARBOSA, V; SILVA NETO, JM. 1978. Nutrição mineral de hortaliças: XXXII – Marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro destinado ao processamento industrial. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 35: 243-269.

HUETT, DO; DETTMANN EB. 1988. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 28:391- 399.

LOPES WAR; NEGREIROS MZ; DOMBROSKI JLD; RODRIGUES GSO; SOARES AM; ARAÚJO AP. 2011. Análise do crescimento de tomate ‘SM-16’ cultivado sob diferentes coberturas de solo. *Horticultura Brasileira* 29: 554-561.

LUCENA RRM; NEGREIROS MZ; MEDEIROS JF; BATISTA TMV; BESSA ATM; LOPES WAR. 2013. Acúmulo de massa seca e nutrientes pelo tomateiro ‘SM-16’ cultivado em solo com diferentes coberturas. *Horticultura Brasileira* 31: 401-409.

MALAVOLTA E; VITTI GC; OLIVEIRA SA. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Piracicaba, Potafós. 319p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p

MEURER, EJ. 2006. Potássio. In: FERNANDES, MS. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. p.281-298.

NACHTIGALL, GR; NOGUEIROL, RC; ALLEONI, LRF.; CAMBRI, MA. 2007. Copper concentration of vineyard soils as a function of pH variation and addition of poultry litter. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50: 941-948.

PACE PF; CRALLE HT; EL-HALAWANY SHM; COTHREN JT; SENSEMAN SA. 1999. Drought-induced Changes in Shoot and Root Growth of Young Cotton Plants. *The Journal of Cotton Science* 3: 183-187.

PRADO, R de M; SANTOS, VHG; GONDIM, AR de O; ALVES, AV; CECÍLIO FILHO, AB; CORREIA, MAR. 2011. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. *Semina: Ciências Agrárias* 32: 19-30.

RODRIGUES, DS; PONTES, AL; Minami, K; DIAS, CT dos S. 2002. Quantidade absorvida e concentrações de micronutrientes em tomateiro sob cultivo. *Scientia Agrícola* 59: 137-144.

RODRIGUES, GSO; NEGREIROS, MZ; LOPES, WAR; GRANGEIRO, LC; LIMA, JSS. 2014. Growth and partitioning of assimilates in tomato trees due to the different kinds of mulching. *Revista Caatinga (Online)* 27, 10-17.

Scientific Graphing Software. 2006. *SigmaPlot 10.0*. Jandel: San Rafael.

SOARES, AM; NEGREIROS, MZ; LOPES, WAR; DOMBROSKI, JLD; LUCENA, RRM. 2013. Crescimento do tomateiro cultivado em solo coberto com polipropileno preto. *Revista Ciência Agronômica* (UFC. Online) 44: 790-797.

VILLAS BÔAS RLV. 2002. *Acúmulo de nutrientes em plantas de tomate híbrido Thomas*. Relatório Técnico. Syngenta/Rogers. 27p.

Ward, GM. 1967. Growth and nutrient absorption in greenhouse tomato and cucumber. *American Society Horticultural Science* 90: 335-341.

### **CAPÍTULO III**

#### **RESPOSTA DO TOMATEIRO 'CAETÉ' A DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

## RESPOSTA DO TOMATEIRO 'CAETÉ' A DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

### RESUMO

A adubação do tomateiro vem sendo realizada com a aplicação de doses muito superiores às empregadas nas demais culturas anuais, e muitas vezes isso ocorre sem amparo em pesquisas. Com o objetivo de avaliar a resposta do tomateiro a doses de nitrogênio e fósforo, conduziu-se um experimento de campo na Fazenda Boágua, município de Baraúna-RN, no período de agosto a outubro de 2014. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 10 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de nitrogênio (0, 60, 120, 240 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de N) e cinco doses de fósforo (0, 75, 150, 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Foram avaliadas a produtividade comercial, não comercial e total. Também foram quantificados os níveis críticos de nitrogênio e de fósforo na planta do tomateiro e o nível crítico de fósforo no solo, e o acúmulo de N e P nos frutos. Houve efeito significativo das doses de N e P na produção do tomate. As plantas responderam mais a P do que a N, pois a magnitude do efeito das doses foi maior com relação ao fósforo. As doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> associadas à produtividade total máxima estimada foi 45 kg ha<sup>-1</sup> e 311 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os teores de nitrogênio e fósforo na folha diagnóstica aumentaram com o aumento das doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ao solo. As faixas de nível crítico de N e P na folha foram 41,46 – 42,47 mg dm<sup>-3</sup> e 2,01 – 2,33 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. A faixa de nível crítico de P no solo foi 44,24 – 89,04 g kg<sup>-1</sup>. O tomate 'Caeté' adubado com 60 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> acumularam 36,30 e 2,83 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente de nitrogênio e fósforo nos frutos.

**Palavras chaves:** *Solanum lycopersicum* L, adubação nitrogenada, adubação fosfatada, semiárido, solo alcalino

## RESPONSE OF TOMATO 'CAETÉ' AT NITROGEN DOSES AND PHOSPHOR IN FIELD CONDITIONS

### ABSTRACT

The tomato fertilizer is being carried out with the use of much higher doses than those used in other annual crops, and often it occurs without protection in research. In order to evaluate the response of tomato to nitrogen and phosphorus doses, was conducted a field experiment in farm Boágua, municipality of Baraúna-RN, from august to october 2014. The experimental design was blocks randomized with 10 treatments and four replications. The treatments consisted of five nitrogen rates (0, 60, 120, 240 and 360 kg ha<sup>-1</sup> of N) and five doses of phosphorus (0, 75, 150, 300 and 600 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Commercial productivity, non-commercial and total were evaluated. The critical levels of nitrogen and phosphorus in tomato plant and the phosphorus critical level in the soil, and the accumulation of N and P in the fruits were also quantified. There was a significant effect of N and P in the production of tomatoes. Plants responded more P than N because the magnitude of the effect of doses was greater with respect to phosphorus. N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> levels associated with estimated total maximum yield was 45 kg ha<sup>-1</sup> and 311 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. Nitrogen and phosphorus in the diagnostic sheet increased with increasing doses of N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> to the ground. The critical level ranges of N and P in leaf were 41.46 to 42.47 mg dm<sup>-3</sup> and 2.01 to 2.33 mg dm<sup>-3</sup>, respectively. The critical level range of P in soil was 44.24 to 89.04 g kg<sup>-1</sup>. Tomato 'Caeté' fertilized with 60 and 150 kg ha<sup>-1</sup> of N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> accumulated 36.30 and 2.83 kg ha<sup>-1</sup>, respectively of nitrogen and phosphorus in the fruits.

**Key words:** *Solanum lycopersicum* L, nitrogen fertilizer, phosphate fertilizer, semiarid, alkaline soil

## 1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) representa uma das mais importantes e expressivas culturas no cenário agrícola mundial, sendo considerada uma das hortaliças mais exigentes em nutrientes (Alvarenga, 2004). Um dos principais fatores para a expansão da cultura é o crescimento do consumo. Esse aumento se deve ao fato de o tomateiro ser um alimento funcional devido aos altos teores de vitaminas e licopeno, além de ser um produto de alto valor agregado, saboroso e maior vida útil pós colheita.

Em 2014, a produção nacional chegou a 4.302,777 toneladas de tomate, com um incremento médio de 10,77% em relação a 2012. O Nordeste, segunda maior região produtora do país, contribuiu com 15,66% dessa produção, o Rio Grande do Norte, com uma área plantada de 230 ha, produziu 6.606 toneladas de tomate em 2014, o que dá uma produtividade média de 28,72 k ha<sup>-1</sup>, sendo inferior aos rendimentos médios obtidos pelos estados da Bahia, Ceará e Pernambuco, que alcançaram, respectivamente, 44,75, 40,07 e 34,74 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2015).

Dentre os principais fatores responsáveis pela baixa produtividade do tomateiro na região Semiárida, destacam-se os baixos teores de nitrogênio e de fósforo nos solos dessa região. No Rio Grande do Norte, os produtores têm aplicado doses elevadas desses nutrientes no plantio e em cobertura (através da fertirrigação), mas sem respaldo em experimentação de campo, desconsiderando o efeito residual desses nutrientes proveniente dos plantios anteriores, contribuindo para o aumento do custo de produção e causando impactos ambientais negativos.

O manejo adequado da fertilização nitrogenada e fosfatada na cultura do tomate, proporciona crescimento e desenvolvimento das plantas e boas produções em termos de quantidade e qualidade, além de diminuir os custos de produção e os riscos de contaminação do ambiente (Dzida & Jarosz, 2005).

O nitrogênio e o fósforo são os nutrientes que mais limitam a produtividade das culturas na maioria dos solos das regiões do mundo. Em todas as suas formas naturais, incluindo as formas orgânicas, o fósforo é muito estável e insolúvel, subsiste apenas uma porção muito pequena na solução do solo (Novais & Smith, 1999). Dados de pesquisa disponíveis para fósforo apontam como o nutriente cuja aplicação resulta em respostas mais significativas e consistentes em termos de produção, destacando-se dos demais (Filgueira, 2003).

As principais tabelas de recomendação de adubação em uso no país (Comissão Estadual de Fertilidade do Solo, 1989; Universidade Federal do Ceará, 1993; Raij *et al.* 1997; Cavalcanti *et al.* 1998; Ribeiro *et al.* 1999; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004) recomendam para a cultura do tomate doses de N que variam de 50 a 400 kg ha<sup>-1</sup> (média de 198 kg ha<sup>-1</sup>) e de 100 a 1.200 kg ha<sup>-1</sup> (média de 406 kg ha<sup>-1</sup>) de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Em cada uma dessas tabelas de recomendação de adubação, as doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> variam de acordo com a produtividade esperada da cultura e com o teor de P no solo. No caso do fósforo, algumas tabelas consideram a capacidade tampão de fosfato do solo, estimada pelo teor de argila. Isso demonstra a necessidade de pesquisas com adubação nas diferentes regiões produtoras no país, tendo em vista a elaboração de recomendações de adubação nitrogenada e fosfatada com base em resultados de pesquisas regionais.

No Rio Grande do Norte não existe manual de recomendação de adubação para culturas em geral tampouco para a cultura do tomate. As recomendações de adubação originadas a partir da interpretação dos resultados deste trabalho irão contribuir para a melhoria do sistema produtivo do tomateiro na Chapada do Apodi.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a produção do tomateiro ‘Caeté’ adubado com diferentes doses de nitrogênio e de fósforo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, na Fazenda Boágua, município de Baraúna-RN, no período de agosto a outubro de 2014, em um Cambissolo Háplico argiloso, derivado de calcário (Embrapa, 2006), em uma área nova, cujas características químicas e os teores de areia, silte e argila presentes na camada de 0-20 cm estão descritas na Tabelas 1. A irrigação foi realizada com água proveniente de poço artesiano, cuja composição química está descrita na Tabela 2.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de nitrogênio (0, 60, 120, 240 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de N) e cinco doses de fósforo (0, 75, 150, 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Para todos os tratamentos, foram aplicadas 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 40 kg ha<sup>-1</sup> de S, 4 kg ha<sup>-1</sup> de B e 5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. Nos tratamentos referentes às doses nitrogênio, as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram fixadas em 300 kg ha<sup>-1</sup>, e nos tratamentos referentes às de fósforo as doses de N foram fixadas em 400 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 3).

Cada parcela constou de quatro linhas de 6,0 m de comprimento, contendo 10 plantas no espaçamento de 1,80 x 0,60 m, totalizando 43,2 m<sup>2</sup>. As duas fileiras centrais, descartando-se duas plantas em cada extremidade, foram consideradas como área útil da parcela.

O preparo do solo constitui-se de uma subsolagem e em seguida uma aração e duas gradagens cruzadas, tendo em vista o destorroamento e o nivelamento, seguido de sulcamento em linhas onde em seguida foram demarcadas as parcelas.

O híbrido utilizado foi o Caeté® que apresenta as seguintes características: precocidade (início da colheita em torno de 70 DAT), massa média dos frutos variando entre 180 a 240 gramas; 2 ou 3 lóculos; resistência a *Verticillium*, *Fusarium* raça 1 e raça 2, vírus do mosaico do tabaco, vírus do “vira cabeça” e geminivírus TYLCV; Grupo Italiano; crescimento determinado; dispensa desbrota e raleio de frutos (diminuindo os custos de produção), e é destinado para consumo fresco (Blue Seeds, 2014).

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 200 células, utilizando-se o substrato comercial Golden Mix®. As mudas foram transplantadas em 13 de agosto de 2014, no estádio de quatro a seis folhas definitivas.

A adubação de plantio constou de 280 kg ha<sup>-1</sup> de N, 2.600 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1.500 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, 300 kg ha<sup>-1</sup> de S, 40 kg ha<sup>-1</sup> de boro, 50 kg ha<sup>-1</sup> de zinco. Os adubos foram pesados, misturados e colocados em sacos de um quilo, no campo os saquinhos foram distribuídos

em cada linha de plantio de acordo com o tratamento, em seguida a mistura de adubos foi distribuída manualmente ao longo do sulco de plantio.

Após a adubação de plantio foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando fita flexível de 16 mm e emissores com vazão de 1,5 L h<sup>-1</sup> a uma pressão de 100 KPa, espaçados de 0,30 m.

As adubações nitrogenadas e potássicas em cobertura foram realizadas aos 21, 35, 49 e 56 DAT. Foram utilizados 2.500 kg ha<sup>-1</sup> de N e 1.500 de kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O. Os fertilizantes uréia e cloreto de potássio foram dissolvidos em água com auxílio de baldes graduados. A diluição da solução com fertilizantes foi realizada de modo que ao final se obtivesse 4L de solução (1 L por linha, 100 mL no colo de cada planta).

Tabela 1 – Características químicas e teores de areia, silte e argila do solo da área experimental antes da instalação do experimento, avaliadas na camada de 0-20 cm. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.

pH (H <sub>2</sub> O)	CE	M,O	N <sub>total</sub>	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)
7,7	dS m <sup>-1</sup> 0,22	g kg <sup>-1</sup> 12,23	g kg <sup>-1</sup> 0,77	-----mg dm <sup>-3</sup> -----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
			1,6	257,6	18,8	9,9	0,43	0,0	0,0	
	Cu		Fe		Mn			Zn		
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----									
	0,51		1,7		5,6			1,17		
	Areia				Silte			Argila		
	----- kg kg <sup>-1</sup> -----									
	0,58				0,09			0,33		

Tabela 2 – Características químicas da água de irrigação utilizada no experimento, proveniente de poço artesiano de 165 m de profundidade, do aquífero jandaíra. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.

pH (H <sub>2</sub> O)	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Dureza	RAS	Cátions	Ânions
-	dS m <sup>-1</sup>	----- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----				-----		mg/L	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	----	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	----
6,8	1,5	0,1	3,5	9,6	2,6	4,8	0,0	7,7	608	1,4	15,8	14,0

Tabela 3 – Doses de nutrientes referentes a cada tratamento para avaliação do rendimento do tomate Caeté<sup>®</sup> em função de doses de nitrogênio e de fósforo. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.

Tratamento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	B	Zn
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
<b>1</b>	<b>0</b>	300	300	40	4,0	5,0
<b>2</b>	<b>60</b>	300	300	40	4,0	5,0
<b>3</b>	<b>120</b>	300	300	40	4,0	5,0
<b>4</b>	<b>240</b>	300	300	40	4,0	5,0
<b>5</b>	<b>360</b>	300	300	40	4,0	5,0
<b>6</b>	400	<b>0</b>	300	40	4,0	5,0
<b>7</b>	400	<b>75</b>	300	40	4,0	5,0
<b>8</b>	400	<b>150</b>	300	40	4,0	5,0
<b>9</b>	400	<b>300</b>	300	40	4,0	5,0
<b>10</b>	400	<b>600</b>	300	40	4,0	5,0

O controle de pragas e doenças foi realizado de forma convencional com aplicações de produtos específicos de acordo com a necessidade da cultura. O controle de plantas invasoras foi realizado na entrelinha com enxada, e manualmente entre plantas.

As plantas foram tutoradas utilizando-se tutores e fitilhos. Neste caso, na extremidade das fileiras foi colocado um tutor espaçado de 1,0 m, de cerca de 2,0 m a uma profundidade de 0,30 m. Quando as plantas começaram a florescer se passou um fitilho em zig – zag duplo, ou seja, no sentido ida e volta entre as plantas a 15 cm de altura do solo. Após isto se passou um fitilho a cada 0,30 m de altura de modo a envolver as plantas. Este processo foi efetuado até o final do ciclo da cultura.

Trinta e cinco dias após o transplante foram coletadas amostras de solo com pá de corte na profundidade de 0 a 0,20 m na área útil de cada parcela. Foram retiradas oito amostras simples por parcela, essas foram misturadas e retirada uma subamostra (Oliveira *et al.* 2007) para determinação dos teores de P disponível pelo extrator Mehlich-1 (Embrapa, 2009).

Para avaliação do estado nutricional das plantas foi realizada a amostragem de folhas na época do florescimento pleno do tomateiro, aos 36 DAT, para isso, foram coletadas duas folhas por planta, a quarta folha a partir do ápice, em todas as plantas da área útil de cada parcela, totalizando vinte e quatro folhas por parcela (Malavolta *et al.* 1997). No laboratório o material foi lavado com água destilada, colocado sobre papel absorvente, e em seguida, colocado em estufa de circulação forçada de ar a 65° C até

secagem. Após secas, foram moídas em moinho tipo Wiley e posteriormente realizadas as análises químicas dos teores de N e P.

Aos 65 DAT foi realizada a coleta de frutos. As características avaliadas foram: produtividade de frutos comerciais (PC), não comerciais (PNC) e de frutos total (PTOT). Os frutos comerciais foram classificados de acordo com o maior diâmetro transversal em três classes: grande ( $\varnothing > 6,0$  cm), médio ( $5,0 < \varnothing \leq 6,0$  cm) e pequeno ( $4,0 < \varnothing \leq 5,0$  cm), conforme Alvarenga (2004). A colheita foi antecipada e realizada em uma única etapa devido à área ter sofrido um ataque de murcha bacteriana (*Ralstonia solanacerum*).

Consideraram-se como não comerciais os frutos com danos causados por pragas (brocas e/ou traças), com podridão apical, e frutos com diâmetro transversal menor que 4,0 cm.

As análises químicas para a determinação dos teores de nutrientes presentes nas folhas e no solo foram realizadas conforme Embrapa (2009). O nitrogênio foi quantificado pelo método semi-micro Kjeldahl e fósforo por calorimetria. Todas as análises químicas na planta e nos frutos foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão utilizando o software (Sisvar v. 5.3) (Ferreira, 2010). Para cada característica avaliada, o quadrado médio do resíduo da análise de variância foi utilizado como erro experimental para testar a significância dos coeficientes dos modelos de regressão a serem ajustados. Após escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados, os valores de significância foram corrigidos pelo programa Fcalcw32® for Windows.

A partir das equações de regressão ajustadas, calculou-se a dose de máxima eficiência física (DMEF) associada à máxima produtividade, e a dose de máxima eficiência econômica (DMEE), dose de nutriente necessária para a produção de 90% da produção da máxima eficiência física (Alvarez, 1996).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Produção do Tomateiro Caeté em Função de Doses de Nitrogênio

A produtividade total do tomateiro aumentou em função do aumento das doses de N aplicadas ao solo, se ajustou o modelo de regressão raiz quadrada (Figura 1). Houve um aumento de pequena magnitude, pois a produtividade total estimada obtida com a dose zero de N foi de 26,66 t ha<sup>-1</sup>, sendo cinco por cento menor do que a produtividade máxima estimada, 28,0 t ha<sup>-1</sup>, a qual seria obtida se fosse aplicada a dose de 45 kg ha<sup>-1</sup> de N.

As produtividades totais obtidas neste trabalho estão aquém das encontradas por Silva *et al.* (1997) que obtiveram 157,6 t ha<sup>-1</sup> com a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Guimarães (1998) obteve 62,9 t ha<sup>-1</sup> para a máxima produção total com a aplicação de 500 kg ha<sup>-1</sup> de N. Fayad *et al.* (2001) obtiveram 94 t ha<sup>-1</sup> com a cultivar Santa Clara, de crescimento indeterminado, cultivado em condições de campo e 115 t ha<sup>-1</sup> com o Híbrido EF-50 de crescimento determinado cultivado em ambiente protegido. Ferreira *et al.* (2003) obtiveram 44,78 t ha<sup>-1</sup> com 530 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A produtividade foi pequena e quase não houve diferença, pois devido à ocorrência de murcha bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) na área, a colheita teve que ser antecipada e realizada de uma única vez, não sendo possível conduzir o experimento até o final do ciclo da cultura.

Uma hipótese que pode ter levado a alta incidência de *Ralstonia solanacearum* na área experimental deve-se às elevadas doses de N utilizadas nos tratamentos, ou mesmo, a desnutrição das plantas que ficaram susceptíveis a essa doença quando se aplicaram os tratamentos com doses zero de N ou P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

As tabelas de recomendação de adubação para a cultura do tomate em uso no país, recomendam doses de N superiores, em média de 198 kg ha<sup>-1</sup>, com doses variando de 50 a 400 kg ha<sup>-1</sup> de N (Comissão Estadual de Fertilidade do Solo (1989); Cavalcanti *et al.* (1989); Universidade Federal do Ceará (1993); Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004); Raij *et al.* (1997); Ribeiro *et al.*, (1999)).

$$\hat{Y} \text{ PFC} = 20,285 - 0,0433 * X + 0,6467 * X^{0,5} \quad R^2 = 0,86$$

$$\hat{Y} \text{ PFNC} = 6,376 + 0,0127 * X - 0,2366 * X^{0,5} \quad R^2 = 0,86$$

$$\hat{Y} \text{ PFTOTAL} = 26,658 - 0,0306 * X + 0,4106 * X^{0,5} \quad R^2 = 0,85$$

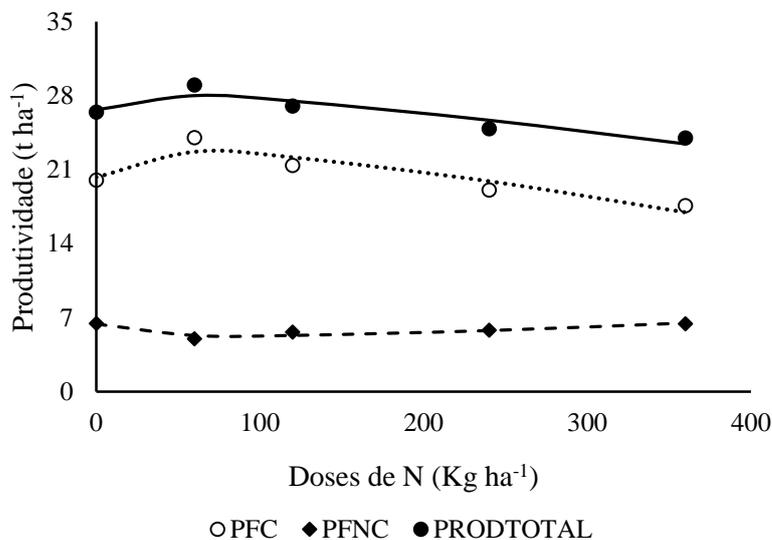


Figura 1. Produtividade comercial (PFC), não comercial (PFNC) e total (PRODTOTAL) em função de doses de nitrogênio. Baraúna-RN, UFERSA, 2014.

Além da produtividade total estimada ter sido baixa, é importante mencionar que na dose zero de N a produtividade obtida foi semelhante às demais que receberam adubação nitrogenada. Isso mostra que nessas condições experimentais a adubação nitrogenada não influenciou muito no aumento da produtividade. Fato que pode ter ocorrido devido ao ataque severo de *Ralstonia solanacearum*.

A ausência de resposta ao incremento de doses de nitrogênio deve-se provavelmente ao teor de nitrogênio orgânico presente no solo da área experimental. Os restos da mata nativa que ficaram na área após o desmatamento, composta por leguminosas e outras espécies, que foram incorporados durante o preparo do solo antes da instalação do experimento, provavelmente contribuíram para a obtenção de tais resultados, já que a matéria orgânica total no solo favorece o aumento do teor de nitrogênio no mesmo, e pode ter sido suficiente para atender a demanda de N pela planta naquelas condições. Segundo Silva; Mendonça (2007), cerca de 95% do nitrogênio do solo estão associados à matéria orgânica.

### 3.2 Produção do Tomateiro Caeté em Função de Doses de Fósforo

A produtividade do tomateiro aumentou em função do aumento das doses de  $P_2O_5$  aplicadas ao solo, onde se ajustou o modelo de regressão raiz quadrada (Figura 2). Embora esse modelo de regressão ajustado estime uma produtividade total de  $0,727 \text{ t ha}^{-1}$  de frutos na ausência de adubação fosfatada, na verdade todas as plantas das parcelas não adubadas com fósforo morreram no decorrer da condução do experimento, de modo que a produtividade observada foi  $0,0 \text{ t ha}^{-1}$ .

A morte de todas as plantas nas parcelas não adubadas com fósforo, evidencia que o solo era muito pobre em fósforo (apenas  $1,6 \text{ mg dm}^{-3}$  de P) e que o tomateiro é uma cultura muito exigente neste nutriente na fase inicial de crescimento. De acordo com Grant *et al.* (2001), restrições na disponibilidade de fósforo no início do ciclo vegetativo de uma planta podem resultar em limitações no seu desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente.

Apesar das plantas não terem produzido na ausência de adubação fosfatada, a aplicação de apenas  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  foi suficiente para que o tomateiro produzisse 75% ( $21,57 \text{ t ha}^{-1}$ ) da produtividade máxima estimada ( $28,84 \text{ t ha}^{-1}$ ), a qual seria obtida com a dose de  $311 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . O aumento da produtividade do tomateiro em função de doses de  $P_2O_5$  maiores que  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  é de pequena magnitude, de modo que o modelo raiz quadrada foi o que se ajustou melhor aos dados observados (Figura 2). Isso faz com que a dose de  $P_2O_5$  associada à produtividade máxima seja elevada ( $311 \text{ kg ha}^{-1}$ ), podendo até mesmo ser economicamente inviável.

Se for admitida que a produtividade máxima eficiência econômica seja 90% da produtividade máxima eficiência física, o modelo de regressão ajustado estimaria uma dose de  $144 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ , a qual seria necessária para produzir  $25,96 \text{ t ha}^{-1}$  de frutos (Figura 2). É importante observar que esta produtividade seria 20% maior que a produtividade de frutos estimada para a aplicação da dose de apenas  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Dessa forma, acredita-se que a dose ideal de  $P_2O_5$  a ser recomendada para o tomateiro, nas condições desse experimento, esteja entre  $75$  e  $144 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ .

A produtividade foi pequena e quase não houve diferença, pois devido à ocorrência de murcha bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) na área, a colheita teve que ser antecipada e realizada de uma única vez, não sendo possível conduzir o experimento até o final do ciclo da cultura.

$$\hat{Y} \text{ PFC} = 0,595 - 0,0733 * X + 2,5195 * X^{0,5} \quad R^2 = 0,97$$

$$\hat{Y} \text{ PFNC} = 0,133 - 0,0172 * X + 0,6708 * X^{0,5} \quad R^2 = 0,91$$

$$\hat{Y} \text{ PTOTAL} = 0,727 - 0,0905 * X + 3,1904 * X^{0,5} \quad R^2 = 0,96$$

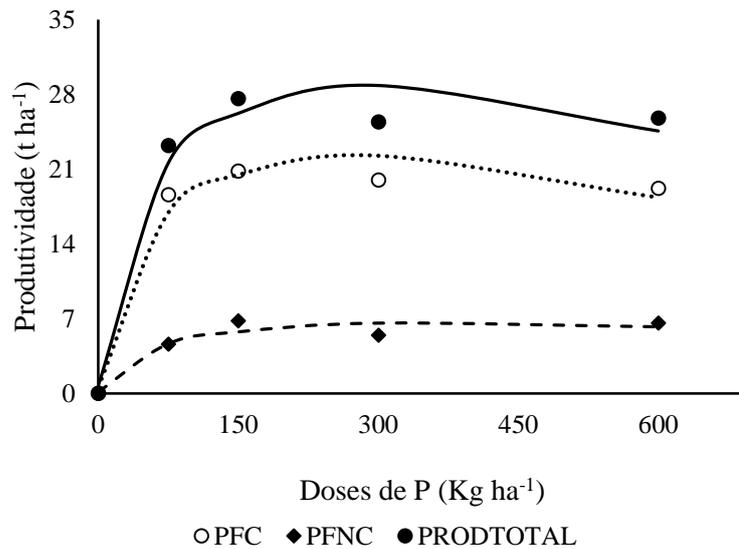


Figura 2. Produtividade comercial (PFC), não comercial (PFNC) e total (PRODTOTAL) em função de doses de fósforo. Baraúna-RN. UFRSA, 2014.

As produtividades totais obtidas no presente trabalho estão aquém das encontradas na literatura. Silva *et al.* (2001), utilizando doses de 200, 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup>, de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, além da combinação de poda e adensamento (41.000 plantas ha<sup>-1</sup>), que podem ter elevado a eficiência da adubação fosfatada, obtiveram a maior produção total de 149 t ha<sup>-1</sup>, com a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Faria *et al.* (1999) obtiveram produtividades de 56,47 e 69,36 t ha<sup>-1</sup> aplicando 143 e 182 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

Como a disponibilidade natural de P na maioria dos solos brasileiros é pequena, o P é um dos nutrientes utilizados em maiores doses nas adubações, apesar de requerido em menor quantidade pelas culturas (Novais & Smith, 1999). Isso ocorre porque mesmo na região semiárida, onde os solos são mais jovens, pouco desenvolvidos, o P é limitante ao alcance de maiores produtividades (Sampaio *et al.* 1995). Nesses solos, parte desse P adicionado é adsorvida à superfície de minerais secundários da fração argila e parte se precipita com o Ca<sup>2+</sup> da solução do solo (Farias *et al.*, 2009).

As tabelas de recomendação de adubação em uso no país sugerem de acordo com o teor de P no solo e com a produtividade esperada, doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que variam de 100 a 1200 kg ha<sup>-1</sup>. Essas doses são discrepantes, pois algumas tabelas recomendam doses muito elevadas, não se adequando à realidade local, daí a importância de se realizar experimentos nas diferentes regiões produtoras. As doses de máxima eficiência física e

econômica obtidas nesse trabalho estão próximas das tabelas da região Nordeste (Bahia: 100 a 400 kg ha<sup>-1</sup>; Pernambuco e Ceará: 120 a 300 kg ha<sup>-1</sup>). Para as demais tabelas as doses recomendadas são muito elevadas, Rio Grande do Sul e Santa Catarina: 180 a 750 kg ha<sup>-1</sup>; São Paulo: 300 a 800 kg ha<sup>-1</sup>; Minas Gerais: 300 a 1.200 kg ha<sup>-1</sup> (Comissão Estadual de Fertilidade do Solo (1989); Cavalcanti *et al.* (1989); Raij *et al.* (1997); (Ribeiro *et al.* (1999). Universidade Federal do Ceará (1993); Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004).

### 3.3 Teores de N e P na Planta e de P no Solo

Os teores estimados de N na planta variaram de 40,50 g kg<sup>-1</sup> na dose zero, e alcançaram o máximo de 43,53 g kg<sup>-1</sup> na dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 3). O modelo de regressão ajustado não foi significativo (Figura 3). Em média o teor estimado de N na folha diagnóstica do tomateiro foi de 42,67 g kg<sup>-1</sup> esse valor é considerado adequado, pois foi superior ao recomendado por Malavolta *et al.* (2006) para o tomateiro, que é de 30 g kg<sup>-1</sup>.

Os teores de P no tecido vegetal em função dos tratamentos com doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> também foram significativos com bom ajuste do modelo de regressão raiz quadrada (Figura 4). Os teores estimados de P na planta variaram de 1,15 g kg<sup>-1</sup> na dose zero, e alcançaram o máximo de 2,67 g kg<sup>-1</sup> na dose de 600 kg ha<sup>-1</sup>. O teor recomendado por Malavolta *et al.* (2006) é de 3,5 g kg<sup>-1</sup> para a cultura do tomate (Figura 4).

Por tratar-se de um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas, os teores de fósforo extraídos do solo são geralmente baixos, principalmente, quando comparados com os de nitrogênio, o que pode induzir a falsa conclusão de que seja menor sua relevância na adubação. Entretanto, assim como foi observado nesse trabalho, baixa disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo pode resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente (Grant *et al.*, 2001).

Quanto aos teores de P no solo, estes aumentaram com o aumento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas, esse aumento foi significativo e apresentou comportamento linear com alta relação entre as doses aplicadas e o teor do elemento no solo (Figura 5). As médias estimadas dos teores de P no solo variaram de 5,7 a 166,8 mg dm<sup>-3</sup>.

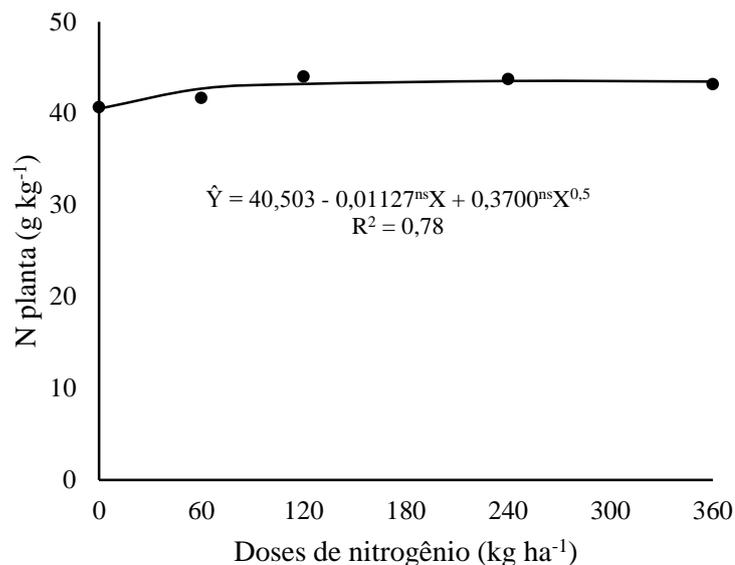


Figura 3. Teores de nitrogênio na folha diagnóstica do tomateiro Caeté cultivado em campo em função de doses de nitrogênio, 36 dias após o transplante. <sup>n.s.</sup>: não significativo. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.

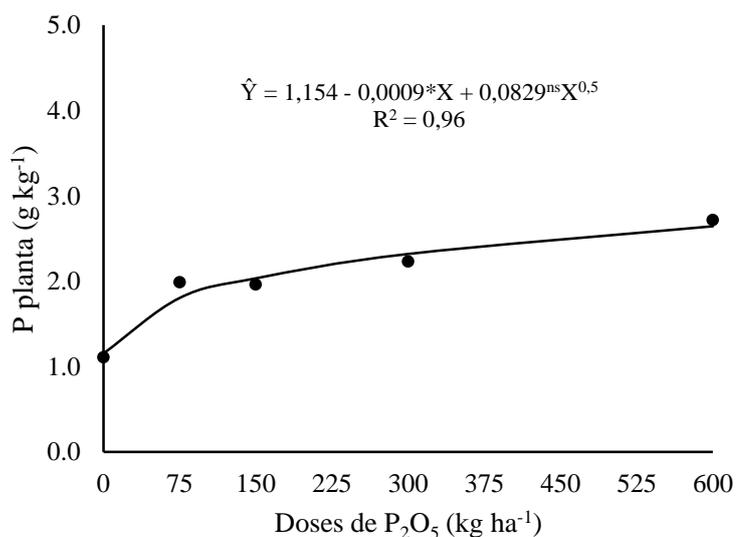


Figura 4. Teores de fósforo na folha diagnóstica do tomateiro Caeté cultivado em campo em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 36 dias após o transplante. <sup>n.s.</sup>: não significativo; <sup>\*</sup>: significativo a 5%. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.

O teor de fósforo no solo antes da instalação do experimento foi 1,6 mg dm<sup>-3</sup> valor considerado baixo quando associado ao teor de argila (33%), porém adubando o tomateiro com 75 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o teor de P foi 25,88 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 5) considerado muito bom de acordo com Ribeiro *et al.*, (1999).

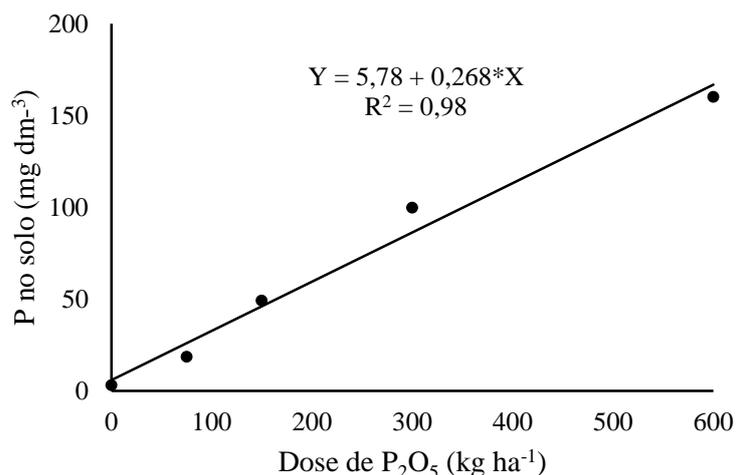


Figura 5. Teores de fósforo no solo em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 35 dias após o transplante. \*: significativo a 5% Baraúna-RN, UFERSA, 2014.

Apesar de o P ser um nutriente muito estável e que normalmente subsiste uma pequena porção disponível às plantas após aplicado como fertilizante (Raij, 2003), o solo no qual foi conduzida a pesquisa é pouco intemperizado, sendo mais eletronegativo, atuando mais como fonte de fósforo do que como dreno. Ainda que parte desse P adicionado como fertilizante seja adsorvida à superfície de minerais secundários da fração argila e outra parte se precipite com o Ca<sup>2+</sup> da solução do solo (Farias *et al.* 2009), nesse tipo de solo a disponibilidade de P é maior, o que justifica a alta relação das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas com os teores de P disponível no solo.

Observa-se que o teor de P no solo na dose zero de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi superior ao teor observado antes da instalação do experimento, esse fato ocorreu provavelmente devido a decomposição da vegetação nativa que foi incorporada durante o preparo do solo, fazendo com que houvesse um aumento da disponibilidade P no solo, onde este passou de 1,6 mg dm<sup>-3</sup> para 5,7 mg dm<sup>-3</sup> sem que fosse adicionado P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ao solo.

#### 3.4 Níveis Críticos de P na Planta e no Solo e de N na Planta para a Produção de Tomate

Substituindo-se os valores das doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, estimadas para obtenção das maiores produtividades, nas equações das figuras 3 e 4, estimam-se que as faixas dos teores de N e P na folha para as máximas produtividades totais do tomateiro são 41,47 a 42,48 g kg<sup>-1</sup> e 2,02 – 2,34 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Figuras 6 e 7). Esses valores são considerados adequados, de acordo com Malavolta *et al.* (2006) que recomenda 30 g kg<sup>-1</sup> para N e 3,5 g kg<sup>-1</sup> para P.

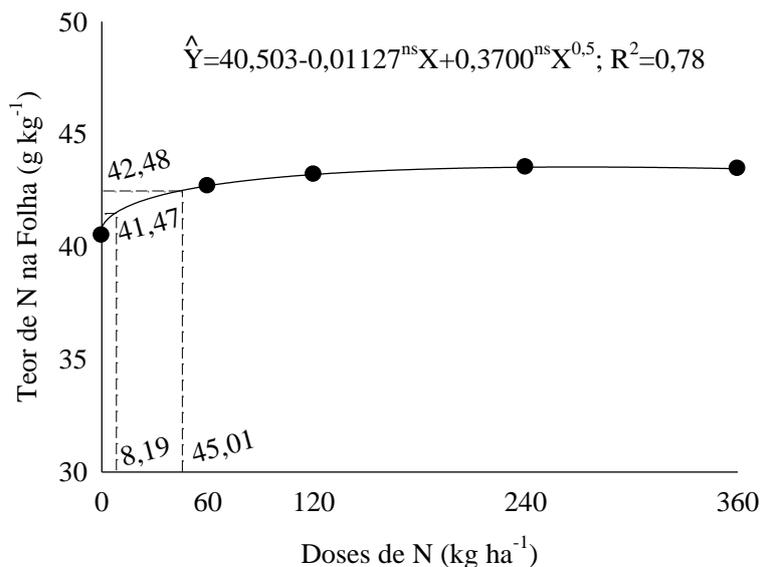


Figura 6. Níveis críticos de nitrogênio na folha em função de doses de N. <sup>n.s.</sup>: não significativo; \*: significativo a 5%. Baraúna-RN, UFERSA, 2014.

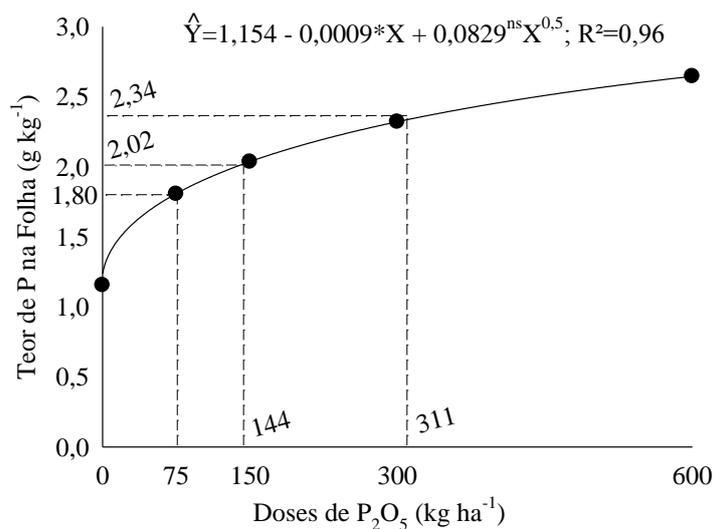


Figura 7. Níveis críticos de fósforo na folha em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. <sup>n.s.</sup>: não significativo; \*: significativo a 5%. Baraúna-RN, UFERSA, 2014.

Quanto ao nível crítico de P no solo, substituindo-se o valor da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, estimada para obtenção da maior produtividade, na equação da figura 5, estima-se que a faixa dos teores de P no solo para a máxima produtividade do tomateiro seja de 44,24 a 89,04 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 8). É importante mencionar que o teor de 89,04 mg dm<sup>-3</sup> de P foi obtido adubando o tomateiro com a dose de 311 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a qual seria economicamente inviável como já explicado anteriormente, sendo mais sensato nesse caso inferir que o valor crítico de P no solo seria de 44,24 g kg<sup>-1</sup>.

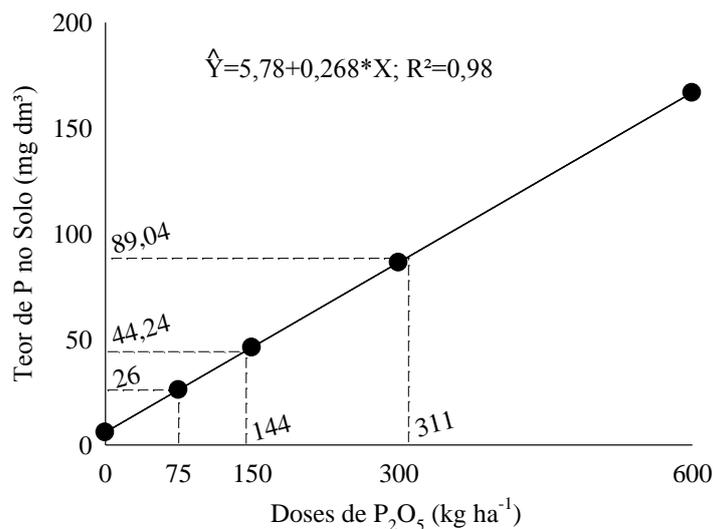


Figura 8. Níveis críticos de fósforo no solo em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. <sup>n.s.</sup>: não significativo; \*: significativo a 5%. Baraúna-RN, UFERSA, 2014.

### 3.5 Quantidades Acumuladas de Nitrogênio e Fósforo nos Frutos

Quando se utilizou a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio os frutos acumularam o total de 36,30 kg ha<sup>-1</sup> de N. E na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> o acúmulo total de fósforo no fruto foi 2,83 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 6).

Neste caso, o acúmulo de N e P nos frutos foi baixo em função das produtividades obtidas nessas condições experimentais, que foram pequenas porque a colheita foi antecipada e realizada em uma única etapa. Se o experimento tivesse sido conduzido até o final do ciclo da cultura, a produtividade e o acúmulo de nutrientes pelos frutos provavelmente seriam diferentes, a exemplo de Lucena *et al.*, (2013) trabalhando com a cultivar SM-16 na mesma região e no mesmo tipo de solo do trabalho em questão, utilizando polietileno branco como cobertura do solo, e adubando com 225 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 125 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, observaram que aos 98 DAT o acúmulo de N nos frutos foi 133,72 kg ha<sup>-1</sup> de N, e 14,83 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Prado *et al.*, (2011) em experimento com o tomate Raísa de crescimento indeterminado, em sistema hidropônico, observaram acúmulo de 23,5 de N e 7 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Fayad *et al.* (2002) observaram que no final do ciclo da cultura as quantidades acumuladas de N e P foram 147,7 e 21 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente utilizando o híbrido EF-50 de crescimento determinado, cultivado em ambiente protegido.

Tabela 4 – Acúmulo de nitrogênio e fósforo em frutos de tomateiro ‘Caeté’ cultivado em campo em função de doses de nitrogênio e fósforo. Baraúna-RN, UFERSA, 2014.

Dose de N	Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Frutos	Produtividade	MS	N	P
			t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>		
<b>60</b>	300	Comerciais	24,01	926,75	<b>27,60</b>	2,59
		Não comerciais	4,98	318,15	<b>8,60</b>	0,82
		Total	28,99	1244,8	<b>36,30</b>	3,41
400	<b>150</b>	Comerciais	20,81	1041,43	28,00	<b>2,03</b>
		Não comerciais	6,77	450,41	11,90	<b>0,80</b>
		Total	27,58	1491,84	40,00	<b>2,83</b>

<sup>1</sup>Produtividade e Matéria seca (MS) dos tratamentos 2 e 8 (60 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

<sup>2</sup>Nitrogênio e fósforo acumulados em frutos submetidos aos tratamentos 2 e 8 para uma produtividade total de 28,99 e 27,59 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aos 65 DAT.

FC (Fruto comercial); FNC (Fruto não comercial).

#### 4. CONCLUSÕES

As doses de nitrogênio e de fósforo que proporcionaram as maiores produtividades comerciais foram 45 e 311 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Para fósforo, a dose de máxima eficiência econômica foi 144 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Os teores de nitrogênio e fósforo no tecido vegetal e os de fósforo no solo aumentaram com a adição de doses crescentes de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ao solo.

As faixas de nível crítico de N e de P na folha foram 41,46 a 42,47 g kg<sup>-1</sup> e 2,01 a 2,33 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

A faixa de nível crítico de P no solo foi 44,24 a 89,04 mg dm<sup>-3</sup>.

O tomate 'Caeté' adubado com 60 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> acumulou 36,30 e 2,83 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e fósforo nos frutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA MAR. 2004. *Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA. 400p.

ALVAREZ, VH. 1996. Correlação e calibração de métodos de análises de solos. In: ALVAREZ VH; FONTES, LEF.; FONTES, MPF. (Eds.). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 615-645.

Blue Seeds. Catálogo de produtos. 2014, 10 de novembro. Disponível em: <http://www.bluseeds.com.br/catalogo-de-produtos/caete/>

CAVALCANTI, FJA (Org.). 1998. *Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação*. Recife, IPA.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. 1989. *Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia*. Salvador. CEPLAC/EMATER BA/ EMBRAPA/ EPABA/ NITROFÉRTIL, 173p.

DZIDA, K; JAROSZ, Z. 2005. Effect of different levels of nitrogen fertilization and additional foliage feeding on the yield and some elements in leaves and fruits of tomato. *Annales Universitatis Mariae Curie Skodowska Sectio EEE, Horticultura Brasileira*, 15:51-58.

EMBRAPA. 2006. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro. 306p.

Embrapa 2009. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. 2.ed. 627p.

FARIA, CMB de; PEREIRA, JR; COSTA, ND; CORTEZ, CR; NAKANE, S; SILVA, FAA; ALVES, ME. 1999. Adubação fosfatada em tomateiro industrial em solos do Submédio São Francisco. *Horticultura Brasileira*, 17:114-117.

FARIAS, DR.; OLIVEIRA, FHT; SANTOS, D; ARRUDA, JA; HOFFMANN, RB; NOVAIS, RF. 2009. Fósforo em solos representativos do Estado da Paraíba. I. Isotermas de adsorção e medidas do fator capacidade de fósforo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 623-632.

FAYAD JA; FONTES PCR; CARDOSO AA; FINGER LF; FERREIRA FA. 2001. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura brasileira* 19: 232-237.

FERREIRA, DF. 2010. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA.

FERREIRA, MMM; FERREIRA, GB. FONTES, PCR. DANTAS, JP 2003. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. *Horticultura Brasileira* 21: 468-473.

FILGUEIRA, FAR. 2003. Solanáceas: *agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló*. Lavras: UFLA. 333p.

GRANT, CA; FLATEN, DN; TOMASIEWICZ, DJ; SHEPPARD, SC. 2001. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Informações Agronômicas* 95: 1-5.

GUIMARÃES, TG. 1998. *Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio*. Viçosa: UFV. 184p. (Tese doutorado).

IBGE. Dados de Previsão de Safra. Safra 2014. 02 de dezembro de 2015. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf>

MALAVOLTA, E; VITTI, GC; OLIVEIRA SA. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Piracicaba. Potafós. 319p.

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

NOVAIS, RF. & SMYTH, TJ. 1999. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 399p.

OLIVEIRA, FHT; ARRUDA, JA; SILVA, IF. ALVES, JC. 2007. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 31:973-983.

PRADO, R de M; SANTOS, VH; GONDIM, AR de O; ALVES, AV; CECÍLIO FILHO, AB; CORREIA, MAR. 2011. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. *Semina: Ciências Agrárias* 32: 19-30.

RAIJ, B van; CANTARELLA, H; QUAGGIO, JA. FURLANI, AMC. 1997. *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2ª edição. Campinas, Instituto Agronômico & Fundação IAC. 285p. (Boletim técnico, 100).

RIBEIRO, AC.; GUIMARÃES, PTG. ALVAREZ VVH. (Eds.). 1999. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa: CFSEMG. 359p.

SAMPAIO, EVSB; SALCEDO, IH; SILVA, FBR. 1995. *Fertilidade de solos do semiárido do Nordeste*. In: PEREIRA, JR. FARIA, CMB. (Eds.). *Fertilizantes: Insumos básicos para a agricultura e combate à fome*. Petrolina: Embrapa. p. 51-71.

SILVA, IR.; MENDONÇA, ES. 2007. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, RF.; ALVAREZ VVH; BARROS, NF; FONTES, RLF; CANTARUTTI, RB; NEVES, JCL. *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. p. 276-357.

SILVA, EC; MIRANDA, JRP; ALVARENGA, MAR. 2001. Concentração de nutrientes e produção do tomateiro podado e adensado em função do uso de fósforo, de gesso e de fontes de nitrogênio. *Horticultura Brasileira* 19: 64-69.

SILVA, EC da, ALVARENGA, MAR., CARVALHO, JG de. 1997. Produção e podridão apical do tomateiro (*Lycopersicon esculentum Mill*) podado e adensado sob influência da adubação nitrogenada e potássica. *Ciência e Agrotecnologia* 21:3, 324-333.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. 2004. *Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre, SBCS-NRS. 400p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. 1993. *Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará*. Fortaleza. UFC, 247p.

# Apêndice

**Tabela 1** - Quantidades estimadas de nitrogênio, fósforo e potássio acumuladas na parte vegetativa, nos frutos e total em plantas de tomateiro, em função de dias após o transplante (DAT). Baraúna-RN. UFERSA, 2013.

DAT	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
	Veg	Frut	Tot	Veg	Frut	Tot	Veg	Frut	Tot
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----								
17	0,24	0,03	4,4	0,0	0,0	0,1	0,0	1,05	0,00
28	9,11	0,48	17,4	1,0	0,1	1,5	0,0	4,84	0,08
43	53,55	5,56	49,4	10,1	1,2	10,2	69,1	17,82	72,50
57	65,00	22,58	85,3	12,3	6,0	20,1	110,0	40,16	204,77
71	66,54	50,33	117,2	12,6	11,9	25,0	110,0	72,26	208,00
85	66,78	74,04	141,4	12,6	14,8	26,5	110,0	111,54	208,08
99	66,86	87,59	158,6	12,6	15,9	27,5	110,0	153,56	208,08

**Tabela 2** - Quantidades estimadas de cálcio, magnésio e enxofre acumuladas na parte vegetativa, nos frutos e total em plantas de tomateiro ‘Caeté’, em função de dias após o transplante (DAT). Baraúna-RN. UFERSA, 2013.

DAT	Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	Veg	Frut	Tot	Veg	Frut	Tot	Veg	Frut	Tot
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----								
17	1,77	0,0	1,5	0,7	0,0	1,0	0,4	0,0	0,4
28	10,40	0,0	9,7	3,0	0,1	3,4	2,6	0,0	2,6
43	39,52	0,0	39,8	8,7	0,6	9,2	1,7	0,4	10,2
57	74,92	2,1	78,1	14,7	1,7	16,0	18,5	1,6	20,2
71	103,39	6,0	108,9	19,5	3,3	22,4	25,6	3,4	28,9
85	121,62	6,5	127,9	22,9	4,9	27,9	30,0	4,8	34,8
99	132,35	6,5	138,8	25,2	6,5	32,2	32,6	5,6	38,4

**Tabela 3** - Quantidades estimadas de boro, cobre e ferro acumuladas na parte vegetativa, nos frutos e total em plantas de tomateiro, em função de dias após o transplante (DAT). Baraúna-RN. UFERSA, 2013.

DAT	Boro			Cobre			Ferro		
	Veg	Frut	Tot	Veg	Frut	Tot	Veg	Frut	Tot
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----								
17	0,005	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,047	0,000	0,036
28	0,027	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,197	0,000	0,175
43	0,100	0,005	0,105	0,060	0,001	0,061	0,658	0,006	0,664
57	0,208	0,023	0,234	0,102	0,008	0,118	1,398	0,063	1,500
71	0,324	0,053	0,376	0,102	0,017	0,118	2,407	0,219	2,642
85	0,423	0,073	0,494	0,102	0,020	0,118	3,589	0,321	3,919
99	0,496	0,082	0,578	0,102	0,021	0,118	4,826	0,350	5,149

**Tabela 4** - Quantidades estimadas de manganês e zinco acumuladas na parte vegetativa, nos frutos e total em plantas de tomateiro, em função de dias após o transplante (DAT). Baraúna-RN. UFERSA, 2013.

DAT	Manganês			Zinco		
	Veg	Frut	Tot	Veg	Frut	Tot
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
17	0,015	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000
28	0,056	0,000	0,052	0,006	0,000	0,008
43	0,162	0,001	0,167	0,066	0,004	0,068
57	0,298	0,014	0,322	0,094	0,038	0,135
71	0,441	0,051	0,491	0,098	0,066	0,161
85	0,572	0,077	0,643	0,099	0,071	0,169
99	0,679	0,085	0,765	0,099	0,072	0,172

**Tabela 5** - Quantidades de nitrogênio e fósforo acumuladas nos frutos comerciais (NFC, PFC), não comerciais (NFNC PFNC) e Total (NTOTAL PTOTAL), em função de doses de N e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Baraúna-RN. UFERSA, 2014.

Tratamento		NFC	NFNC	NTOTAL	PFC	PFNC	PTOTAL
Dose N	Dose P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-----kg ha <sup>-1</sup> -----					
(kg ha <sup>-1</sup> )							
<b>0</b>	300	<b>25,32</b>	<b>7,63</b>	<b>32,95</b>	2,37	0,72	3,09
<b>60</b>	300	<b>27,64</b>	<b>8,64</b>	<b>36,28</b>	2,59	0,82	3,41
<b>120</b>	300	<b>26,10</b>	<b>9,74</b>	<b>35,84</b>	2,38	0,78	3,16
<b>240</b>	300	<b>24,66</b>	<b>8,92</b>	<b>33,58</b>	2,22	0,80	3,02
<b>360</b>	300	<b>20,85</b>	<b>11,15</b>	<b>32,00</b>	2,21	0,99	3,20
400	<b>0</b>	22,13	8,15	30,28	<b>1,87</b>	<b>0,53</b>	<b>2,40</b>
400	<b>75</b>	27,90	11,80	39,70	<b>2,03</b>	<b>0,80</b>	<b>2,83</b>
400	<b>150</b>	24,92	10,31	35,23	<b>2,30</b>	<b>0,77</b>	<b>3,07</b>
400	<b>300</b>	24,56	11,22	35,78	<b>2,67</b>	<b>1,18</b>	<b>3,85</b>
400	<b>600</b>	25,32	7,63	32,95	<b>2,37</b>	<b>0,72</b>	<b>3,09</b>