



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

RENAN DA CRUZ PAULINO

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES EM PIMENTÃO ADUBADO
COM DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO**

MOSSORÓ

2016

RENAN DA CRUZ PAULINO

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES EM PIMENTÃO ADUBADO
COM DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Orientador: Prof. Fábio Henrique Tavares de Oliveira

MOSSORÓ

2016

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), 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 seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

P328a Paulino, Renan da Cruz.
Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em
pimentão adubado com doses de nitrogênio e fósforo
/ Renan da Cruz Paulino. - 2016.
51 f. : il.

Orientador: Fábio Henrique Tavares de Oliveira.
Coorientadora: Maria Zuleide de Negreiros.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2016.

1. Capsicum annuum L.. 2. Análise de
crescimento. 3. Fertirrigação. 4. Adubação. 5.
Rendimento. I. Oliveira, Fábio Henrique Tavares
de, orient. II. Negreiros, Maria Zuleide de, co-
orient. III. Título.

RENAN DA CRUZ PAULINO

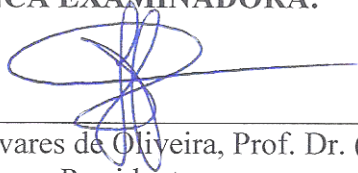
**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES EM PIMENTÃO ADUBADO
COM DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia


Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Defendida em: 28 / 04 / 2016.

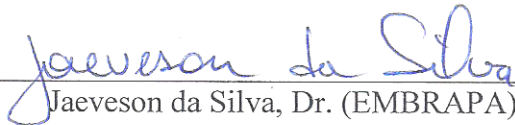
BANCA EXAMINADORA:



Fábio Henrique Tavares de Oliveira, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



Maria Zuleide de Negreiros, Prof.^a Dra. (UFERSA)
Membro Examinador



Jaeverson da Silva, Dr. (EMBRAPA)
Membro Examinador



Lilson Costa Grangeiro Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



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

*À dona Neco (In Memoriam), que foi como
uma avó para mim. Símbolo de sabedoria,
paciência e humildade.*

*A Deus, por dar sentido a todas minhas
ações em vida.*

*Aos meus pais, Rildo e Célio, pela coragem
de fazer as escolhas para que eu pudesse
realizar os meus sonhos.*

*A minha esposa Gabrielly, na qual os
adjetivos nunca serão suficientes para
explicar sua importância na minha vida.*

*Aos meus irmãos, Régis, Ramon e Ruan.
Perdão pelos momentos em que estive
ausente em suas vidas e que não tinha o
conselho e a segurança do irmão mais velho.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por ele ser o mistério por trás dessa cortina esfumada que se chama vida. Ele guia todas as minhas ações em sua direção. Ser pesquisador é uma consequência da minha busca pelo seu abraço.

A Gaby por tudo que ela fez não só na minha tese, mas por toda minha vida acadêmica. Sua organização, dedicação e esforço sem medidas foram características que me incentivaram e me fizeram evoluir. O meu amor por ela foi o motivo para que tudo isso acontecesse.

Ao Prof. Fábio Henrique pela orientação no doutorado. Ele me fez ampliar conceitos e práticas de pesquisa, ser mais organizado e me pôs desafios que me fizeram sair da minha zona de conforto e ir mais além.

A Prof^a. Zuleide pela bibliografia, ferramentas e orientações sobre a condução da cultura.

A todos que contribuíram na condução do experimento de campo e nas análises de laboratório: Gaby, Seu Antônio, Flávio, Flabênio, Josimar, Maíke, Anderson, Ruan, Bruno, Kaline, Valdívia.

A Profa. Jeane Portela (LASAP) e ao Prof. Leilson Grangeiro (CPVSA) que foram meus chefes imediatos durante esse período que realizei meu doutorado. Eles não só me concederam a permissão para realizar meu doutorado, mas também me permitiram acesso aos laboratórios e instrumentos indispensáveis para as análises.

A Chagas por todo o apoio na fazenda experimental da UFERSA. Sempre se colocou a disposição para o que eu precisasse.

A Edimilson pelo fornecimento dos dados climáticos da estação meteorológica que estava instalado no seu experimento ao lado do meu.

Ao prof. Glauber pelas dúvidas sanadas no que disse respeito à estatística.

A todos os meus amigos e família pelo apoio e incentivo.

RESUMO

O nitrogênio (N) é um dos macronutrientes mais absorvidos pelo pimentão, enquanto que o fósforo um dos que mais limitam a produção das culturas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições e dez tratamentos. Estes consistiram da aplicação de cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N) e cinco doses de P (0, 60, 120, 200 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅), em um Argissolo Vermelho-Amarelo do município de Mossoró-RN. Para as características de produção foram avaliadas as seguintes características: produtividade de frutos comerciais, produtividade de frutos não comerciais, produtividade total de frutos, número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais, número total de frutos e massa média de frutos comerciais. Foi estimado o nível crítico de P extraído do solo pelo extrator Mehlich-1, bem como os níveis críticos de N e de P nas folhas diagnósticas das plantas. Para a marcha de crescimento e de acúmulo de nutrientes, quatro plantas foram amostradas aos 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 e 126 dias após o transplantio (DAT), nas doses de 100 kg ha⁻¹ de N + 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A máxima produção de matéria seca total da planta ocorreu aos 126 DAT, com acúmulo de 73,5 g planta⁻¹. Para este valor, os frutos contribuíram com 57,1% e a parte aérea vegetativa com 42,9%. O acúmulo de nutrientes em ordem decrescente na planta foi: K (2,68 g planta⁻¹) > N (1,61 g planta⁻¹) > Ca (0,31 g planta⁻¹) > Mg (0,23 g planta⁻¹) > P (0,20 g planta⁻¹). Em relação à partição de nutrientes na planta, o N e o P foram encontrados em maiores quantidades nos frutos, enquanto o K, Ca e Mg na parte aérea vegetativa. Para a produtividade de 16,3 t ha⁻¹, as exportações de N, P, K, Ca e Mg foram equivalentes a 23,07; 3,41; 29,17; 1,33 e 2,08 kg ha⁻¹, respectivamente. Para este solo, a combinação das doses de 29,93 kg ha⁻¹ de N e 40,22 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi a que promoveu a produção de máxima eficiência econômica de pimentão. Os níveis críticos estimados de N na folha e de P na folha e no solo, associados à produção de máxima eficiência econômica do pimentão variaram, respectivamente, de 34,78 a 38,94 g kg⁻¹; 2,02 a 2,36 g kg⁻¹ e 12,85 a 29,18 mg dm⁻³.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L.. Análise de crescimento. Fertirrigação. Adubação. Rendimento.

ABSTRACT

Nitrogen (N) is one of the macronutrients more absorbed by sweet pepper, and phosphorus (P), one of the macronutrients that limit crop production. The experimental design was a randomized block design with four replications. These consisted of the implementation of the five nitrogen rates (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ N) and phosphorus than five (0, 60, 120, 200 and 300 kg ha⁻¹ P₂O₅), in a red yellow podzolic in the municipality of Mossoró in the state of Rio Grande do Norte, Brazil. The following characteristics were evaluated: commercial fruit productivity, non-commercial fruit productivity, overall productivity of fruits, number of commercial fruits, number of unmarketable fruits, total number of fruits and average weight of commercial fruits. It defined the critical level of P extracted from the soil by Mehlich-1 extractor, as well as the critical levels of N and P in the diagnostic leaves. For the growth analysis and nutrient absorption four plants were sampled at 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 and 126 days after transplanting (DAT) at doses of 100 kg ha⁻¹ N and 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The maximum production of dry plant matter occurred at 126 DAT, with accumulation of 73.5 g plant⁻¹. For this value, the fruits accounted for 57.1% and vegetative shoots with 42.9%. The accumulation of nutrients in the plant in descending order was: K (2.68 g plant⁻¹) > N (1.61 g plant⁻¹) > Ca (0.31 g plant⁻¹) > Mg (0.23 g plant⁻¹) > P (0.20 g plant⁻¹). Regarding nutrient partitioning in the plant, the N and P were found in large quantities in fruits, while K, Ca and Mg in the vegetative shoot. For productivity of 16.3 t ha⁻¹, exports of N, P, K, Ca and Mg were equivalent to 23.07; 3.41; 29.17; 1.33 and 2.08 kg ha⁻¹, respectively. For this soil, the combination of 29.93 kg ha⁻¹ N and 40.22 kg ha⁻¹ P₂O₅ was promoted the maximum economic efficiency yield of sweet pepper. The critical levels of N in the sheet and P in leaf and soil associated with producing maximum economic efficiency of sweet pepper were, respectively, 34.78 to 38.94 g kg⁻¹; 2.02 to 2.36 g kg⁻¹ and 12.85 to 29.18 mg dm⁻³.

Keywords: *Capsicum anuum* L.. Growth analysis. Fertirrigation. Fertilization. Yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Produção e rendimento mundial de <i>Capsicum</i> (FAO, 2013)13
Figura 2	–	Produção (A), área plantada (B) e rendimento (C) e <i>Capsicum</i> no mundo (FAO, 2013)14
Figura 3	–	Rendimento de pimentão no Brasil no ano de 2006 (IBGE, 2006)15
Figura 4	–	Resposta do pimentão à adubação nitrogenada, segundo vários autores.....19
Figura 5	–	Distribuição textural de amostras de solos da região Oeste Potiguar, obtidos através de consulta ao banco de dados do LASAP (2014) (A) e EMBRAPA-SNLCS (1971) (B); <i>boxplots</i> de teor de P extraíveis do solo das respectivas fontes (C) 22
Figura 6	–	Dados climáticos da Fazenda Experimental Rafael Fernandes no período de condução do experimento. Mossoró, RN. UFERSA, 201424
Figura 7	–	Croqui da parcela experimental. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.....26
Figura 8	–	Produtividade total, comercial, e número de frutos comerciais de pimentão ‘Atlantis’ em função de doses de N (A, C, E), e de P ₂ O ₅ (B, D, E). Mossoró, RN. UFERSA, 2014.....32
Figura 9	–	Análise de regressão para os teores de fósforo na folha (A) e no solo (B) em função das doses de P ₂ O ₅ aplicadas no solo. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.....35
Figura 10	–	Acúmulo de matéria seca (A) e taxa de crescimento absoluto (B), total (—●—), na parte vegetativa (—○—) e na parte reprodutiva (—●—) do pimentão ‘Atlantis’. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.....36
Figura 11	–	Acúmulo de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) total (—●—), na parte vegetativa(—○—) e na parte reprodutiva (—●—) do pimentão ‘Atlantis’. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.....38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Trabalhos de crescimento e absorção de nutrientes na cultura do pimentão...	16
Tabela 2	–	Recomendações de doses de N. Época e número de aplicações das principais tabelas de adubação no Brasil	18
Tabela 3	–	Doses de P ₂ O ₅ recomendadas nas tabelas de adubação no Brasil com seus respectivos limites de classes e extrator utilizados nos laboratórios do estado.....	21
Tabela 4	–	Doses de nutrientes aplicadas em cada tratamento para avaliação do rendimento do pimentão Atlantis em função de doses de nitrogênio e de fósforo. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.....	27
Tabela 5	–	Produtividade total (PT) e comercial (PC) de frutos, número frutos totais (NFT) e comerciais (NFC) e massa média de frutos totais (MMFT) e comerciais (MMFC) do pimentão submetido a doses de N e P ₂ O ₅ . Mossoró, RN. UFERSA, 2014.....	31
Tabela 6	–	Diagnose foliar e classificação do pimentão submetido a doses de N e P ₂ O ₅ . Mossoró, RN. UFERSA, 2014.....	34
Tabela 7	–	Quantidades de nutrientes extraídas pela planta e exportado pelo fruto ao longo do ciclo do pimentão ‘Atlantis’. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.....	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	Importância econômica do pimentão.....	13
2.2	Crescimento e absorção de nutrientes na cultura do pimentão.....	16
2.3	Nutrição e adubação nitrogenada na cultura do pimentão.....	17
2.4	Nutrição e adubação fosfatada na cultura do pimentão.....	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Área de estudo.....	24
3.2	Instalação e condução do experimento.....	25
3.3	Doses de nitrogênio e fósforo.....	27
3.3.1	Aplicação dos tratamentos.....	27
3.3.2	Estimativa dos níveis críticos.....	27
3.3.3	Características avaliadas e análise estatística	28
3.4	Crescimento e acúmulo de macronutrientes.....	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1	Doses de nitrogênio e fósforo.....	31
4.2	Marcha de acúmulo de matéria seca e de macronutrientes.....	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS	42
	ANEXO A	47
	ANEXO B	50

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de nutrientes via água de irrigação (fertirrigação) faz com que a dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta e a eficiência de uso de nutrientes pela planta seja muito diferente daquela que acontece na aplicação convencional de fertilizantes sólidos no solo. Isso é um fator que justifica a realização de novas pesquisas na área de adubação da cultura do pimentão em condições de campo.

A realização de experimentos de campo no município de Mossoró-RN sob condições de fertirrigação e demais práticas de manejo adotadas pelos agricultores da região, gerará informações imprescindíveis para realização de recomendações de adubação mais adequadas para a cultura do pimentão.

O cultivo de pimentão no Brasil é realizado em campo aberto ou sob cultivo protegido, em casa de vegetação com cobertura plástica. Ambos os sistemas de produção, nas últimas décadas, têm utilizado a fertirrigação como meio de incrementar a produção (MAROUELLI; SILVA, 2012).

O cultivo do pimentão é realizado por pequenos agricultores, como também por grandes empresas hortícolas em diferentes níveis tecnológicos (IBGE, 2008). Estudos que visem orientar os produtores no manejo da adubação são necessários ao bom manejo da cultura, na busca pelo aumento de produtividade.

No Brasil, na última década, as pesquisas têm dado ênfase às investigações em cultivo protegido (MARCUSSE et al., 2004; ARAÚJO et al., 2009; CHARLO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015), e não são muitas as pesquisas na área de adubação da cultura do pimentão realizadas em condições de campo aberto (ALBUQUERQUE et al., 2012). O pimentão cultivado em ambiente protegido apresenta ciclo maior e condições de maior crescimento, considerando as características favoráveis de cultivo, por isso, supõe-se que seja mais exigente do ponto de vista nutricional, em comparação ao cultivo em campo (SILVA et al., 2001). Assim, recomendações de adubação geradas a partir de pesquisas sobre adubação e nutrição da cultura do pimentão realizadas em condições de cultivo protegido, geralmente não são adequadas para as condições de campo.

O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelas culturas em geral e um dos mais extraídos do solo pela cultura do pimentão (RAIJ, 2011; FONTES et al. 2005). Este nutriente é constituinte de muitos componentes da célula vegetal, tais como aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e a molécula de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2004). O manejo da adubação nitrogenada é complexo, uma vez que o nitrogênio é um nutriente sujeito à muitas

perdas no solo, principalmente por volatilização e lixiviação (RAIJ, 2011). A dose recomendada de N depende principalmente da demanda da planta por este nutriente, definida a partir de curvas de resposta da planta a N, ajustadas em experimentos de campo (RAIJ et al., 1997).

O fósforo atua em vários processos metabólicos das plantas, principalmente na transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membranas, ativação e desativação de enzimas, metabolismo de carboidratos, entre outros (TAIZ; ZEIGER, 2004). Geralmente, o fósforo é o nutriente mais limitante à produção vegetal em solos de regiões de clima tropical (NOVAIS et al., 2007). O alto grau de interação deste nutriente com os coloides minerais do solo, associada à sua deficiência em muitos solos brasileiros, faz do fósforo o elemento mais limitante à produção das culturas e àquele cujo manejo da adubação é mais complexo (RAIJ, 2011).

Neste trabalho objetivou-se avaliar em condições de campo o acúmulo de matéria seca e de nutrientes pelo pimentão “Atlantis” adubado com doses de nitrogênio e fósforo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO PIMENTÃO

O pimentão (*C. annuum*) é a espécie mais amplamente cultivada e de maior importância econômica atualmente entre as espécies de *Capsicum* (BARBIERI; NEITZKE, 2008). É uma importante cultura agrícola mundial não só economicamente, mas também nutricionalmente, com seus frutos contendo quantidades significativas de vitaminas e minerais (PÉREZ-JIMENEZ et al., 2015). Índia, China e Tailândia são os maiores consumidores de *Capsicum* e a Jamaica tem o maior consumo per capita (FAO, 2013).

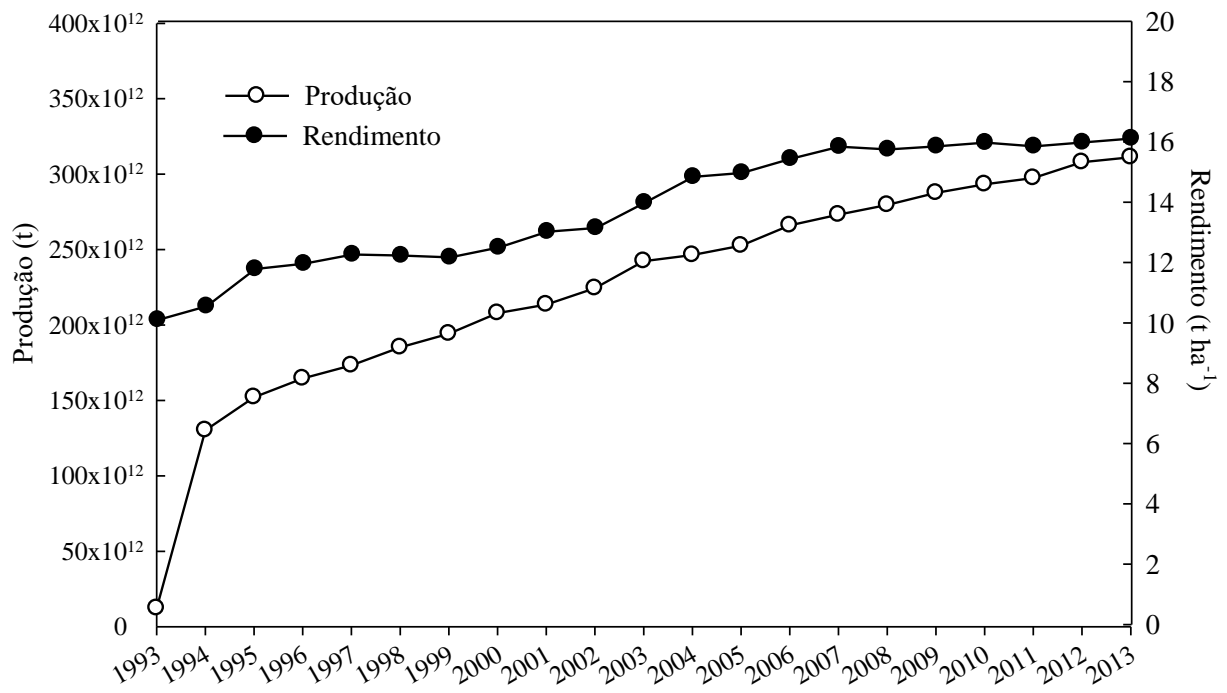


Figura 1 – Produção e rendimento mundial de *Capsicum* (FAO, 2013).

China é o maior produtor mundial com uma produção de 15,8 milhões de toneladas, seguido por México, 2,29 milhões de toneladas, Turquia, 2,16 milhões de toneladas, e Indonésia com 1,72 milhões de toneladas (Figura 2). Entretanto, os maiores rendimentos são obtidos nos Países Baixos, Reino Unido e Bélgica (FAO, 2013).

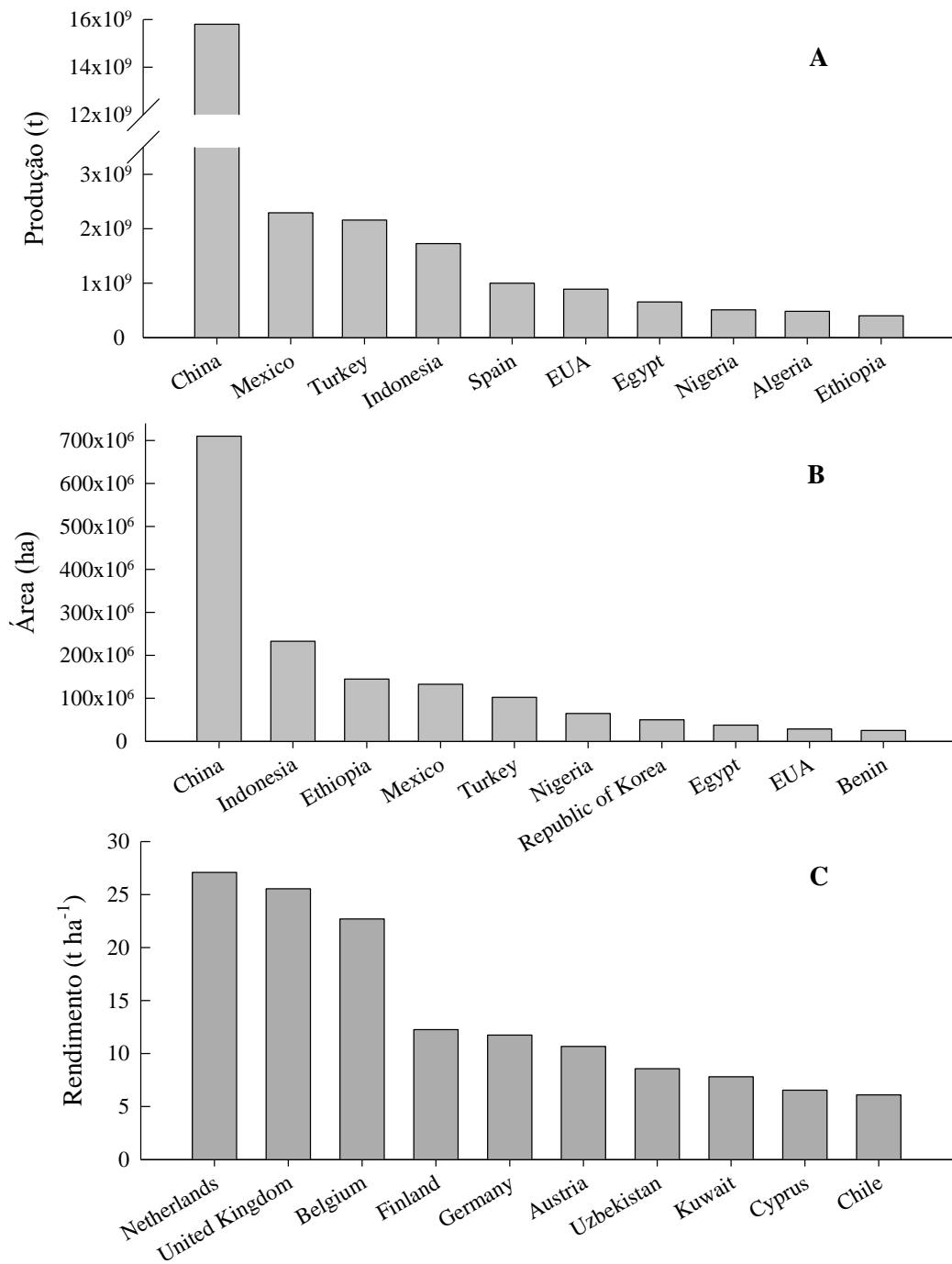


Figura 2 – Produção (A), área plantada (B) e rendimento (C) de *Capsicum* no mundo (FAO, 2013).

Nos dados da FAO não há menção sobre produção no Brasil, mas para ilustrar a posição do Brasil no contexto da produção mundial, pegando-se a produção mundial em 2006 (FAO, 2006) e do Brasil no mesmo ano (IBGE, 2006), o país ocuparia apenas a posição 109, com produção de 249 mil toneladas.

Em 2006, ultimo censo realizado pelo IBGE, que abrangeu dados sobre a cultura do pimentão, apontou uma produção de cerca de 250 mil toneladas, onde a região nordeste foi responsável por cerca de um terço da produção (77,8 toneladas), rendendo para a região 49,5 milhões de reais (IBGE, 2006).

Sobre a Produção de pimentão no Rio Grande do Norte, dados somente são disponíveis no ano de 2006, onde o estado figurava apenas a 16º posição, sendo responsável por 2,7 toneladas de frutos (Figura 3).

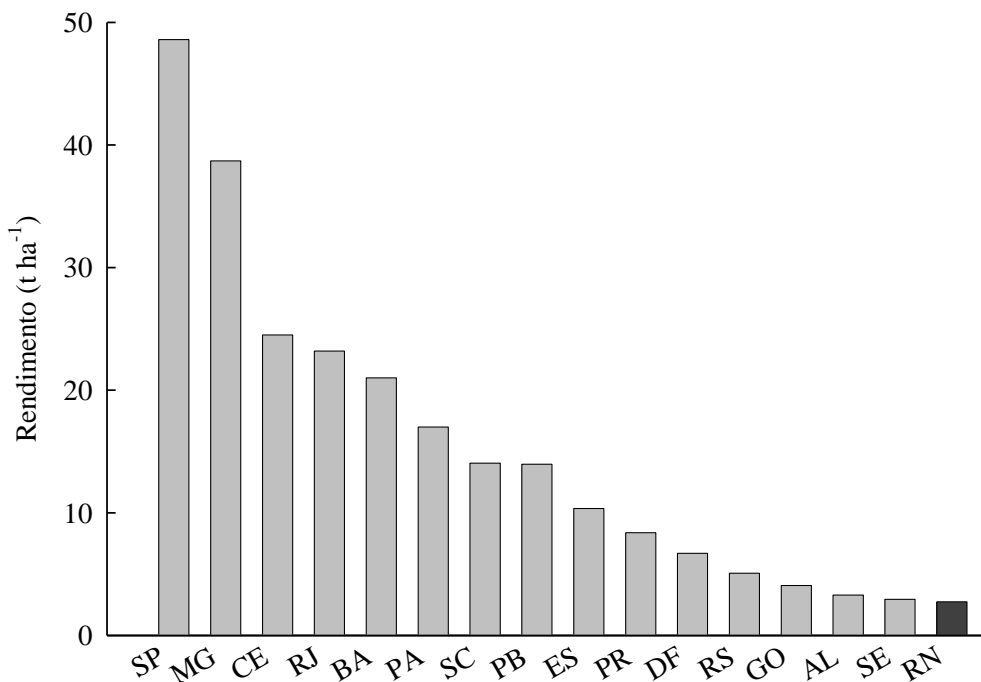


Figura 3 – Rendimento de pimentão no Brasil no ano de 2006 (IBGE, 2006).

A área de pimentão cultivada no Brasil é em torno de 13 mil hectares, com produção próxima a 290 mil toneladas de frutos. São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro são os principais estados produtores (MAROUELLI; SILVA, 2012).

É notório o potencial de crescimento da cultura do pimentão nas mais diversas regiões do Brasil. Um exemplo é o estado do Amazonas que no levantamento do IBGE (2006) pouco contribuiu para a produção nacional. Entretanto, nos últimos anos, com o uso de fertirrigação e sistema de produção em cultivo protegido, tem-se alcançado produtividades significativamente altas (MAROUELLI; SILVA, 2012).

2.2 CRESCIMENTO E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES NA CULTURA DO PIMENTÃO

Em um programa adequado de nutrição e fertilização deve-se seguir as curvas de crescimento e absorção de nutrientes da cultura para cada estágio de desenvolvimento, visto que elas permitem, com precisão, saber a quantidade e o momento necessário de se aplicar o nutriente indicando a época propícia para ministrá-lo em função de suas demandas diárias (OLIVEIRA et al., 2013).

O teor de nutrientes nos tecidos vegetais depende de vários fatores, dentre os quais estão o sistema de cultivo, material genético, manejo da adubação, estágio fenológico da planta, idade, tamanho e posição da folha (MELLO, 2010). Trabalhos sobre crescimento e acúmulo de nutrientes em pimentão são reportados por vários autores em condições de campo e ambiente protegido (Tabela 1). Os resultados obtidos podem ser diferentes e podem ser explicados em função dos sistemas de produção, cultivares, fatores edafoclimáticos, entre outros, que afetam o acúmulo de matéria seca e nutrientes pelas culturas.

Tabela 1 – Trabalhos de crescimento e absorção de nutrientes na cultura do pimentão.

Estudo	Cultivar	Acúmulo (g planta ⁻¹)	Produtividade (t ha ⁻¹)	Adubação NPK (kg ha ⁻¹)	Ambiente/ (Local do Experimento)	Ciclo da cultura (DAT)
(CHARLO et al., 2012)	Eppo	8,22(N) > 7,84(K) > 3,25 (Ca) > 1,34(Mg) > 1,14(P)	97,3	-	Estufa (Jaboticabal-SP)	189
(FREITAS, 2009)	Atlantis	10,31(N) > 11,62(K) > 7,43(Ca) > 1,75(Mg) > 0,32(P)	76,0	215-150-314	Campo (Baraúna-RN)	126
(FONTES et al., 2005a)	Elisa	20,5(K) > 16,1(N) > 8,4(Ca) > 2,9(Mg) > 2,1(P)	52,8	312-360-232	Estufa (Viçosa-RN)	224
(MARCUSSEI et al., 2004)	Elisa	6,6(N) > 6,4(K) > 2,6(Ca) > 1,3(Mg) > 0,7(P).	40,9	-	Túnel Plástico (Botucatu-SP)	140

O acúmulo de matéria seca da parte aérea de pimentão em cultivo protegido atingiu o máximo estimado de 230 g planta⁻¹ aos 140 DAT, (MARCUSSEI et al., 2004) de 368 g planta⁻¹ aos 224 DAT (FONTES et al., 2005a) e de 451,5 g planta⁻¹ aos 189 DAT (CHARLO et al., 2012). Enquanto que em condições de campo Freitas (2009) e Coelho et al. (2013) verificaram que o máximo estimado de matéria seca foi de 225 g planta⁻¹ e 90,9 g planta⁻¹, aos 121 e 126 DAT, respectivamente.

Geralmente o período de maior extração de nutrientes pela planta coincide com a maior taxa de crescimento absoluto e o maior acúmulo de matéria seca (MARCUSSEI et al., 2004).

Com base nos valores de exportação de nutrientes, e na análise da fertilidade do solo é possível se estimar uma adubação ou fertirrigação que atenda as necessidades da cultura para obtenção de uma boa produtividade (ALBUQUERQUE, 2012).

2.3 NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO PIMENTÃO

De modo geral o nitrogênio (N) é o elemento mais extraído na cultura do pimentão, segundo Marcussi et al. (2004), Freitas (2009) e Charlo et al. (2012). A recomendação de adubação nitrogenada em função da análise de solo ou análise foliar é uma tarefa muito difícil devido à dinâmica desse nutriente no solo, que existe em consideráveis quantidades na forma orgânica, enquanto apenas uma pequena parte está disponível nas formas de amônio e nitrato, que são absorvidas pelas plantas (RAIJ, 2010).

Estudos com elemento faltante revelam que plantas com deficiência de nitrogênio apresentam redução de seu porte, clorose, diminuição no tom verde, na face adaxial de todas as folhas da planta; caules ficam finos, os frutos poucos e pequenos e há queda de flores (FERNANDES; HAAG, 1972; SILVA, 2013). Silva (2013) reportou que nas folhas do terço inferior da planta com deficiência de N, o teor de N foi de 27,6 g kg⁻¹.

Os teores de N, em folhas totalmente desenvolvidas no florescimento pleno, considerados adequados para Malavolta (2006) estão entre 3,2-3,7%. Hochmuth (2003) considerando folhas maduras recentemente desenvolvidas, na época dos primeiros botões florais abertos, considera os valores entre 3,0 e 5,0% como suficientes para o bom desenvolvimento do pimentão. Na tabela de adubação do RS/SC os valores de nutrientes considerados adequados em folhas de pimentão está entre 3,0 e 6,0% (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

Recomendações de adubação nitrogenada têm sido feitas com base em curvas de resposta da cultura à aplicação de doses crescentes, produtividade esperada e histórico da área (sistema de produção e culturas anteriores) (RAIJ, 2010). Na Tabela 2, são apresentadas as recomendações de doses de N, época e número de aplicações das principais tabelas de adubação no Brasil.

Tabela 2 – Recomendações de doses de N, época e número de aplicações das principais tabelas de adubação no Brasil.

Estado	Plantio	Coberturas						Total
		1	2	3	4	5	6	
Doses de N (kg ha⁻¹)								
CE	40 ⁽⁰⁾	50 ⁽³⁰⁾	50 ⁽⁴⁵⁾	50 ⁽⁶⁰⁾				190
PE	30 ⁽⁰⁾	40 ⁽²⁵⁾	40 ⁽⁴⁵⁾	40 ⁽⁶⁰⁾				150
BA	30 ⁽⁰⁾	30 ⁽³⁰⁾	30 ⁽⁴⁵⁾	30 ⁽⁶⁰⁾				120
MG	30 ⁽⁰⁾	15 ⁽¹⁵⁾	15 ⁽³⁰⁾	22,5 ⁽⁴⁵⁾	22,5 ⁽⁶⁰⁾	30 ⁽⁷⁵⁾	15 ⁽⁹⁰⁾	150
SP ¹	40 ⁽⁻¹⁰⁾	15	15	15	15	15	15	130
	40 ⁽⁻¹⁰⁾	20	20	20	20	20	20	180
RS/SC ²	20 ⁽⁰⁾	45 ⁽²⁰⁾	45 ⁽⁴⁰⁾					110
	20 ⁽⁰⁾	30 ⁽²⁰⁾	30 ⁽⁴⁰⁾					80
	20 ⁽⁰⁾	15 ⁽²⁰⁾	15 ⁽²⁰⁾					50

Os dados entre parenteses ^() referem-se aos dias após o transplântio.

Os rendimentos das culturas podem variar dependendo da época de produção, cultivar, condições meteorológicas, nível de manejo de irrigação e localização. O rendimento relativo (RR³) expressa respostas de rendimento do pimentão a adubações e foi utilizado nessa revisão para comparar as pesquisas com adubação nitrogenada no Brasil. Os poucos trabalhos levantados foram plotados na Figura 4.

O Instituto de Alimentos e Ciências Agrícolas (IFAS), na Universidade da Flórida utilizou o RR para sumarizar e comparar a pesquisa com adubação de N, P e K do pimentão na Flórida (HOTCMUCH; HALON, 2013). Através dessa metodologia os autores chegaram a conclusão que a dose recomendada de N no estado da Flórida-EUA, de 200 lb/acre, é adequado.

No núcleo Experimental do IAC, em Campinas-SP foi realizado um experimento para avaliar o efeito do N e K₂O na produtividade (SILVA et al., 1999). Houve aplicação de esterco no pré-plantio, os tratamentos compreenderam uma testemunha sem N e K₂O e as combinações de três doses de nitrogênio (13,3; 26,6 e 39,9 g m⁻² de N), e três doses de potássio (13,3; 26,6 e 39,9 g m⁻² de K₂O), foram parceladas em seis vezes. Não houve resposta significativa para as doses (o menor RR foi de 87% na dose mais alta de N, a dose 0

¹ As quantidades menores ou maiores dependerão da análise do solo, análise foliar, cultivar, produtividade esperada e sistema de cultivo (campo ou protegida) (TRANI et al., 1997);

² Com base no teor de M.O. no solo;

³ O Rendimento Relativo (RR) é calculado em termos percentuais. A produtividade mais alta no experimento é considerado 100%, e as outras produtividades são expressadas como percentagem da produtividade mais alta;

kg ha⁻¹ obteve RR de 88%), os autores afirmam que provavelmente foi devido a adição de esterco.

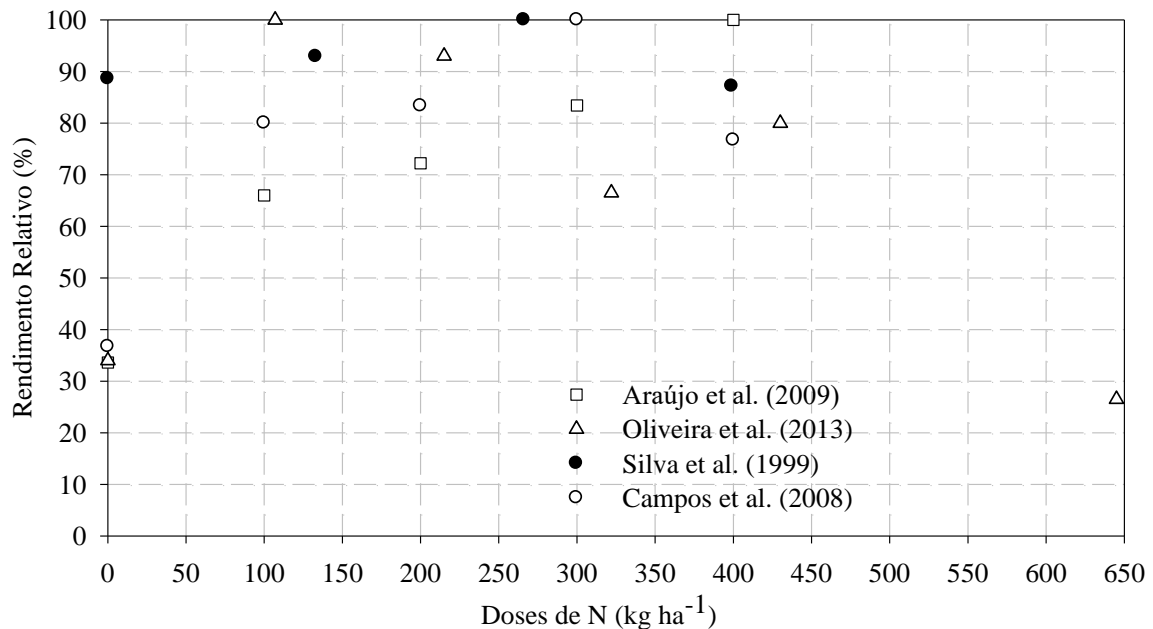


Figura 4 - Resposta do pimentão à adubação nitrogenada, segundo vários autores.

Em Areia-PB, com plantio de pimentão sob estufa plástica, foi aplicado cinco doses de N (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ de N) oriundo do sulfato de amônio, o espaçamento entre plantas foi de 0,80 x 0,50 m (CAMPOS et al., 2008). As plantas de pimentão responderam positivamente ao emprego de nitrogênio na fertirrigação. O rendimento relativo (RR) 100% considerado no gráfico foi de 300 kg ha⁻¹. Porém, para a produtividade foi estimada uma equação quadrática com o máximo na dose estimada de 221,72 kg ha⁻¹ de N.

Outro experimento realizado em Areia-PB, em ambiente protegido, aplicou cinco doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹) via fertirrigação (ARAÚJO et al., 2009). O rendimento comercial apresentou resposta linear às doses de N com a última dose apresentando 46,1 t ha⁻¹(RR 100%) de frutos de pimentão.

Oliveira et al. (2013, 2015) cultivando pimentão Atlantis em vasos, em ambiente protegido, aplicaram cinco doses de N, 0, 107, 215, 322, 430 e 645 kg ha⁻¹. Encontraram uma resposta quadrática com dose ótima estimada de 275 kg ha⁻¹ de N. Porém, a dose de 107 kg ha⁻¹, correspondeu a RR de 100%.

Doses entre 100 e 300 kg ha⁻¹ de N proporcionaram o máximo desempenho produtivo em três dos quatro trabalhos revisados. Se tomarmos como base os trabalhos revisados, não

estaria errada a recomendação de qualquer dose que se encontre nesse intervalo, visando a obtenção de altas produtividades.

Os produtores de pimentão da Chapada do Apodi tem como referência com base em seus testes de campo a dose de 215 kg ha⁻¹ de N (FREITAS, 2009). Entretanto, esta dose de nitrogênio deverá ser investigada para que os produtores da região obtenham comprovações científicas de que a boa produtividade da dose também represente eficiência econômica. Nenhum trabalho testando adubação nitrogenada foi realizado em campo nos diferentes tipos de solos da região.

2.4 NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO PIMENTÃO

O fósforo é crucial no metabolismo das plantas, transferindo energia das células, na respiração e fotossíntese além de fazer parte da estrutura dos ácidos nucléicos de genes, cromossomos, fosfoproteínas, fosfolipídeos e de muitas coenzimas (GRANT et al., 2001). A pequena quantidade na planta de pimentão e, paradoxalmente, os grandes efeitos fisiológicos que realiza, faz do fósforo um elemento estratégico para obtenção de elevada produtividade e qualidade de frutos (SILVA, 2013).

Plantas com deficiência de fósforo em pimentão apresentam folhas da parte mais jovem da planta com cor verde mais escura do que folhas mais velhas com o passar dos dias as folhas mais velhas passam a ter cor verde-escura e tons purpúreos nas nervuras. Com o progredir da carência há amarelecimento de pedúnculos e cálices, antes da queda de flores (FERNANDES; HAAG, 1972; SILVA, 2013).

Os teores de P, em folhas totalmente desenvolvidas no florescimento pleno, considerados adequados para Malavolta (2006) estão entre 0,20-0,22%. Hochmuth (2003) considerando folhas maduras recentemente desenvolvidas, na época dos primeiros botões florais abertos, considera os valores entre 0,30 e 0,50% como suficientes para o bom desenvolvimento do pimentão. Na tabela de adubação do RS/SC os valores de nutrientes considerados adequados em folhas de pimentão está entre 0,30 e 0,70% (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

Na Tabela 3, tem-se o resumo das principais tabelas de recomendação de adubação de fósforo para a cultura do pimentão 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; COMISSÃO ESTADUAL DE

FERTILIDADE DO SOLO, 2004) observam-se recomendações de doses de fósforo que variam de 50 a 190 kg ha⁻¹

Tabela 3 - Doses de P₂O₅ recomendadas nas tabelas de adubação no Brasil com seus respectivos limites de classes e extrator utilizados nos laboratórios do estado.

Estado	Doses de P ₂ O ₅ (Kg ha ⁻¹) ⁴					Extrator (unidade)
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
CE		300 ⁽⁰⁻¹⁰⁾	220 ^(11,0-20,0)	150 ^(21,0-60)		Melich-1(µg cm ⁻³)
PE	160 ^(<6)	120 ⁽⁶⁻¹²⁾	80 ⁽¹³⁻²⁵⁾	40 ^(>25)		Melich-1(mg dm ⁻³)
BA	160 ^(<5)	120 ⁽⁶⁻¹⁰⁾	80 ⁽¹¹⁻²⁰⁾	40 ⁽²¹⁻⁴⁰⁾		Melich-1(ppm)
		160 ^(<10,0)	100 ⁽¹¹⁻²⁰⁾	40 ⁽²¹⁻³⁰⁾		
MG	<2,7)	300 ^(2,8-5,4)	240 ^(5,5-8,0)	100 ^(8,1-12,0)	50 ^(>12,0)	Melich-1(mg dm ⁻³)
	<4,0)	300 ^(4,1-8,0)	240 ^(8,1-12,0)	100 ^(12,1-18,0)	50 ^(>18,0)	
	<6,6)	300 ^(6,7-12,0)	240 ^(12,1-20,0)	100 ^(20,1-30,0)	50 ^(>30,0)	
	<10,0)	300 ^(10,1-20,0)	240 ^(20,1-30,0)	100 ^(30,1-45,0)	50 ^(>45,0)	
SP	600 ⁽⁰⁻¹⁰⁾	600 ⁽¹¹⁻²⁵⁾	320 ⁽²⁶⁻⁶⁰⁾	160 ⁽⁶⁰⁻¹²⁰⁾	160 ^{> 120)}	Resina (mg dm ⁻³)
RS/SC	240 ^(<2)	180 ⁽²⁻⁴⁾	140 ⁽⁴⁻⁶⁾	100 ⁽⁶⁻¹²⁾	≤80 ^(>12)	Melich-1(mg dm ⁻³)
	240 ^(<3)	180 ⁽³⁻⁶⁾	140 ⁽⁶⁻⁹⁾	100 ⁽⁹⁻¹⁸⁾	≤80 ^(>18)	
	240 ^(<4)	180 ⁽⁴⁻⁸⁾	140 ⁽⁸⁻¹²⁾	100 ⁽¹²⁻²⁴⁾	≤80 ^(>24)	
	240 ^(<7)	180 ⁽⁷⁻¹⁴⁾	140 ⁽¹⁴⁻²¹⁾	100 ⁽²¹⁻⁴²⁾	≤80 ^(>42)	

O extrator Melich-1 é o mais utilizado nas tabelas de recomendações de adubação em vigor no Brasil (Tabela 3). No estado de São Paulo o extrator utilizado é a resina de troca catiônica.

A recomendação de adubação da Universidade Federal do Ceará (1993) considera diferentes faixas de teor de P-Melich-1 no solo independente da cultura. Comissão Estadual de Fertilidade do Solo (1989) e Cavalcanti et al. (2008) não utilizam critérios para definir os teores de P Melich-1. Consideram-se diferentes faixas de teores de P extraíveis pelo Melich-1 no solo de acordo com a cultura.

A tabela da recomendação de Minas Gerais utiliza o fósforo remanescente ou o teor de argila, 100-60%; 60-35%; 35-15%; 15-0% para separar os limites das classes correspondentes aos níveis críticos de P Melich-1 (RIBEIRO et al., 1999). O manual de recomendação do Rio Grande do Sul/Santa Catarina também utiliza os teores de argila no solo: > 60%; 60-41%; 40-21% e até 20%;

Raij et al. (1997) utilizam teores de fósforo extraído com resina. Os limites de classes de teores são com base nos limites de produção relativa. E os limites de interpretação são dados para quatro grupos de culturas, com exigências crescentes de maior disponibilidade de fósforo: florestais, perenes, anuais e hortaliças.

⁴ Os dados sobrescritos são os limites de P extraíveis do solo nas classes;

Uma compilação no banco de dados, das análises realizadas no Laboratório de Análises de Solo Água e Planta da UFERSA no ano de 2014 (LASAP, dados não divulgados), foi realizada com o objetivo de realizar um perfil físico e químico dos solos dos produtores da região oeste potiguar. Somente foram levadas em consideração no levantamento, as análises dos produtores que também requereram a análise textural do solo (Figura 5A e 5C).

Um levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte contendo dados físicos, químicos e mineralógicos dos perfis dos solos (EMBRAPA-SNLCS, 1971) foi utilizado para compilar os dados apresentados nas Figuras 5B e 5C.

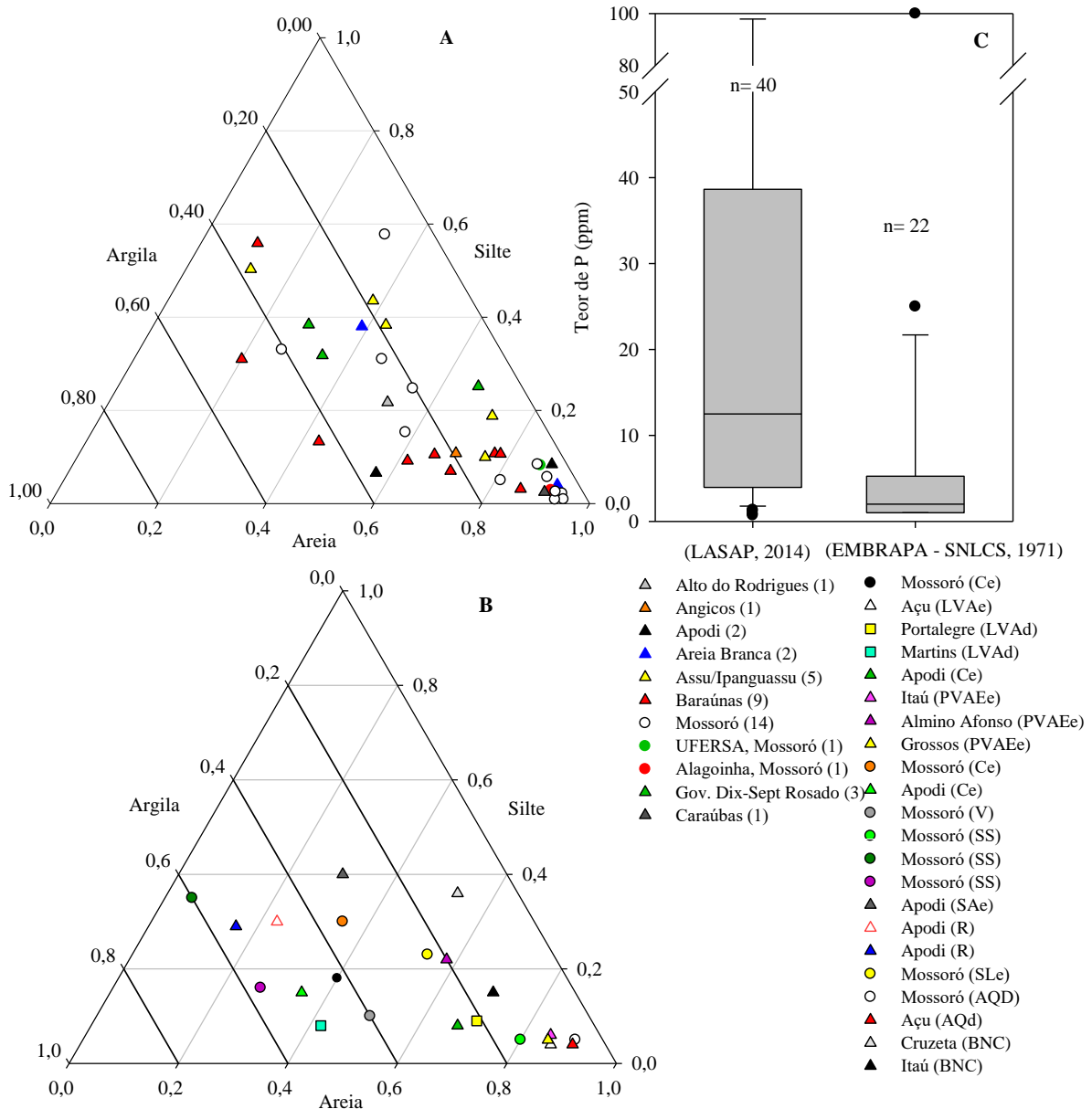


Figura 5 - Distribuição textural de amostras de solos da região oeste Potiguar, obtidos através de consulta ao banco de dados do LASAP (2014) (A) e EMBRAPA-SNLCS (1971) (B); *boxplots* de teor de P extraíveis do solo das respectivas fontes (C).

As análises levadas ao laboratório de solos geralmente são de áreas em produção, enquanto que nos levantamentos feitos por EMBRAPA-SNLCS (1971), as áreas são a priori consideradas não manejadas.. O que se nota nas análises de solos dos laboratórios é altos teores de P extraíveis por Melich-1, comparando-se com os teores nos levantamentos exploratórios de EMBRAPA-SNLCS (1971). O que concorda com Faria et al. (1999), onde verificou-se que a maioria dos solos irrigados do Submédio São Francisco apresenta elevados teores de fósforo, como consequência das elevadas doses de fertilizantes aplicadas nos sucessivos cultivos. Nos solos que nunca foram adubados, o teor de P situa-se em torno de 2 mg dm⁻³.

Poucos são os trabalhos que avaliam o pimentão submetido a doses de P, em artigos científicos de periódicos revisado por pares. Isso pode ser devido a pouca influencia do fósforo na produtividade após determinado teor. Por exemplo, em plantas de melão da cultivar Olympic express, em um argissolo vermelho-amarelo de Mossoró, , tinham maior probabilidade de ser influenciada pela fertilização de P quando o nível de P no solo era menor do que 22 mg dm⁻³, tal como determinado pelo Mehlich-1 (MENDOZA-CORTEZ et al., 2014). Em um trabalho realizado por Silva et al. (2007), onde o teor de P era de 22 mg dm⁻³, a adubação fosfatada não influenciou a produtividade do melão.

Um trabalho avaliando dez linhagens de pimentão, quanto à eficiência nutricional para fósforo, verificou comportamentos variáveis em relação a eficiência de absorção de fósforo pelas plantas de pimentão (MOURA et al., 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O experimento de campo foi realizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, município de Mossoró, RN. A área experimental localiza-se a $5^{\circ}03'35''$ de latitude, $37^{\circ}23'53''$ de longitude à oeste de Greenwich e com altitude de aproximadamente 80 m. Os dados climáticos durante a condução do experimento estão disponíveis nos gráficos da Figura 6.

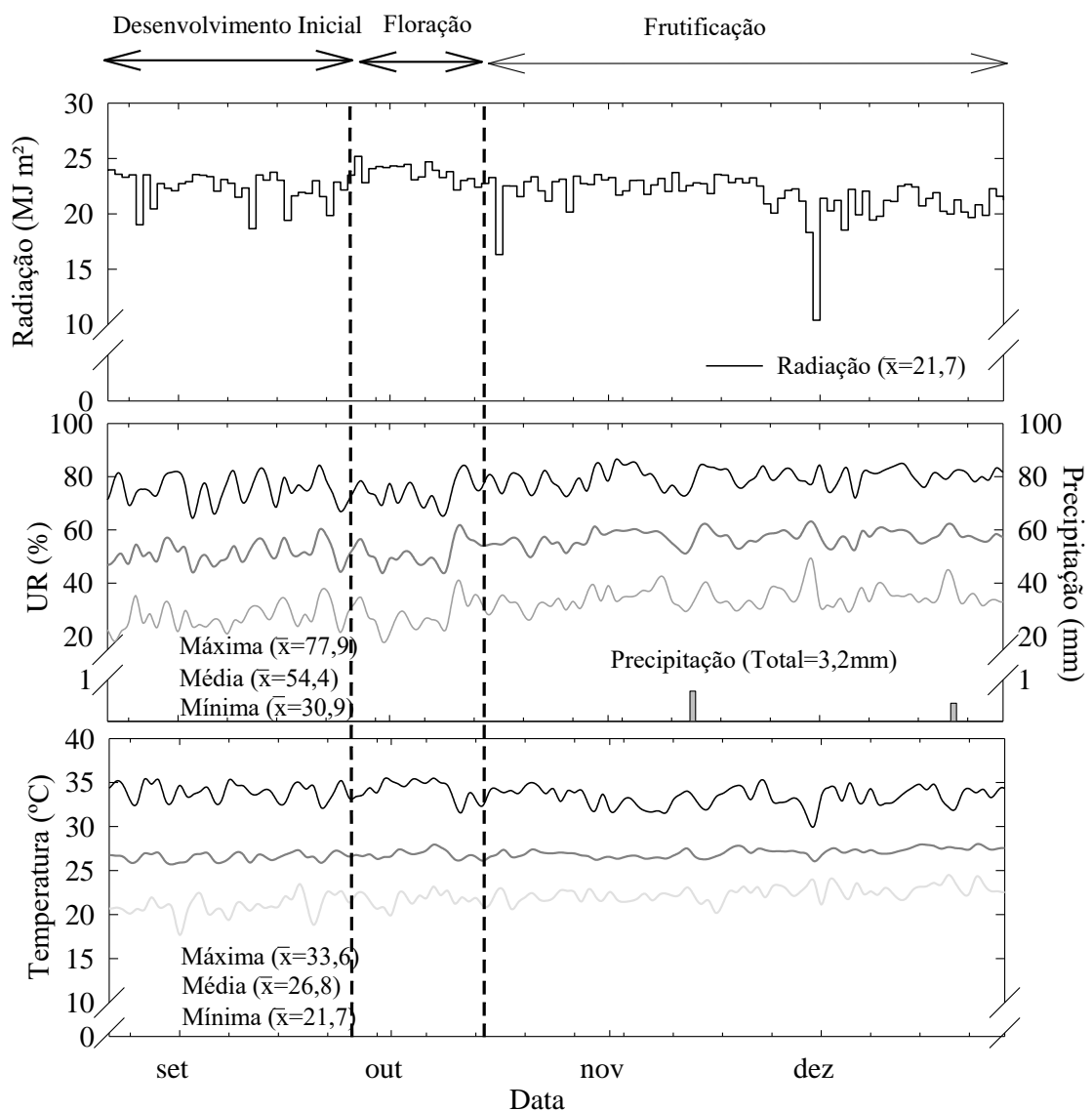


Figura 6 - Dados climáticos da Fazenda Experimental Rafael Fernandes no período de condução do experimento. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, eutrófico, textura franco-arenosa e relevo plano (EMBRAPA, 2013), cuja análise físico-química apresentou as seguintes características na profundidade de 20 cm: pH H₂O = 6,42, N = 0,28 g kg⁻¹, MO = 7,06 g kg⁻¹, P = 4,70 mg dm⁻³, K = 77,40 mg dm⁻³, Na = 4,40 mg dm⁻³, Ca = 2,0 cmol_c dm⁻³, Mg = 0,80 cmol_c dm⁻³, Al = 0,00 cmol_c dm⁻³; Areia grossa = 610 g kg⁻¹, Areia Fina = 290 g kg⁻¹, Silte = 20 g kg⁻¹, Argila = 70 g kg⁻¹, Densidade do solo = 1,42 g cm⁻³, Densidade de Partículas = 2,43 g cm⁻³, Porosidade = 0,42 cm⁻³ cm⁻³.

3.2 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, utilizando-se o substrato de mistura de fibra de côco e composto orgânico. As mudas foram transplantadas, no estádio de três a quatro folhas definitivas, 35 dias após a semeadura. O híbrido utilizado foi o ‘Atlantis’ (Topseed®). Este híbrido apresenta alto potencial produtivo e boa cobertura foliar, o que garante uma melhor proteção dos frutos, que são retangulares de coloração verde-escuro e vermelho intenso quando maduros apresentando parede espessa (6-8 mm), massa média de 260 g, além de excelente firmeza dos frutos na pós-colheita. O ciclo médio é de 120 dias e apresenta tolerância ao potyvírus do mosaico amarelo do pimentão (PepYM) (AGRISTAR, 2016)

O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens, seguido do sulcamento em linhas, com profundidade de 20 cm, onde foi realizada a adubação de plantio com posterior fechamento dos sulcos.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados. A unidade experimental foi composta por oito fileiras em espaçamento duplo de 1,6 m x 0,4 m x 0,4 m de acordo com Silva et al. (2010), apresentava 2,0 m de comprimento por 8,0 m de largura, totalizando 40 plantas. Foi constituída a área útil das quatro fileiras centrais (duas fileiras duplas), descartando uma planta na extremidade de cada linha, totalizando 12 plantas avaliadas (Figura 7).

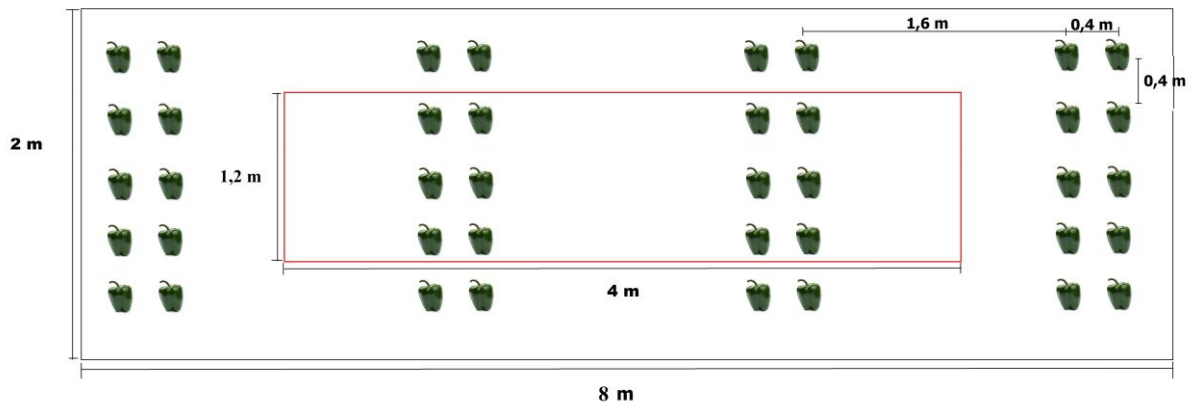


Figura 7 - Croqui da parcela experimental. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.

O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento, com fita flexível de 16,2 mm e gotejadores com vazão de 1,6 L/h, à pressão de 100 KPa. A quantidade de água de irrigação variou de acordo com a evapotranspiração da cultura (ET_c) (ALLEN et al., 1998), considerando os K_c para a fase inicial de 0,40; 0,70 para a fase de floração e frutificação; 1,05 para a fase de produção plena, e para a fase final do ciclo, de 0,85 (MAROUELLI; SILVA, 2012).

Foram realizadas cinco capinas manuais, raleio dos frutos e tutoramento para condução das plantas de pimentão. Os tutores foram colocados a cada metro na linha de plantio. Cada tutor foi amarrado por um fitilho a 15 cm de altura do solo no sentido de ida e volta ao redor das plantas, sem fazer o zigue zague duplo, dando um nó nos fitilhos entre as plantas de pimentão. O segundo fitilho foi amarrado a uma altura de 30 cm de altura do fitilho anterior.

Foram efetuadas seis colheitas, a primeira a partir do dia 30 de outubro de 2014 (69 DAT) e a última encerrando-se em 26 de dezembro de 2014 (126 DAT). O ponto de colheita adotado foi quando os frutos atingiram tamanho comercial e cor verde escura brilhante, aproximadamente 11,5 cm.

3.3 DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO

3.3.1 Aplicação dos tratamentos

As doses aplicadas nos tratamentos estão disponíveis na tabela 4, na adubação de plantio foram colocados 10% de N, 100% de P e 25% de K. As adubações em cobertura foram efetuadas semanalmente via fertirrigação, proposta por Fontes et al. (2005a).

Tabela 4 - Doses de nutrientes aplicadas em cada tratamento para avaliação do rendimento do pimentão Atlantis em função de doses de nitrogênio e de fósforo. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.

Tratamento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Mg	B	Zn
-----kg ha ⁻¹ -----							
N1	0	120	80	20	6,0	3,0	4,0
N2	50	120	80	20	6,0	3,0	4,0
N3	100	120	80	20	6,0	3,0	4,0
N4	150	120	80	20	6,0	3,0	4,0
N5	200	120	80	20	6,0	3,0	4,0
P6	100	0	80	20	6,0	3,0	4,0
P7	100	60	80	20	6,0	3,0	4,0
P8	100	120	80	20	6,0	3,0	4,0
P9	100	200	80	20	6,0	3,0	4,0
P10	100	300	80	20	6,0	3,0	4,0

O sulfato de amônio e a uréia foram usados concomitantemente como fertilizantes para o fornecimento de N, para o P₂O₅ foi utilizado o fosfato monoamônico (MAP). O K₂O, Mg, B e Zn, foram fornecidos respectivamente, via cloreto de potássio, sulfato de magnésio, ácido bórico e sulfato de zinco. A dose de enxofre foi fornecido na forma de sulfato de amônio, excetuando-se a dose de 0 kg ha⁻¹ de N em que foi utilizado superfosfato simples. A fertirrigação foi realizada manualmente usando garrafas PETs de 2 litros para cada parcela. Dessa forma, foi utilizado um béquer de 50 ml contendo a solução de nutrientes, que foi aplicado na área explorada pelas raízes de cada planta.

3.3.2 Estimativa dos níveis críticos de N e P na planta e no solo

Para realizar a calibração dos teores de fósforo no solo uma avaliação com vasos foi realizada na casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, utilizando-se o solo da área experimental.

O delineamento foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (cinco doses de P₂O₅) e quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um vaso plástico sem

dreno, contendo 4 dm³ de solo. Cinco doses de fósforo, 0; 13,1; 26,2; 43,6; e 65,5 mg dm⁻³, correspondendo respectivamente, a 0, 60, 120, 200, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram aplicadas e homogeneizadas em 100 % do volume de solo de cada vaso (4 dm³). Como fonte de fósforo foi utilizado, em solução, KH₂PO₄ p.a. Após a aplicação das doses de P₂O₅ ao solo de cada vaso, seguiu-se um período de incubação por seis semanas, adicionando-se água destilada em quantidade correspondente a 50 % da porosidade total de cada solo.

Após o período de incubação, os solos foram retirados dos vasos, secos ao ar, destorroados, passados em peneira de 4 mm de malha. Subamostras de 0,2 dm³ de solo de cada vaso foram retiradas para determinação dos teores de P disponíveis pelo extrator Mehlich-1 (EMBRAPA, 2009).

3.3.3 Características avaliadas e análise estatística

Na época do florescimento pleno das plantas foi realizada a amostragem de 10 folhas de cada unidade experimental (MALAVOLTA et al. 2006) para determinação dos teores de N e de P na folha diagnóstica, de acordo com Tedesco et al. (1995).

No final do experimento de campo foram avaliadas as seguintes características: produtividade de frutos comerciais (PC), obtida da massa fresca dos frutos comerciais das plantas da área útil, livres de queimaduras, ataque de doenças e pragas, e danos mecânicos, medida em kg e estimada em t ha⁻¹; produtividade de frutos não comerciais (PNC) em t ha⁻¹, obtida da massa fresca dos frutos não comerciais das plantas da área útil, medida em kg e estimada em t ha⁻¹; produtividade total de frutos (PT), obtida através da soma da produtividade comercial e a produtividade não comercial, expresso em t ha⁻¹.

Número de frutos comerciais (NFC), obtido pela contagem de frutos, livres de queimaduras, ataque de doenças e pragas, colhidos na área útil e dividido pelo número de plantas da área útil, expresso em frutos planta⁻¹; número de frutos não comerciais (NFNC) obtido pela contagem dos frutos não comerciais, colhidos na área útil e dividido pelo número de plantas da área útil, expresso em frutos planta⁻¹; número de frutos totais (NFT), obtida através da soma do número de frutos comerciais e número de frutos não comerciais, expresso em frutos planta⁻¹.

Massa média de frutos comerciais (MMFC), obtida pela soma da massa fresca dos frutos comerciais dividida pelo número de frutos comerciais, expresso em g; massa média de frutos não comerciais (MMFNC), obtida pela soma da massa fresca dos frutos não comerciais dividida pelo número de frutos não comerciais, expresso em g; massa média de frutos totais

(MMFT), obtida através da soma da massa média de frutos comerciais e a massa média de frutos não comerciais, expresso em g.

Os frutos foram separados em classes de acordo com classificação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Graúdo (comprimento maior do que 100 mm e diâmetro basal maior do que 60 mm), Médio (comprimento maior do que 80 até 100 mm e diâmetro basal maior do que 50 até 60 mm), Miúdo (comprimento maior do que 60 até 80 mm e diâmetro basal maior do que 40 até 50 mm) e Refugo (comprimento menor do que 60 mm e diâmetro basal menor do que 40 mm, além dos frutos com podridões e defeitos que o inutilizavam comercialmente). Depois de separados, os frutos em cada classe foram pesados, e os dados expressos em percentagem.

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão obedecendo-se o nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste F. Para cada característica avaliada, foram estimadas as doses de N e de P_2O_5 associadas ao valor máximo da variável dependente. Após o ajuste, foram descartados os coeficientes com significância superior a 10%, ajustando-se um novo modelo mais simples apenas com os parâmetros com contribuição significativa para o modelo.

De acordo com o proposto por Alvarez (1996) foram ajustadas equações de regressão (modelo quadrático, raiz quadrada e/ou linear) que relacionaram a produção como variável das doses dos nutrientes aplicados, com os quais se calcularam os valores das doses dos nutrientes associadas às produções de máxima eficiência física (DMEF). Considerou-se como a “dose de máxima eficiência econômica” (DMEE⁵) a dose do nutriente correspondente a 90% da produção de máxima eficiência física.

Os níveis críticos de N na folha e de P no solo e na folha foram obtidos mediante a substituição das doses de máxima eficiência física e econômica de N e P_2O_5 recomendadas para a obtenção da máxima produtividade comercial econômica do pimentão, em cada uma das equações de regressão ajustadas para os respectivos teores. Considerou-se a faixa entre os níveis críticos das DMEF e DMEE como limites ótimos para a produção da cultura do pimentão em um argissolo de Mossoró-RN.

⁵ O desenvolvimento do cálculo da derivação das equações estão disponíveis no ANEXO B;

3.4 CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES

Para quantificar o acúmulo de matéria seca e nutrientes foram amostradas quatro plantas de pimentão em intervalos de quatorze dias, dos 14 até os 126 dias após o transplante (DAT). Após cada coleta, as plantas foram fracionadas em caules + folhas (parte vegetativa) e flores + frutos (parte reprodutiva), lavadas e colocadas em estufa com circulação de ar à temperatura de 65°C até atingir massa constante. As amostras foram trituradas em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm) e acondicionadas em recipientes fechados.

As plantas foram coletadas de parcelas adicionais referentes aos tratamentos N3 (100 kg ha⁻¹) e P8 (120 kg ha⁻¹) descritos na Tabela 4.

Os teores de N foram determinados pelo método MicroKjeldahl; de P por colorimetria, utilizando o método do complexo fosfo-molibdico em meio redutor, adaptado por Braga e Defelipo (1974); de K por fotometria de emissão de chama; e de Ca e Mg por absorção atômica (EMBRAPA, 2009).

Foi determinado o acúmulo matéria seca, e o acúmulo de macronutrientes em cada época de coleta, onde os resultados foram expressos em g planta⁻¹. De acordo com sugestões de Benincasa (2003) foi calculada a taxa de crescimento absoluto (TCA) – variação ou incremento entre duas amostragens, obtido através da equação $TCA = (M_2 - M_1)/(T_2 - T_1)$ (g planta⁻¹ dia⁻¹), onde M_2 e M_1 , são as massas da matéria seca de duas amostragens sucessivas, e T_2 e T_1 representam as épocas de amostragem, neste caso, essa diferença de tempo foi fixada em 14 dias.

Uma análise de regressão não-linear (logística) foi realizada, proposta por Verhulst

(1838), $W = \frac{W_{\max}}{1 + e^{-k(t-tm)}}$, onde: k é a curvatura do padrão de crescimento e tm é o ponto de

inflexão da curva onde W é metade de W_{\max} .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$) das doses de N e P_2O_5 , para as variáveis, produtividade total (PT), produtividade comercial (PC) e número de frutos comerciais (NFC) (Tabela 5). Para as demais características as doses de N e de P_2O_5 aplicadas no solo não influenciaram significativamente. Indicando que o número de frutos por planta foi a característica que contribuiu para elevar a produtividade. A massa média de frutos comerciais foi de $57,6 \text{ g fruto}^{-1}$ para as doses de N e de $58,9 \text{ g fruto}^{-1}$ para as doses de P_2O_5 .

Tabela 5 – Produtividade total (PT) e comercial (PC) de frutos, número frutos totais (NFT) e comerciais (NFC) e massa média de frutos totais (MMFT) e comerciais (MMFC) do pimentão submetido a doses de N e P_2O_5 . Mossoró, RN. UFERSA, 2014.

Tratamentos		PT (t ha ⁻¹)	NFT (planta ⁻¹)	MMFT (g)	PC (t ha ⁻¹)	NFC (planta ⁻¹)	MMFC (g)
N (kg ha ⁻¹)+ 120 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	0	9,92	8,00	49,48	9,66	7,25	52,48
	50	15,44	10,19	60,62	14,92	9,79	58,15
	100	16,02	11,47	56,78	15,44	11,34	57,17
	150	15,89	10,65	59,53	15,20	10,10	59,97
	200	16,20	10,66	60,86	15,51	10,08	61,64
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)+ 100 kg ha ⁻¹ de N	0	8,67	6,37	53,80	8,52	6,19	54,48
	60	14,20	9,87	56,88	13,66	9,37	57,63
	120	16,02	11,47	56,78	15,44	11,34	57,17
	200	14,33	9,12	63,98	13,89	8,70	64,63
	300	14,34	9,68	59,01	13,91	9,33	59,40
ANOVA							
Bloco		ns	ns	*	ns	ns	**
Doses de N		*	ns	ns	*	*	ns
Doses de P ₂ O ₅		**	**	ns	**	**	ns
Doses de N vs Doses de P ₂ O ₅		ns	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)		20,42	20,02	10,25	20,21	18,33	10,78

** , * e °: respectivamente, significativo a 1%, 5% e 10% de probabilidade pelo teste F.

A produtividade total e comercial em função das doses de N foi ajustada a regressão de raiz quadrada (Figura 18A e 8C). Com o aumento das doses de N a produtividade comercial e a produtividade total aumentaram, alcançando o máximo, respectivamente, em $15,72 \text{ t ha}^{-1}$ na dose $124,61 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $16,30 \text{ t ha}^{-1}$ na dose 133 kg ha^{-1} de N. Efeito similar se observou aumentando-se as doses de P_2O_5 (Figura 8B e 8D), a produtividade comercial e a produtividade total também aumentaram, alcançando o máximo, respectivamente, em $14,61 \text{ t ha}^{-1}$ na dose $154,99 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 e $15,22 \text{ t ha}^{-1}$ na dose 149 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

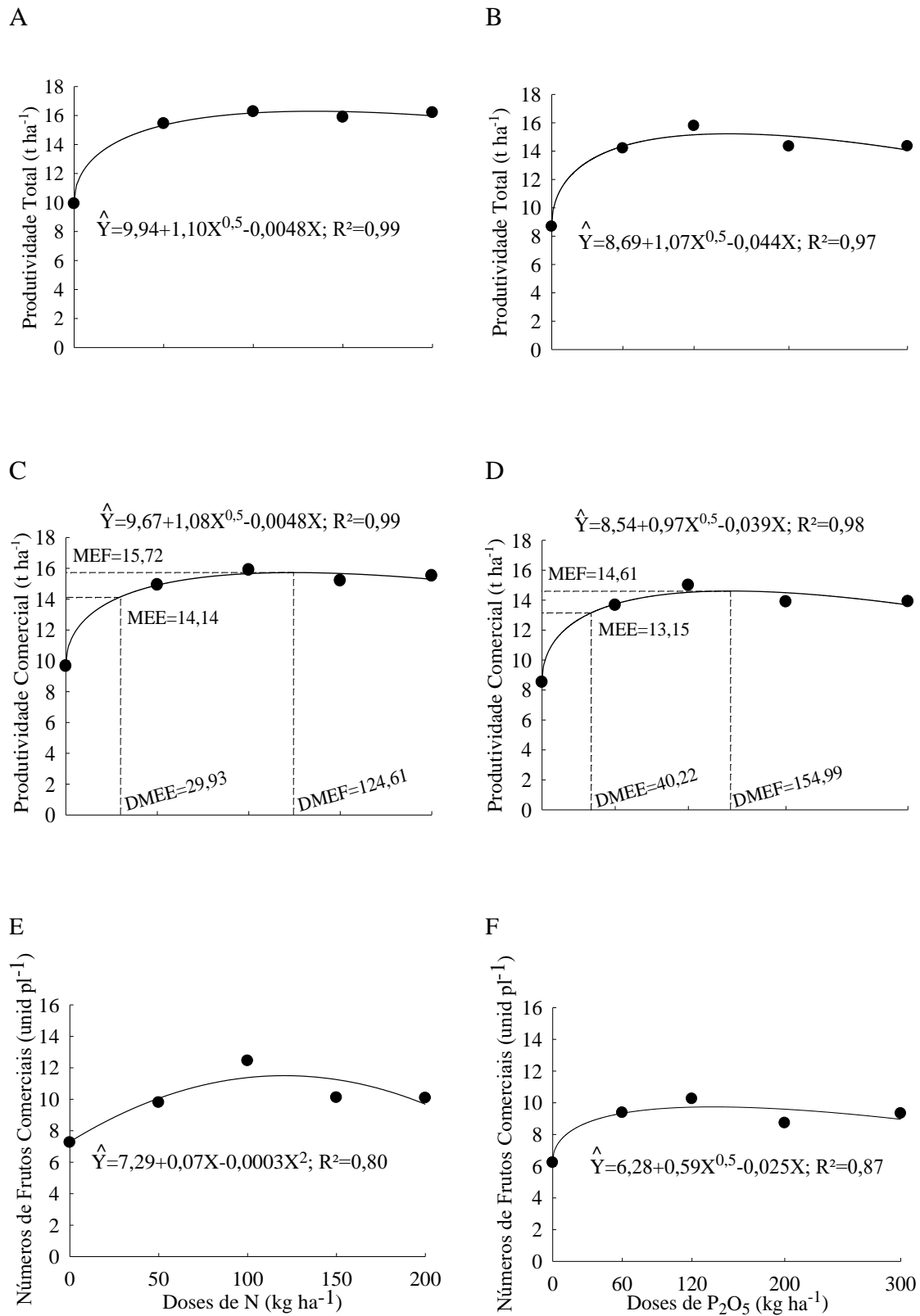


Figura 8 - Produtividade total, comercial, e número de frutos comerciais de pimentão 'Atlantis' em função de doses de N (A, C, E), e de P₂O₅ (B, D, E). Mossoró, RN. UFERSA, 2014.

Na literatura, em condições de campo na região de Mossoró, as produtividades comercial e total foram de 9,86 t ha⁻¹ e 12,18 t ha⁻¹, respectivamente (Coelho *et al.*, 2013). Produtividades comerciais de 20 t/ha foram conseguidas, porém em cultivo protegido, onde alguns fatores ambientais puderam ser controlados (Oliveira *et al.*, 2005).

Quanto ao número de frutos comerciais a análise de regressão realizada detectou efeito quadrático para as doses de N (Figura 10E e 10F). Efeito quadrático para doses de N foi reportado também em Oliveira *et al.* (2013), havendo decréscimos nos números de frutos com o aumento das doses. Na literatura, essa é uma característica que apresenta muita variação, pois os autores adotam diversos ciclos da cultura (rever Tabela 1, ciclos que variam desde 126 dias até 224 dias), isso afeta diretamente o número total de frutos colhidos, tornando difícil a comparação entre as produtividades de pimentão (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Assim, a produtividade também é variável, pois o número de frutos é o principal fator que influencia na produtividade.

As médias do número de frutos comerciais em função das doses de P₂O foram ajustadas ao modelo de regressão raiz quadrada, com máximo estimado de 9,74 frutos/planta, obtido com 140 kg/ha de P₂O₅ (Figura 1F). A explicação para o efeito de raiz quadrada na produção para doses de P₂O₅ (Figuras 10B, 10D e 10F) tem relação com o severo abortamento de flores quando o pimentão está deficiente de P (SILVA, 2013), o que explica a baixa produtividade e número de frutos na dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Devido o fósforo ter alta mobilidade na planta, pequenas doses de P₂O₅ são suficientes para evitar o abortamento de flores e conseqüentemente a redução da produtividade.

As doses de P₂O₅ não alteraram as porcentagens de frutos nas classes de classificação do pimentão (p>0,05), entretanto, as doses de N apresentaram diferenças significativas (p<0,05) nas classes de pimentão Graúdo e Miúdo (Tabela 6). Mostrando que o N foi importante no aumento de tamanhos de pimentões maiores e diminuição de pimentões menores, mesmo não tendo havido diferença na massa média dos frutos.

Os teores médios de N na folha variaram de 34,78 g kg⁻¹ a 38,94 g kg⁻¹ não sendo observado efeito significativo (p>0,05) das doses de N aplicadas nos teores de N na folha (Tabela 7). Dessa forma, pode-se considerar que a faixa de nível crítico de N na folha diagnóstica do pimentão para este experimento seja igual aos valores limítrofes obtidos, que foi de 34,78 g kg⁻¹ a 38,94 g kg⁻¹. Malavolta *et al.* (2006) consideram que o nível crítico de N na folha diagnóstica do pimentão varia de 32 a 37 g kg⁻¹, valor semelhante ao obtido neste experimento.

Tabela 6 - Diagnose foliar e classificação do pimentão submetido a doses de N e P₂O₅. Mossoró, RN. UFRSA, 2014.

Tratamentos	Diagnose Foliar		Classificação				
	N	P	Graúdo	Médio	Miúdo	Refugo	
N (kg ha ⁻¹)+ 120 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	0	34,78	2,81	25,31	52,35	19,72 a	2,62
	50	36,97	2,02	40,21	47,47	9,29 b	3,03
	100	37,08	2,00	41,09	45,72	6,91 b	3,42
	150	36,10	2,13	43,95	48,45	5,88 b	4,58
	200	36,53	2,19	44,25	47,05	4,58 b	4,10
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)+ 100 kg ha ⁻¹ de N	0	30,84	1,37 b	29,16	57,10	11,58	2,15
	60	37,84	2,28 a	34,30	52,52	9,31	3,86
	120	37,08	2,00 ab	43,95	45,72	6,91	3,42
	200	36,75	2,42 a	38,48	48,76	9,57	3,18
	300	35,11	2,53 a	39,89	47,90	9,34	2,87
ANOVA							
Bloco	**	ns	ns	ns	*	*	
Doses de N	ns	ns	*	ns	**	ns	
Doses de P ₂ O ₅	ns	**	ns	ns	ns	ns	
Doses de N vs Doses de P ₂ O ₅	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
CV (%)	11,38	20,63	24,95	17,87	45,05	65,42	

**, * e °: respectivamente, significativo a 1%, 5% e 10% de probabilidade pelo teste F. Na coluna, médias seguidas pela mesma letra dentro das doses de N e de P₂O₅, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de P na folha do pimentão e de P no solo foram significativamente ($p < 0,05$) influenciados pelas doses de P₂O₅ aplicadas no solo. Pela análise de regressão constatou-se que o teor de P na folha do pimentão apresentou comportamento semelhante aos dos componentes de produção, apresentando um comportamento de uma equação de raiz quadrada (Figura 11A). De acordo com Malavolta (2006), o teor adequado de P nas folhas de pimentão, para o bom desenvolvimento e produção, está situado na faixa de 2 a 2,2 g kg⁻¹ de matéria seca. Pela fórmula estimada na Figura 8A, a partir da dose de 38 kg ha⁻¹ de P₂O₅, proporciona a obtenção de teores foliares considerados adequados à cultura do pimentão, se tomar como base os limites estipulados por Malavolta (2006).

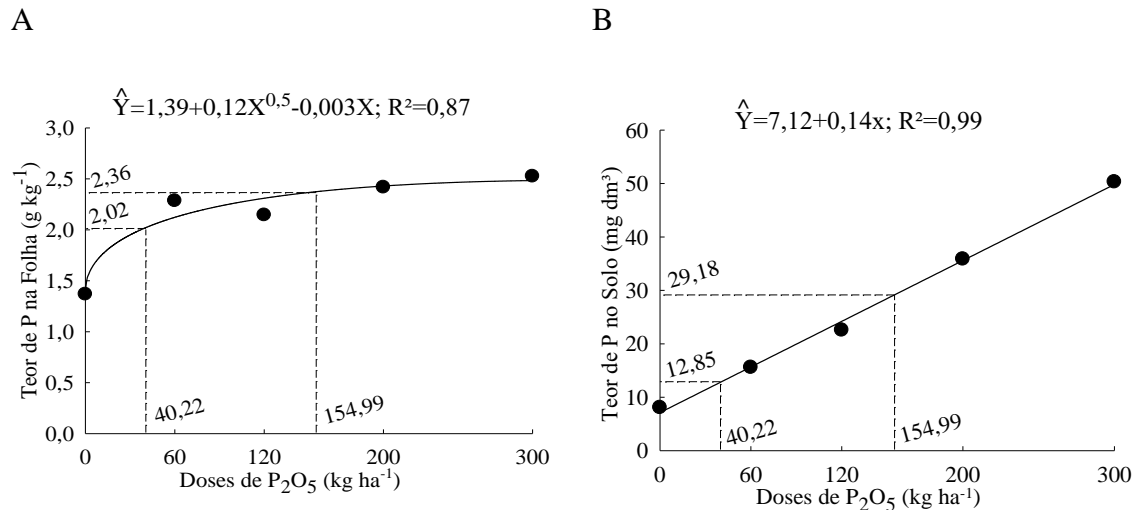


Figura 9 - Análise de regressão para os teores de fósforo na folha (A) e no solo (B) em função das doses de P_2O_5 aplicadas no solo. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.

O teor de P no solo extraível pelo mehlich-1 aumentou linearmente com o aumento das doses de P_2O_5 aplicadas (Figura 11B). Através da equação linear ajustada, pode-se inferir que o solo em estudo possui uma média estimada de $7,12\ mg\ dm^{-3}$ de P e que a cada Kg de P_2O_5 aplicado no solo é extraído $0,14\ mg\ dm^{-3}$ de P pelo mehlich-1 na análise de solo.

As doses de N e P_2O_5 estimadas pelas equações de regressão (Figura 10C e 10D) para a produção de máxima eficiência física foram $124,61\ kg\ ha^{-1}$ de N e $154,99\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . Entretanto, as doses de máxima eficiência econômica foram $29,93\ kg\ ha^{-1}$ de N e $40,22\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , ou seja, com essas doses pode-se obter 90% da produção, mas com uma redução significativa de adubos nitrogenados e fosfatados.

Substituindo os valores de doses de P_2O_5 nas equações das Figuras 11A e 11B, estima-se que a faixa dos teores de P na folha e no solo para uma produtividade de eficiência econômica do pimentão foram, respectivamente, $2,02 - 2,36\ g\ kg^{-1}$ e $12,85 - 29,18\ mg\ dm^{-3}$. Nesta pesquisa, os teores de P na folha são muito próximos aos recomendados por Malavolta (2006), que é de 2 a $2,2\ g\ kg^{-1}$, indicando uma coerência nos resultados com a literatura. Em áreas irrigadas do submédio São Francisco verificou-se que a probabilidade do tomateiro responder à adubação fosfatada em solo com P igual ou superior a $15\ mg\ dm^{-3}$ é mínima (FARIA et al., 1999), o que denota a pouca responsividade à adubações fosfatadas a partir de certos níveis de P já existentes no solo.

Portanto, em condições de campo para o pimentão ‘Atlantis’, as doses estimadas de $29,93\ kg\ ha^{-1}$ de N e $40,22\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , foram as que proporcionaram uma produtividade comercial com máxima eficiência econômica. O teor de fósforo pode ser utilizado para avaliar

à boa nutrição da cultura do pimentão, através da análise foliar da folha diagnóstica ou da análise de solo, sendo os seus teores críticos, respectivamente, 2,02 – 2,36 g kg⁻¹ e 12,85 – 29,18 mg dm⁻³. E para o nitrogênio, pode-se considerar a faixa de 34,78 - 38,94 g kg⁻¹ de N na folha adequada para o monitoramento da boa nutrição da planta de pimentão.

4.2 MARCHA DE ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E MACRONUTRIENTES

O acúmulo de matéria seca total da planta (MST) foi lento até os 42 DAT, intensificando-se dos 42 aos 112 DAT acumulando 70 % da matéria seca final estimada (Figura 8A). O crescimento inicial lento ocorre em virtude das plantas gastarem grande parte da energia para fixação no solo, com o início do processo reprodutivo, os carboidratos e outros compostos são translocados das folhas para os frutos, como decorrência da predominância da fase reprodutiva sobre a fase vegetativa (MARSCHENER, 2012).

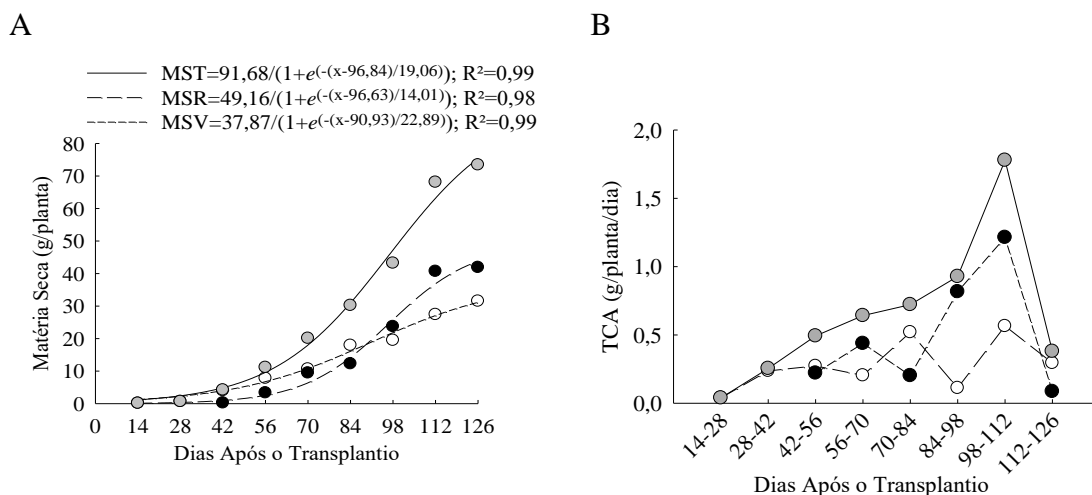


Figura 10 - Acúmulo de matéria seca (A) e taxa de crescimento absoluto (B), total (—●—), na parte vegetativa (-○-) e na parte reprodutiva (-●-) do pimentão 'Atlantis'. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.

O acúmulo total de matéria seca obtido no final do ciclo foi de 73,4 g planta⁻¹. Em Mossoró, utilizando o pimentão 'Atlantis,' em condições de campo e nível tecnológico semelhante, foram obtidos no final de um ciclo de 140 DAT massa de matéria seca de 74,5 g planta⁻¹, estimativa próxima à encontrada no final do ciclo no presente trabalho (COELHO et al., 2013a).

O acúmulo de matéria seca da parte vegetativa da planta (MSV), com máximo de 31,5 g planta⁻¹ foi obtido no final do ciclo, representando 42,9 % da matéria seca total. O máximo

acúmulo de matéria seca da parte reprodutiva (MSR) foi alcançado no final do ciclo, com 41,9 g planta⁻¹, representando 57,1% do acúmulo da massa seca total da planta. A massa seca da parte reprodutiva foi computada a partir da análise realizada aos 42 DAT. É importante ressaltar que a massa seca das flores na massa seca da MSR (flores + frutos) é insignificante, portanto, do ponto de vista prático, ao se referir à parte reprodutiva deve ser entendido como massa seca de frutos.

Analisando as curvas de crescimento estimadas de acúmulo de matéria seca, percebe-se que a parte reprodutiva se torna dreno preferencial a partir dos 90 DAT, sempre correspondendo, a partir desta data, a mais de 50 % da matéria seca total. Nos trabalhos de análise de crescimento de pimentão sempre se observou essa preferência no particionamento da matéria seca (Marcussi *et al.*, 2004; Charlo *et al.*, 2011). A frutificação mais intensa ocorreu no período entre 98-112 DAT, onde na amostragem 112 DAT a massa da matéria seca dos frutos correspondeu a 60 % da massa da matéria seca total. No período de frutificação entre 98-112 DAT a taxa de crescimento absoluto foi de 1,78 g planta⁻¹ dia⁻¹, onde 1,21 g planta⁻¹ dia⁻¹ correspondeu ao incremento no fruto (Figura 8B).

A taxa de crescimento absoluta dá uma ideia da velocidade média de crescimento ao longo do período observado (BENINCASA, 2003). Dessa forma, podem-se utilizar as informações no presente trabalho para manejar o fornecimento de nutrientes. Uma proposta de adubação poderia ser feita de forma que os nutrientes seriam fornecidos de acordo com a velocidade de crescimento de matéria seca da planta. Assim a maior porcentagem de nutrientes seria fornecida um pouco antes do período de 98-112 DAT, já que é nesse período que a planta cresce 24,9 g (33,9%) das 73,4 g planta⁻¹. Charlo *et al.* (2011) sugerem que seja pouco o fornecimento dos nutrientes no início do ciclo intensificando na época de frutificação, onde ocorre a maior taxa de crescimento do pimentão.

O N foi o segundo nutriente com maior acúmulo na planta. A demanda de N ocorreu até o final do ciclo atingindo 1,61 g planta⁻¹. Houve acúmulo de N no começo do ciclo mais na parte vegetativa e por volta dos 90 DAT ocorreu uma inversão, com maior acúmulo no fruto até o final do ciclo (Figura 9A). O acúmulo de N acompanha o acúmulo de matéria seca da parte aérea e o acúmulo de matéria seca nos frutos (GONZÁLES-REAL *et al.*, 2008), portanto, essa inversão é normal devido a mudança na relação fonte dreno da planta.

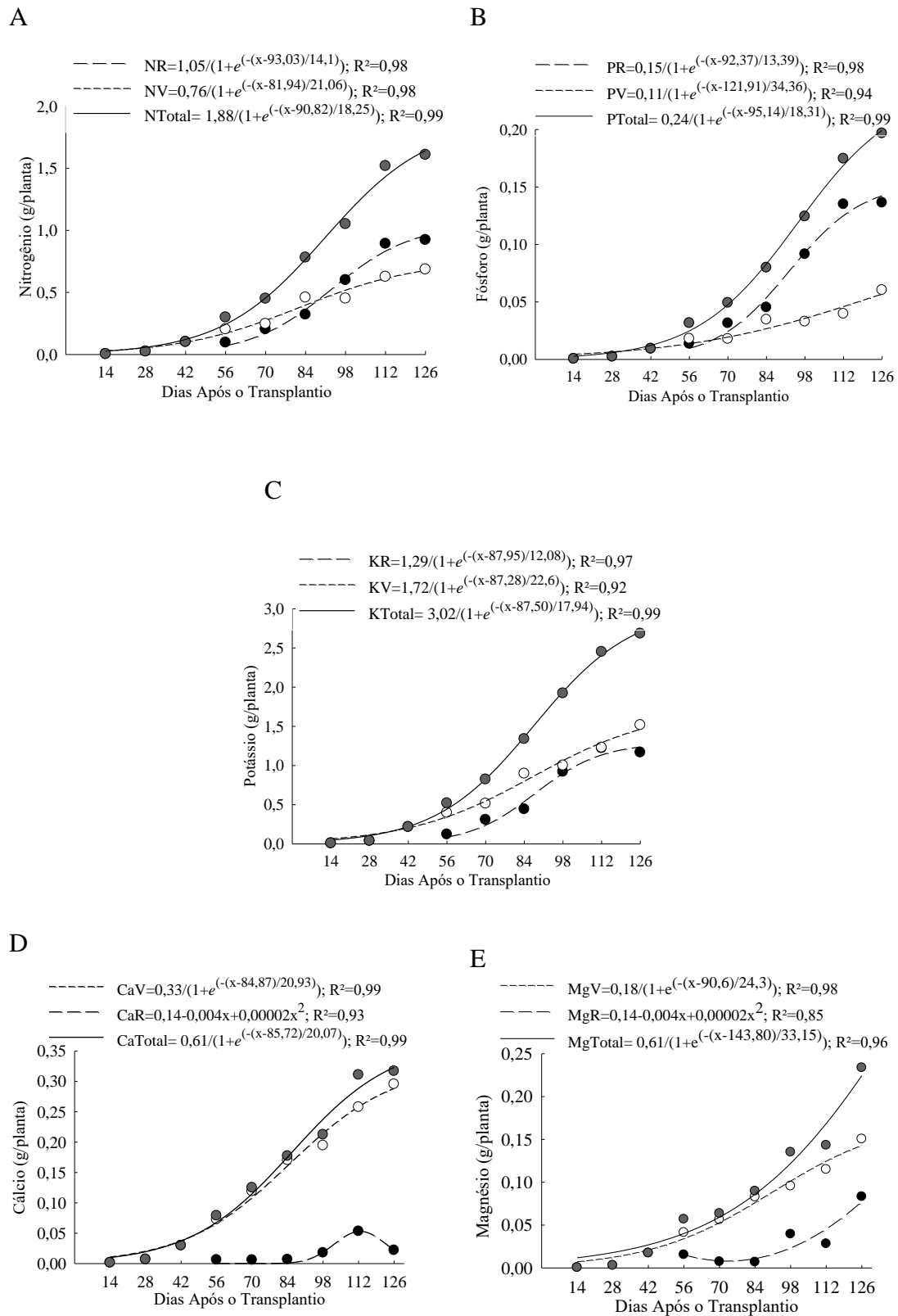


Figura 11 – Acúmulo de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) total (—●—), na parte vegetativa(—○—) e na parte reprodutiva (—●—) do pimentão ‘Atlantis’. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.

O P foi o nutriente de menor acúmulo na planta, $0,20 \text{ g planta}^{-1}$, entretanto verificou-se maior percentual de exportação para o fruto. Logo após as primeiras avaliações da parte reprodutiva, o acúmulo de P nos frutos foi mais intenso do que na parte vegetativa, acumulando ao final do experimento praticamente o dobro de P na parte reprodutiva (Figura 9B). Fato esse também percebido no trabalho de outros autores (MARCUSSEI et al., 2004; FONTES et al., 2005; FREITAS, 2009; CHARLO et al., 2012).

O K foi o nutriente com maior acúmulo na planta, ocorrendo no final do ciclo da cultura, aos 126 DAT, um acúmulo de $2,68 \text{ g planta}^{-1}$ (Figura 9C). O maior acúmulo estimado de K, na parte vegetativa e reprodutiva, também ocorreu no final do ciclo. Nos trabalhos de marcha de absorção no pimentão, o N (MARCUSSEI et al., 2004; FREITAS, 2009; CHARLO et al., 2012) ou o K (FONTES et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2015) são relatados como o nutriente acumulado em maior quantidade pelas plantas. Apesar de que muitas vezes a proporção N : K chega a ser quase de 1 : 1 (CHARLO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015). Para os outros nutrientes há total consenso sobre a ordem de acúmulo pela planta de pimentão.

O Ca foi o elemento com menor acúmulo pela planta, atingindo o máximo de $0,05 \text{ g planta}^{-1}$ aos 126 DAT (Figura 9D). A maior demanda ocorreu no período de 112 a 126 DAT. A parte vegetativa acumulou maior quantidade de Ca em relação à parte reprodutiva. No fruto teve maior acúmulo aos 112 DAT, decrescendo no final do ciclo. Isso pode ter ocorrido por exportação de Ca à medida que ocorria a colheita de frutos. Como o Ca é pouco móvel na planta, seu movimento ocorre praticamente via xilema pela corrente transpiratória (MARSCHENER, 2012), não houve tempo suficiente para que houvesse um acúmulo de Ca aos 126 DAT nos mesmos teores da amostragem feita aos 112 DAT. Esse comportamento é comum em hortaliças cujo crescimento é intenso e o fruto é o dreno preferencial (AGUIAR NETO et al., 2014).

Foi observado um acúmulo constante de Mg durante todo o ciclo, nas partes vegetativas e reprodutivas até o os 126 DAT (Figura 9E). Enquanto que na parte vegetativa houve acúmulo constante de Mg até os 90 dias, e posterior estabilização do acúmulo, na parte reprodutiva, não houve estabilização do acúmulo de Mg, tendo apresentado maior acúmulo no final do ciclo.

O pimentão apresentou maiores porcentagens de acúmulos de N e P nos frutos (Tabela 7), enquanto K, Mg e Ca, as maiores porcentagens observadas foram na parte vegetativa das plantas o que confere coerência com a literatura existente sobre acúmulo de nutriente no pimentão (MARCUSSEI et al., 2004; FONTES et al., 2005).

Tabela 7 - Quantidades de nutrientes extraídas pela planta e exportado pelo fruto ao longo do ciclo do pimentão ‘Atlantis’. Mossoró, RN. UFERSA, 2014.

Nutriente	Quantidade de nutrientes		Porcentagem exportada pelo fruto
	Parte Vegetativa	Parte Reprodutiva	
	kg ha ⁻¹		%
N	17,1	23,1	57,4
P	1,5	3,4	69,3
K	37,9	29,2	43,5
Ca	6,5	1,3	17,1
Mg	3,7	2,1	35,6

O acúmulo de nutrientes nos frutos, em g planta⁻¹, em ordem decrescente foi K (1,17) > N (0,92) > P (0,14) > Mg (0,08) > Ca (0,05) onde o maior acúmulo foi encontrado ao final do ciclo, 126 DAT, exceto o Ca, onde o maior acúmulo ocorreu aos 112 DAT. Isso correspondeu, em termos de nutrientes exportados para fora da propriedade à 29,2 kg ha⁻¹ de K, 23,1 kg ha⁻¹ de N, 3,4 kg ha⁻¹ de P, 2,1 kg ha⁻¹ de Mg e 1,3 kg ha⁻¹ de Ca. Resultados semelhantes com os obtidos por Albuquerque et al. (2012), cujos os valores foram 26,6 kg ha⁻¹ de K, 23,1 kg ha⁻¹ de N, 3,5 kg ha⁻¹ de P, 3,5 kg ha⁻¹ de Ca e 1,7 kg ha⁻¹ de Mg.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo verifica-se que em condições de campo o acúmulo de matéria seca do pimentão é lento até os 42 DAT e se intensifica dos 42 aos 112 DAT. Os frutos são os drenos preferenciais contribuindo com 57,1 % da matéria seca total. O pimentão ‘Atlantis’, acumula os nutrientes na planta, em g planta⁻¹, na seguinte ordem, K (2,68) > N (1,61) > Ca (0,32) > Mg (0,23) > P (0,20), onde o maior acúmulo foi encontrado ao final do ciclo, 126 DAT.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese responde algumas perguntas, sobre o tema proposto, apenas para este tipo de solo nas condições experimentais testadas e para o híbrido de pimentão ‘Atlantis’. Portanto, recomendações generalizadas não deverão ser feitas. Dito isto, segue abaixo, algumas recomendações práticas que podemos retirar dos experimentos:

A recomendação de adubação nitrogenada poderá ser feita de acordo com o grau de risco do produtor. Produtores que possuem alto pacote tecnológico poderão utilizar a dose de 100 kg ha⁻¹ de N. Para um produtor com baixo investimento, a dose de 30 kg ha⁻¹ de N satisfaz as necessidades nutricionais do pimentão e proporciona menor gasto com adubações nitrogenadas.

A recomendação de adubação fosfatada levará em consideração o teor de P no solo extraído pelo Melich-1. Doses de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ são recomendadas para baixo teor de fósforo no solo (30 - 12 mg dm⁻³), 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para médio teor de fósforo no solo (12 - 8 mg dm⁻³) e 25 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para alto teor de fósforo no solo (8 - 0 mg dm⁻³). Solos com teores encontrados no solo acima de 30 mg dm⁻³ de P, não precisam ser adubados com P₂O₅. Os valores de 2,02 – 2,36 g kg⁻¹ de P na folha diagnóstica podem ser considerados como níveis críticos.

A marcha de crescimento da matéria seca e a demanda de nutrientes poderão ser levadas em consideração para o manejo das fertirrigações.

REFERÊNCIAS

- AGRISTAR do Brasil Ltda. Disponível em: <<http://agristar.com.br/topseed-premium/pimentao-cascadura-hibrido/atlantis-f1/1972>>. Acesso: 05 abr 2016.
- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; BEZERRA NETO, E.; SOUZA, A. E. R.; SANTOS, A. N. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 81-687, 2012.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297p.
- ALVAREZ, V. V. H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (eds). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV/DPS, 1996. p.615-646
- ARAÚJO, J. S.; ANDRADE, A. P. de; RAMALHO, C. I; AZEVEDO, C. V. de. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p.152-157, 2009.
- BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S. Pimentas do gênero Capsicum – cor, fogo e sabor. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 727-745.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, v. 21, p. 73-85, 1974.
- CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco. 2008. 212p.
- CAMPOS, V. C.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PRAZERES, S. da S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da terra**, Paraíba, v. 8, n. 2, 2008.
- CASALI, V. W.; FONTES, P. C. R. Pimentão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.
- CHARLO, H. C. O.; OLIVEIRA, S. F.; CASTOLDI, R.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T.; BARBOSA, J. C. Growth analysis of sweet pepper cultivated in coconut fiber in a greenhouse. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 316-323, 2011.
- CHARLO, H. C. O.; OLIVEIRA, S. F.; VARGAS, P. F.; CASTOLDI, R.; BARBOSA, J. C.; BRAZ, L. T. Accumulation of nutrients in sweet peppers cultivated in coconut fiber. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 125-131, 2012.

COELHO, M. E. H.; FREITAS, F. C. L.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. L. D.; SANTANA, F. A. O. Interferência de Plantas daninhas no crescimento do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 19-30. 2013a.

COELHO, M. E. H.; FREITAS, F. C. L.; CUNHA, J. L. X. L.; SILVA, K. S., GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, J. B. Coberturas de solo sobre a amplitude térmica e a produtividade do pimentão. **Planta Daninha**, Viçosa, v 31, n. 2, p. 369-378, 2013b.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBSCS, 2004. 400p.

EMBRAPA-SNLCS. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, 1971. (MA-DNPEA. Boletim Técnico, 21. SUDENE-DRN Série Pedologia, 9)

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

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. Ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1975. 341p.

FARIA, C. M. B.; PEREIRA, J. R.; COSTA, N. D.; CORTEZ, C. R.; NAKANE, S.; SILVA, F.A.A.; AKVES, M. E. Adubação fosfatada em tomateiro industrial em solos do Submédio São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 114-117, 1999.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Chillies and peppers, green. 2013. Disponível em <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

FERNANDES, P. D.; HAAG, H. P. Efeito da omissão dos macronutrientes no crescimento e na composição química do pimentão (*Capsicum annuum*, L., var. Avelar). **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 29, p.223-275, 1972.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. M.; GRAÇA, R. N. Acúmulo de nutrientes e método de estimar doses de nitrogênio e potássio na fertirrigação do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p 275-280, 2005a.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. M.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p 94-99, 2005b.

FREITAS, K. K. C. **Produção, qualidade e acúmulo de macronutrientes em pimentão cultivado sob arranjos espaciais e espaçamentos na fileira**. 2009. 110p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009.

- GONZÁLEZ-REAL, M. M.; BAILLE, A.; LIU, H. Q. Influence of fruit load on dry matter and N-distribution in sweet pepper plants. **Scientiae Horticulturae**, v.117: 307-315, 2008.
- GRANT, C. A.; PLATEN, D. N.; TOMAZIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.95, 2001.
- HOCHMUTH, G. 2003. Fertilization of pepper in Florida. Florida Cooperative Extension. Service Circular 1168. Disponível em <<http://www.ucanr.org/sites/nm/files/76616.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2015.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 777p.
- LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLO, ÁGUA E PLANTA (LASAP). Levantamento de análises de solos físicas e químicas realizadas no ano de 2014. (Dados não publicados)
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974. 752p.
- MARCUSSI, F. F. N.; BÔAS, R. L. V.; GODOY, L. J. G.; GOTO, R. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 62-68, 2004.
- MARQUELLI WA; SILVA WLC. **Irrigação na cultura do pimentão**. 1ª Ed. Brasília: Embrapa, 2012. 20p. (Circular Técnica, 101).
- MELLO, S. C. Diagnose foliar na cultura do pimentão e do pepino. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. C.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/FUNDUNESP, 2010. 376p.
- MENDOZA-CORTEZ, J. W.; CECÍLIO-FILHO, A. B.; GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, F. H. T. Influence of phosphorus fertilizer on melon (*Cucumis melo* L.) production. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 5, p. 799-805, 2014.
- MOURA, W. M.; LIMA, P. C.; CASALI, V. W. D.; PEREIRA, P. R. G.; CRUZ, C. D. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.174 –180, 2001.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2 p. 216-223, 2015.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1152-1159, 2013.

PÉREZ-JIMÉNEZ, M.; PAZOS-NAVARRO, M.; LÓPEZ-MARÍN, J.; GÁLVEZ, A.; VARÓ, P.; DEL AMOR, F. M. Foliar application of plant growth regulators changes the nutrient composition of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 194, p. 188-193, 2015.

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

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2ª Ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

SILVA, M. A. G.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; FERNANDES, H. G.; GRANJA, F. A.; SCIVITTARO, W. B. Efeito do nitrogênio e potássio na nutrição do pimentão cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 913-922, 2001.

SILVA, P. S. L.; FONSECA, J. R.; MOTA, J. C. A.; SILVA, J. Densidade de plantio e rendimento de frutos do meloeiro (*Cucumis melo* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 245-247, 2003.

SILVA, P. S. L.; RODRIGUES, V. L. P.; AQUINO, B. F.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, J. Response of melon plants to nitrogen and phosphorus application. **Caatinga**, Mossoró, v.20, n.1, p.64-70, 2007

SILVA, P. I. B.; NEGREIROS, M. Z.; MOURA, K. K. C. F.; FREITAS, F. C. L.; NUNES, G. H. S.; SILVA, P. S. L.; GRANGEIRO, L. C. Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 132-139, 2010.

SILVA, A. Z. **Sintomas de deficiência de macronutrientes em pimentão**. 41p. Jaboticabal, 2013. (Tese de Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO C.; BISSANI, C. A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S. J. 1995. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

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

VERHULST, P. F. A note on population growth. **Correspondence Mathematiques et Physics**, v. 10, p. 113-121, 1838.

ANEXO A – Análises de variância do experimento

Produtividade Total de Frutos (t ha⁻¹)

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	48,6921	16,2307	1,96	0,14415
Tratamentos de N	4	121,3224	30,3306	3,66	0,01660
Tratamentos de P	4	146,9982	36,7496	4,43	0,00697
N vs P	1	16,2818	16,2818	1,96	0,17249
Erro	27	223,8452	8,2906		
Total	39	557,1396			

Número Total de Frutos (planta⁻¹)

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	18,5121	6,1707	1,62	0,20797
Tratamentos de N	4	32,9528	8,2382	2,16	0,10035
Tratamentos de P	4	70,7050	17,6762	4,64	0,00556
N vs P	1	12,8482	12,8482	3,37	0,07731
Erro	27	102,8526	3,8094		
Total	39	237,8708			

Massa Média Total de Frutos (g)

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	481,1747	160,3916	4,57	0,01028
Tratamentos de N	4	361,2278	90,3069	2,57	0,06032
Tratamentos de P	4	233,9427	58,4857	1,67	0,18665
N vs P	1	13,7828	13,7828	0,39	0,53606
Erro	27	947,2358	35,0828		
Total	39	2037,3637			

Produtividade Comercial de Frutos (t ha⁻¹)

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	44,9945	14,9982	1,98	0,14057
Tratamentos de N	4	107,2558	26,8140	3,54	0,01900
Tratamentos de P	4	130,8533	32,7133	4,32	0,00788
N vs P	1	15,3884	15,3884	2,03	0,16542
Erro	27	204,4119	7,5708		
Total	39	502,9040			

Número de Frutos Comerciais (planta⁻¹)

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	12,4209	4,1403	1,41	0,26176
Tratamentos de N	4	44,7456	11,1864	3,81	0,01402
Tratamentos de P	4	73,2408	18,3102	6,23	0,00110
N vs P	1	13,6189	13,6189	4,63	0,04044
Erro	27	79,3506	2,9389		
Total	39	223,3768			

Massa Média de Frutos Comerciais (g)

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	551,3590	183,7863	4,66	0,00946
Tratamentos de N	4	194,5526	48,6382	1,23	0,32022
Tratamentos de P	4	235,1486	58,7872	1,49	0,23276
N vs P	1	18,0768	18,0768	0,46	0,50414
Erro	27	1064,7713	39,4360		
Total	39	2063,9084			

N

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	563,0541	187,6847	11,25	0,00006
Tratamentos de N	4	15,8649	3,9662	0,24	0,91454
Tratamentos de P	4	133,5776	33,3944	2,00	0,12272
N vs P	1	22,8010	22,8010	1,37	0,25261
Erro	27	450,4715	16,6841		
Total	39	1185,7690			

P

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	0,5758	0,1919	0,95	0,42849
Tratamentos de N	4	1,9897	0,4974	2,47	0,06832
Tratamentos de P	4	3,4908	0,8727	4,34	0,00773
N vs P	1	0,1061	0,1061	0,53	0,47396
Erro	27	5,4313	0,2012		
Total	39	11,5938			

Graúdo

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	254,7863	84,9288	0,94	0,43407
Tratamentos de N	4	1064,4566	266,1142	2,95	0,03813
Tratamentos de P	4	664,2699	166,0675	1,84	0,14986
N vs P	1	35,5511	35,5511	0,39	0,53530
Erro	27	2434,0909	90,1515		
Total	39	4453,1547			

Médio

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	60,1454	20,0485	0,26	0,85482
Tratamentos de N	4	122,0381	30,5095	0,39	0,81185
Tratamentos de P	4	394,1170	98,5293	1,27	0,30651
N vs P	1	32,6344	32,6344	0,42	0,52227
Erro	27	2096,4969	77,6480		
Total	39	2705,4319			

Miúdo

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	223,2757	74,4252	4,23	0,01416
Tratamentos de N	4	611,3635	152,8409	8,69	0,00012
Tratamentos de P	4	63,8102	15,9525	0,91	0,47378
N vs P	1	0,0429	0,0429	0,00	0,96097
Erro	27	474,8178	17,5858		
Total	39	1373,3101			

Refugio

Tratamentos	g.l.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr>Fc
Bloco	3	52,8000	17,6000	3,72	0,02319
Tratamentos de N	4	10,1170	2,5293	0,54	0,71111
Tratamentos de P	4	6,9563	1,7391	0,37	0,82933
N vs P	1	0,0024	0,0024	0,00	0,98218
Erro	27	127,6292	4,7270		
Total	39	197,5050			

ANEXO B – Memória de cálculo da derivação das equações

As análises de regressão do tipo raiz quadrada ($\hat{Y} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 X + \hat{b}_2 X^{1/2}$) que foram encontradas para a variável produtividade comercial, foram derivadas para encontrar a dose de N e P para máxima eficiência física: $X_{DMEF} = \frac{dY}{dX} = 0$. O exemplo abaixo é somente para As doses de nitrogênio, mas aplicar-se-á a mesma estrutura de cálculo para obter os resultados para as doses de P.

$$\hat{b}_2 X^{1/2} + \hat{b}_1 X + \hat{b}_0 = 0$$

$$\frac{1}{2} \hat{b}_2 X^{-1/2} + \hat{b}_1 = 0$$

$$X = \left(\frac{2 \cdot \hat{b}_1}{\hat{b}_2} \right)^{-2}$$

$$X_{DMEF} = \left(\frac{\hat{b}_2}{2 \cdot \hat{b}_1} \right)^2$$

Assim, na equação:

$$\hat{Y}_{MEF} = 9,673780 - 0,048513 X + 1,083110 X^{0,5}$$

$$X_{DMEF} = \left(\frac{1,083110}{2 \cdot 0,048513} \right)^2 = 124,61 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de N.}$$

Para esse valor de X_{DMEF} o valor correspondente de Y é:

$$\hat{Y}_{MEF} = 9,673780 - 0,048513(124,61) + 1,083110 \cdot (124,61)^{1/2} = 15,72 \text{ t ha}^{-1} \text{ de pimentão;}$$

Multiplicando-se $0,9 \cdot 15,72 \text{ t ha}^{-1}$ você encontra a produtividade comercial de máxima eficiência econômica $\hat{Y}_{MEE} = 14,15 \text{ t ha}^{-1}$. Substituindo na equação:

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{MEE} &= 9,673780 + 1,083110 X^{0,5} - 0,048513 X \\ 14,1473 &= 9,673780 + 1,083110 X^{0,5} - 0,048513 X \\ 14,1473 - 9,673780 &= 1,083110 X^{0,5} - 0,048513 X \\ (4,47352 = 1,083110 X^{0,5} - 0,048513 X) \cdot (-1) \\ -4,47352 &= -1,083110 X^{0,5} + 0,048513 X \\ 0 &= 4,47352 - 1,083110 X^{0,5} + 0,048513 X \\ \text{Considerando } \rightarrow X^{0,5} = Z \therefore X &= Z^2, \text{ então:} \\ 0 &= 4,47352 - 1,083110 Z + 0,048513 Z^2 \end{aligned}$$

Usando a fórmula de Bhaskara

$$\begin{aligned} Z &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ Z &= \frac{-(-1,08311) \pm \sqrt{(1,08311)^2 - 4 \cdot 0,048513 \cdot 4,47352}}{2 \cdot 0,048513} \\ Z &= \frac{-(-1,08311) \pm \sqrt{0,305031769}}{0,097026} \\ Z &= \frac{1,08311 \pm 0,552296812}{0,097026} \\ Z_1 &= \frac{1,08311 + 0,552296812}{0,097026} \Rightarrow Z_1 = 16,8553 \\ Z_2 &= \frac{1,08311 - 0,552296812}{0,097026} \Rightarrow Z_2 = 5,4708 \end{aligned}$$

Já que, $X^{0,5} = Z \therefore X = Z^2$, então:

$$\begin{aligned} X_1 &= (Z_1)^2; Z_2 = (Z_2)^2 \\ X_1 &= (16,8553)^2 = 284,1011 \\ X_2 &= (5,4708)^2 = 29,93 \end{aligned}$$

Nesse caso, o que interessa para nós é o X_2 , cujo valor de X se encontrará dentro do intervalo que as doses foram testadas (0-200kg ha⁻¹), portanto $X_{DEE}=29,93$ kg ha⁻¹ de N.