



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA**

TESE

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGUEIRO ADUBADO
COM N, P E K**

REINALDO FERREIRA MEDEIROS

2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA**
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGUEIRO ADUBADO
COM N, P E K**

REINALDO FERREIRA MEDEIROS

Sob a orientação do professor

Professor Dr. Walter Esfrain Pereira

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos para obtenção do título de **Doutor em Agronomia**.

Areia, PB

Agosto de 2015

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

M488c Medeiros, Reinaldo Ferreira.

Crescimento, produção e qualidade de morangueiro adubado com N, P e K /
Reinaldo Ferreira Medeiros. - Areia: UFPB/CCA, 2015.
ix, 62 f. : il.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade
Federal da Paraíba, Areia, 2015.

Bibliografia.

Orientador: Walter Esfrain Pereira.

1. Morango 2. Adubação 3. Fertilizantes I. Pereira, Walter Esfrain (Orientador) II.
Título.

UFPB/CCA

CDU: 634.75(043.2)


UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

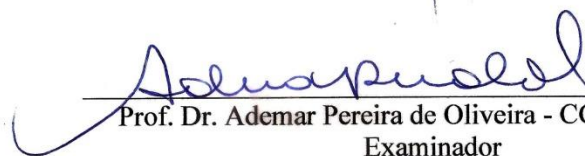
**TÍTULO: CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MORANGUEIRO
ADUBADO COM N, P E K**

AUTOR: REINALDO FERREIRA MEDEIROS


Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em AGRONOMIA
(Agricultura Tropical) pela comissão Examinadora:



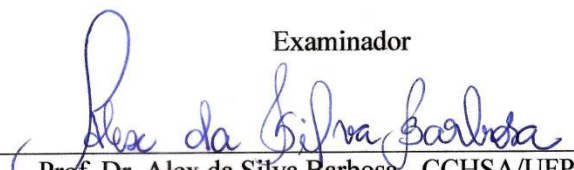
Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira - CCA/UFPB
Orientador



Prof. Dr. Ademair Pereira de Oliveira - CCA/UFPB
Examinador



Prof. Dr. Lucas Borchardt Bandeira - IFPB
Examinador



Prof. Dr. Alex da Silva Barbosa - CCHSA/UFPB
Examinador

Data da realização: 24 de agosto de 2015.

Presidente da Comissão Examinadora
Dr. Walter Esfrain Pereira
Orientador

DEDICO...

Ao meu filho **Benjamin Medeiros** e à minha esposa **Socorro Vieira**.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa, Socorro Vieira. Ela foi a principal responsável por importantes conquistas dentro e fora da minha vida acadêmica.

Ao professor Dr. Walter E. Pereira, por compartilhar seus conhecimentos, pela paciência e principalmente, por proporcionar meu amadurecimento como pesquisador.

À família Duarte, pela amizade e importante suporte em todos os momentos difíceis.

À família Borchardt, pela amizade e grande apoio nessa jornada pós academia.

Aos professores Alex S. Barbosa, Lucas Borchardt e Ademar P. Oliveira, por aceitarem de bom grado a participar desta que é uma grande conquista.

Ao PPGA-UFPB, especialmente nas pessoas da Profa. Dra. Luciana C. Nascimento e da secretária Cícera E. de Araújo, que deram-me todo o apoio que necessitei para a conclusão do doutorado.

Ao CNPq, pelo indispensável apoio financeiro.

“Somando-se todos os agronegócios, estima-se que 25% do produto nacional origina-se do campo, que emprega 40% da força de trabalho, gerando US\$ 15 bilhões de superávit na balança comercial. Sem essas divisas, o país quebrava. O suor dos agricultores e trabalhadores rurais conjumina-se com o avanço tecnológico. O Brasil encantou o mundo com sua participação no Projeto Genoma, decifrando o código genético da bactéria do amarelinho, praga que ataca a citricultura. Agora, acaba de ser anunciado que a EMBRAPA vai exportar moscas estéreis e ácaros predadores para auxiliar no controle biológico da agricultura mundial. O campo se transforma, avança, enquanto a ideologia urbana ainda enxerga o Jeca Tatu.”

Xico Graziano, 2001.

SUMÁRIO

RESUMO.....	XIII
ABSTRACT	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Descrição botânica e fenológica do morangueiro	3
2.2 Regiões produtoras e importância socioeconômica do morango	3
2.3 Exigências nutricionais.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1. Localização, clima e solo da área experimental	8
3.2. Delineamento experimental.....	9
3.3. Condução do Experimento em vasos	9
3.4. Condução do Experimento em solo.....	11
3.5. Colheitas dos frutos	12
3.6. Variáveis avaliadas	13
3.6.1. Número de folhas, altura das plantas e diâmetro médio da copa	13
3.6.2. Área foliar.....	14
3.6.3. Número de frutos por planta, massa média dos frutos e produtividade das planta	14
3.6.4. Sólidos solúveis	15
3.6.5. Acidez titulável.....	15
3.6.6. Relação sólidos solúveis/acidez titulável	16
3.6.7. Taxa de fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO ₂ e eficiência instantânea de carboxilação.....	16
3.7. Análise estatística	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17

4.1. Número de folhas, altura das plantas, diâmetro médio da copa e área foliar	17
4.2. Número de frutos por planta, massa média dos frutos e produtividade por planta ..	25
4.3. Sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável	33
4.4. Taxa de fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO ₂ e eficiência instantânea de carboxilação	40
5. CONCLUSÕES	49
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
7. ANEXOS	57
8. APÊNDICE	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Grau mín de maturação dos frutos de morango cultivar Oso grande. Areia, PB.....	13
Figura 2: Processamento da área foliar no Sigma Scan 5.0.	14
Figura 3: Variáveis de produção e instrumentos de avaliação de fruto de morangueiro.	15
Figura 4: Número de folhas de morangueiro adubado com doses de nitrogênio (A) e fósforo (B) sem potássio (sk) e com 1,67 g planta-1 de potássio (ck) em vasos de 10 L. CCA, UFPB, Areia, 2013.	18
Figura 5: Número de folhas por planta de morangueiro adubado com doses de fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	18
Figura 6: Número de folhas por planta de morangueiro adubado com e sem composto orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	19
Figura 7: Altura de plantas de morangueiro adubado com e sem composto orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.	20
Figura 8: Área foliar de morangueiro submetido a doses de nitrogênio sem potássio (sk) e com 1,67 g planta-1 de potássio (ck) em vasos de 10 L. CCA – UFPB, Areia, 2013.	21
Figura 9: Área foliar por planta de morangueiro adubado com doses de fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	22
Figura 10: Área foliar por planta de morangueiro adubado com e sem composto orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	22
Figura 11: Diâmetro médio da copa de morangueiro adubado com doses de nitrogênio com 1,67 g planta-1 de potássio (ck) no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.	23
Figura 12: Diâmetro médio da copa de morangueiro com e sem composto orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.	24

Figura 13: Número de frutos por planta de morangueiro submetido a doses de nitrogênio (A) e fósforo (B, sem (sk) e com (ck) aplicação de potássio em vasos de 10 L. CCA – UFPB, Areia, 2013.....	26
Figura 14: Número de frutos por planta do morangueiro submetido a doses de nitrogênio (N) e fósforo no solo (P). CCA – UFPB, Areia, 2015.....	26
Figura 15: Número de frutos de morangueiro com e sem composto orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	27
Figura 16: Massa média dos frutos de morangueiro adubado com nitrogênio (A) e fósforo (B) sem (sk) e com potássio (ck) em vasos de 10 L. CCA – UFPB, Areia, 2013.....	29
Figura 17: Massa média dos frutos de morangueiro submetido a doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	30
Figura 18: Massa média de frutos frescos de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	30
Figura 19: Produtividade do morangueiro submetido a doses de nitrogênio e fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.	32
Figura 20: Produtividade do morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	32
Figura 21: Sólidos solúveis de frutos de morangueiro adubado com doses de nitrogênio e fósforo sem (sk) e com (ck) potássio em vasos de 10 L. CCA – UFPB, Areia, 2013.	34
Figura 22: Sólidos solúveis dos frutos do morangueiro adubado com doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	34
Figura 23: Sólidos solúveis de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	35

Figura 24: Acidez titulável de frutos de morangueiro submetido a doses de nitrogênio e fósforo sem (sk) e com (ck) em vasos de 10 L. CCA – UFPB, Areia, 2013.	36
Figura 25: Acidez titulável dos frutos do morangueiro adubado com nitrogênio no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	37
Figura 26: Acidez titulável de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	37
Figura 27: Relação sólidos solúveis/acidez titulável de frutos de morangueiro adubado com doses de nitrogênio e fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.	38
Figura 28: Relação sólidos solúveis/acidez titulável de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.	39
Figura 29: Taxa de fotossíntese líquida do morangueiro adubado com nitrogênio no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.	40
Figura 30: Taxa de fotossíntese líquida de morangueiro com e sem insumo orgânico. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	41
Figura 31: Transpiração do morangueiro adubado com nitrogênio (N) e fósforo (P) no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.	42
Figura 32: Transpiração de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	42
Figura 33: Condutância estomática de morangueiro adubado com nitrogênio e fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	43
Figura 34: Condutância estomática de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.	44
Figura 35: Concentração interna de CO ₂ de morangueiro adubado com fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	45

Figura 36: Concentração interna de CO ₂ morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.	46
Figura 37: Eficiência instantânea de carboxilação de morangueiro adubado com nitrogênio no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	47
Figura 38: Eficiência instantânea de carboxilação em plantas de morangueiro com e sem insumo orgânico. CCA – UFPB, Areia, 2015.....	47
Figura 39: Plantas de morangueiro Oso grande cultivadas em vaso. Areia- PB, 2013.....	61
Figura 40: Plantas de morangueiro Oso grande cultivadas no solo. Areia – PB, 2015.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização física e química do solo quanto à fertilidade e salinidade na camada de 0-20 cm. CCA-UFPB. Areia, 2014.	8
Tabela 2: Tratamentos utilizando Composto Central de Box. Experimento em solo.	10
Tabela 3: Tratamentos utilizando Composto Central de Box. Experimento em solo.	12
Tabela 4: Atributos químicos e de fertilidade do composto orgânico utilizado na adubação do morangueiro. Areia, PB.	12
Tabela 5: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para número de folhas (NF), altura das plantas (AP), diâmetro média da copa (DMC) e Área foliar (AF) referente ao experimento em vasos de polietileno. CCA - Areia, PB, 2013...	57
Tabela 6: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para número de folhas (NF), altura das plantas (AP), diâmetro média da copa (DMC) e Área foliar (AF) referente ao experimento no solo. CCA – Areia, PB, 2015.	57
Tabela 7: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Número de frutos por planta (NFr), massa média dos frutos (MMFr) e produtividade por planta (PROD) referente ao experimento em vasos de polietileno. CCA - Areia, PB, 2013.	57
Tabela 8: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Número de frutos por planta (NFr), massa média dos frutos (MMFr) e produtividade por planta (PROD) referente ao experimento no solo. CCA – Areia, PB, 2015.....	58
Tabela 9: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) e Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) referente ao experimento em vasos de polietileno. CCA - Areia, PB, 2013.	58

Tabela 10: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) e Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) referente ao experimento no solo. CCA – Areia, PB, 2015.	59
Tabela 11: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Taxa de fotossíntese líquida (A), Transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO ₂ (Ci) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) referente ao experimen.....	60
Tabela 12: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Taxa de fotossíntese (A) líquida, Transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO ₂ (Ci) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) referente ao experimen.....	60

MEDEIROS, R. F. **Crescimento, produção e qualidade de morangueiro adubado com N, P e K.** Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, agosto de 2015.60f. Tese. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

RESUMO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa*) é de crescimento rápido e possui elevada exigência nutricional. Assim, é necessário um suprimento adequado de nutrientes, especialmente o nitrogênio, fósforo e potássio, os quais são os mais usados pelos agricultores, por favorecer o desenvolvimento das plantas. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o crescimento, produção, qualidade dos frutos e aspectos fisiológicos do morangueiro em função da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. Foram realizados dois experimentos. No primeiro, o morangueiro foi cultivado em vasos plástico com capacidade para 10 litros de solo e o segundo diretamente no solo. Os tratamentos de ambos os experimentos resultaram da Matriz Composto Central de Box, arranjos em blocos ao acaso com quatro repetições sendo a unidade experimental composta por três plantas. No experimento em vasos, foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0,16; 0,37; 0,88; 1,4 e 1,6 g planta⁻¹) e cinco de fósforo (0,3; 0,58; 1,2; 1,8 e 2,1 g planta⁻¹), na presença (1,67 g planta⁻¹) e ausência de potássio com um tratamento adicional (sem nitrogênio e sem fósforo). No segundo experimento, as doses utilizadas no solo foram: 0,0; 0,16; 0,37; 0,88; 1,4; 1,6 g de nitrogênio planta⁻¹ e 0,0; 0,5; 0,8; 1,9; 3,0; 4,4 g de fósforo planta⁻¹ e um tratamento adicional com composto orgânico curtido. As mudas utilizadas foram da cultivar Oso Grande. As variáveis avaliadas foram: número de folhas; altura das plantas; diâmetro médio da copa; área foliar; número de frutos por planta; massa média dos frutos, produtividade por planta; sólidos solúveis; acidez titulável e relação sólidos solúveis/acidez titulável; taxa fotossintética líquida; transpiração; condutância estomática; concentração intern de CO₂ e eficiência instantânea de carboxilação. Os resultados foram submetidos à análise de variância considerando 10% de probabilidade pelo teste F. Para os tratamentos sem qualquer tipo de adubação e com composto orgânico foi feito o contraste das médias. No vaso plástico, as doses de 0,8 g planta⁻¹ de nitrogênio e 2,1 g planta⁻¹ de fósforo proporcionaram melhorias na maioria das variáveis analisadas e o potássio favoreceu mais a adubação nitrogenada que a fosfatada. No solo, as melhores doses foram 4,4 e 5,0 g planta⁻¹ de fósforo e nitrogênio respectivamente. O composto orgânico favoreceu as variáveis em no mínimo 12% em relação ao tratamento testemunha.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch., adubação mineral, insumo orgânico

MEDEIROS, R. F. **Growth, yield and quality of strawberry plants fertilized with N, P and K.** Agricultural Science Center, UFPB, august 2015.60f. Thesis. Post-Graduation Program in Agronomy.

ABSTRACT

The strawberry (*Fragaria x ananassa*) is a fast growing plant and has high nutritional requirement. Because of this an adequate supply of nutrients are required, particularly with nitrogen, phosphorus and potassium. These fertilizers are the most used by farmers because improve plant growth. The objective of this research was to evaluate the growth, fruit quality and physiology of strawberry plants under fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium. Two experiments were conducted. The first in plastic pots with a capacity of 10 liters of soil and the second directly into the ground, in plant beds. The treatments of both experiments were determined by Central Composite Box and arranged in a randomized block design with four replications. The experimental unit had three plants. In the experiment on plastic pots, we used five doses of nitrogen (0.16, 0.37, 0.88, 1.4 and 1.6 g plant⁻¹) and phosphorus five (0.3, 0.58, 1, 2, 1.8 and 2.1 g plant⁻¹) with potassium (1.67 g plant⁻¹) and without potassium. It also had an additional treatment (without nitrogen and no phosphorous). The dose used in the second experiment were: 0.0, 0.16, 0.37, 0.88, 1.4, 1.6 g of nitrogen plant⁻¹ and 0.0, 0.5, 0.8, 1.9, 3.0, 4.4 g phosphorus plant⁻¹. Treatment with organic fertilizer was added. The seedlings used were the cultivar Oso Grande. The variables studied were: number of leaves, plant height, mean crown diameter, leaf area, number of fruits, mean weight of fruit, productivity of the plants, soluble solids, titratable acidity, relationship between soluble solids/titratable acidity, net photosynthetic rate, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, transpiration and in instantaneous carboxylation efficiency. The results were submitted to analysis of variance considering 10% probability by F test. The treatments without fertilizer and organic manure was submitted to means contrast. In plastic pot, the doses of 0.8 and 2.1 g plant⁻¹ of nitrogen and phosphorus, respectively, provided improvements in most of the variables analyzed and the potassium favored more to nitrogen fertilizer than phosphorus. In the soil experiment, the best doses were 4.4 and 5.0 g plant⁻¹ of phosphorus and nitrogen, respectively. The organic fertilizer has improved variables in at least 12% compared to the control treatment.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch., mineral fertilizer, organic input

1. INTRODUÇÃO

A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) figura no cenário mundial como importante commodity. No contexto geral, os países do hemisfério norte são produtores em potencial e representa mais de 98% da produção mundial de morangos frescos (Hummer e Hancock, 2009). Isso justifica o forte apelo em pesquisa e desenvolvimento genético da cultura, o clima temperado também favorece o elevado potencial produtivo desses países, principalmente nos Estados Unidos e na Europa, que também estão entre os maiores consumidores de morango *in natura* do mundo (Banaeian et al., 2011).

No Brasil, apesar de não fazer parte do grupo dos principais países produtores, a produção dessa frutífera encontra-se em plena expansão. Os polos de produção brasileira atualmente estão dispersos nas regiões produtoras dos Estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Paraná e Distrito Federal que detém 41,4%, 25,6%, 15,4%, 4,7% e 4% da produção nacional, respectivamente (Calvete et al., 2007).

É uma cultura que apresenta crescimento rápido (dois a três meses), altamente influenciada pelas condições ambientais, como luz, salinidade, qualidade da água, temperatura e nutrientes (Li et al., 2013). Devido à velocidade com que a planta se desenvolve, há também, necessidade de absorção suficiente de macronutrientes para atender às demandas fotossintéticas e o crescimento adequado dos frutos (Li et al. 2014). Com relação a esses nutrientes, embora a literatura especializada sobre a importância desses elementos na cultura seja ainda pouco frequente, alguns resultados de trabalhos, como os de Deng e Woodward (1998), trazem informações importantes a respeito.

O nitrogênio quando se apresenta em pouca disponibilidade afeta a biomassa total do morangueiro, além de reduzir o tamanho dos frutos e limitar de forma severa a produtividade (Deng e Woodward, 1998). Em excesso, ocorre o crescimento exagerado da planta, como número de folhas em grande quantidade, aumento à suscetibilidade de patógenos e um pobre desempenho da planta de modo geral (Kirschbaum, et al., 2010).

Com relação ao fósforo, que é um essencial e importante nutriente para propagação, saúde e vigor das plantas (Li et al., 2013), nota-se que sob deficiência as plantas de morangueiro apresentam intensificação de tonalidade nas folhas para verde-escura. Isto ocorre em função de redução na área do limbo foliar e consequentemente de uma maior concentração de clorofila por unidade de área (EPAMIG, 2007).

Choi et al. (2013) têm mostrado que a nutrição deficiente desse nutriente provoca retardamento no desenvolvimento dos ramos, redução do alongamento do caule e diminui a capacidade de resistir a intempéries como baixas ou altas temperaturas, e estresse por agentes patogênicos também é negativamente influenciado pela deficiência desse nutriente. O excesso de fósforo no tecido das plantas de morangueiro reduz o tamanho da parte aérea, causa amarelecimento das folhas e diminui o teor de Fe e Zn no tecido vegetal (Choi e Lee 2012).

O potássio por sua vez, também é amplamente exigido pela cultura por favorecer diretamente a qualidade do fruto, de modo que incrementa os teores de sólidos solúveis totais e de ácido ascórbico, além de melhorar o aroma, o sabor, a cor e a firmeza das frutas (Pettigrew, 2008). Rodas et al. (2013) indicaram que as propriedades físicas e químicas da cultivar Aromas, tais como cor externa, acidez titulável, pH e sólidos solúveis, foram influenciadas por doses combinadas de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação.

Por outro lado, o uso de potássio acima dos limites recomendados pode ocasionar danos especialmente aos frutos de morango, como diminuição do crescimento, produção e da qualidade organoléptica (Andriolo et al., 2010). Sousa et al. (2014) verificaram que elevados teores de potássio disponíveis no solo afetaram o peso médio e a percentagem de frutos da cultivar Oso Grande e observaram redução da produtividade das cultivares Oso Grande e Verão com o aumento das doses de adubação potássica.

Sendo assim, considerando a baixa disponibilidade de informações sobre a cultura na região, bem como, o expressivo potencial econômico do morangueiro, ressalta-se a importância de novas pesquisas. Assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o crescimento; produção; qualidade dos frutos e trocas gasosas da cultura do morangueiro cultivar ‘Oso Grande’, sob adubação com diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio e com insumo orgânico na microrregião do Brejo Paraibano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Descrição botânica e fenológica do morangueiro

Pertencente à família *Rosaceae* e ao gênero *Fragaria* o morangueiro, cuja espécie cultivada é *Fragaria ananassa* Duch., é uma planta anual com hábito de crescimento rasteiro, sendo uma cultura tipicamente de regiões que apresente clima ameno, como os encontrados na região Sul e Sudeste do Brasil (EPAMIG, 2007), embora atualmente haja cultivares adaptadas aos climas de locais mais quentes, tais como ocorre em alguns lugares da região Nordeste.

Com relação ao hábito de crescimento, as plantas de morangueiro atingem em média de 15 a 30 cm de altura; crescem formando touceiras e emitem estolões, que são estruturas de reprodução. Esta última, inclusive, é uma das principais formas de propagação do morangueiro, assim como por sementes, embora, este tipo de propagação não é muito usual, tampouco recomendado em cultivos mais tecnificados. Segundo Gomes e Canhoto (2009) por esses métodos de reprodução, os descendentes, através de gerações sucessivas, não assumem estabilidade genética e as características particulares podem ser perdidas, sendo a micropropagação a forma mais indicada de acordo com os autores.

As flores apresentam estruturas de uma flor bissexual (com sistemas masculino e feminino ao mesmo tempo), tais estruturas são o pedúnculo; receptáculo floral; as pétalas e sépalas; estames e estígmas. Apresentarem uma grande quantidade de estigmas dispostos sobre o ginóforo, que posteriormente cada uma dessas estruturas formarão inúmeras infrutescências. Estes, chamados de aquênios, são de fato, os frutos verdadeiros que ficam dispostos sobre o receptáculo floral hipertrofiado, o pseudofruto (Choi et al. 2013).

2.2 Regiões produtoras e importância socioeconômica do morango

A cultura do morangueiro figura no cenário mundial como uma importante *commodity* do ponto de vista econômico e social, principalmente nos Estados Unidos e na Europa, que estão entre os maiores consumidores de morango *in natura* do mundo (Banaeian et al., 2011). A Espanha é o maior produtor de morangos da Europa e um dos maiores do mundo com mais de 350 mil toneladas de frutas frescas por ano (Parikka e Tuovinen, 2014) enquanto os Estados Unidos detêm uma produção de quase três vezes maior que a Espanha, cerca de 1,02 milhões de toneladas ao ano (em torno de 28% da produção mundial) (Cocco, 2010). No

contexto geral, o hemisfério norte representa mais de 98% da produção mundial de morangos frescos, o que é justificado pelo forte apelo em pesquisa e desenvolvimento genético, além de ser favorecido pelo clima temperado (Hummer e Hancock, 2009).

No Brasil, apesar de não fazer parte do grupo dos principais países produtores, a produção dessa frutífera encontra-se em plena expansão devido em especial ao avanço das fronteiras agrícolas. Segundo Fachinello (2011) o morango exibe uma posição de destaque em relação às demais frutas de clima temperado - tais como a framboesa e a amora-preta - com produção de aproximadamente 105.000 toneladas, distribuídos em quatro mil hectares. Sendo que o interesse pelo cultivo do morango é justificado, entre outros, pela alta rentabilidade da cultura.

O polo da produção brasileira, antes centrada em uma única região, atualmente boa parte da produção é dispersa nos Estado de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Paraná e Distrito Federal que detém 41,4%, 25,6%, 15,4%, 4,7% e 4% da produção nacional respectivamente (Calvete et al., 2007). Além destes, com auxílio dos programas de melhoramento genético, as fronteiras agrícolas desse fruto têm se estendido inclusive para a região nordeste, que a pouco, era considerada em função do clima e solo, inapropriada para esta finalidade.

Embora pouco tradicionais no cultivo do morangueiro alguns estados nordestinos possuem uma considerável produção comercial, como o estado de Pernambuco, especialmente nos municípios de Garanhuns e Gravatá e da Paraíba no município de Teixeira - sertão do estado (Silva et al., 2004). Embora a produção nesses estados seja apenas marginal, em relação aos grandes centros produtores, a cultura do morangueiro nessas regiões possibilita a agregação expressiva de trabalho.

Nas regiões produtoras dos estados do Nordeste, na maioria das vezes, é empregado trabalho de cunho familiar nas lavouras, uma vez que as áreas exploradas com este cultivo geralmente são reduzidas. Apesar de que, a cultura possui alto potencial para absorver grande contingente de mão-de-obra. Além de abranger elevada importância social, é também, uma atividade que em muitos exemplos se resume como a principal atividade econômica local. Fato observado frequentemente nos municípios sul-rio-grandense, catarinenses, paulistanos, mineiros, etc (Antunes e Reisser Junior, 2007).

No Estado do Rio Grande do Sul, região tradicionalmente produtora de morangos, levantamentos de lavouras comerciais realizados em 2006, apontam que o cultivo do fruto envolve cerca de 1.289 produtores, em uma área estimada em 680,7 hectares, onde são

produzidos 11.635 toneladas de frutos frescos (Specht, 2009). Minas Gerais representa quase metade 41,4% da produção nacional (Calvete et al., 2007). Nesse estado, tem um número aproximado de 3 mil produtores distribuídos em 5 municípios polos que juntos, cultivam mais de mil hectares e produzem anualmente o equivalente a 30 mil toneladas (EPAMIG, 2007).

Na região Nordeste onde há produção de morangos, embora de forma tímida, não existem publicação oficiais sobre a área total explorada, tampouco levantamentos sobre a produção e o número de produtores local. Mas sabe-se que no sertão do estado de Pernambuco, no município Brejo da Madre de Deus, há uma expressiva produção de morangos destinados ao consumo *in natura* com mão-de-obra essencialmente familiar.

2.3 Exigências nutricionais

O morangueiro é uma planta que apresenta crescimento, desenvolvimento e produção altamente influenciados pelas condições ambientais, como luz, salinidade, qualidade da água e temperatura (Li et al., 2014). Devido à velocidade com que a planta se desenvolve a disponibilidade de macronutrientes primários no solo, como nitrogênio fósforo e potássio, também pode ser um fator limitante às demandas fotossintéticas, ao crescimento vegetativo e ao desenvolvimento adequado dos frutos (EPMIG, 2007; Li et al. 2013).

A importância do nitrogênio na cultura do morangueiro não é muito documentada na literatura recente. Mas alguns resultados dos trabalhos Deng e Woodward (1998) trazem informações importantes a respeito. Os autores afirmam que o nutriente quando apresenta-se em pouca disponibilidade afeta a biomassa total do morangueiro, além de reduzir o tamanho dos frutos e limitar de forma severa a produtividade.

Em excesso, Kirschbaum, et al. (2010) menciona que é muito evidente o crescimento exagerado, como o excesso de folhas, aumento à suscetibilidade de patógenos e um pobre desempenho da planta de modo geral. Além da existência de antagonismo quando em desequilíbrio com o potássio (Mengel et al., 2001; Tsay et al., 2011). Trabalhos de Oliveira et al. (2010) têm corroborado com esta afirmação. Os autores constataram que houve um grande volume de massa vegetal produzido, representada pela matéria seca total, quando o morangueiro recebeu 13,0 mmol L⁻¹ de solução contendo nitrogênio. Mas ao mesmo tempo foi baixa a taxa de emissão de estolões, que são as estruturas propagativas da planta.

Com relação ao fósforo, que é um essencial e importante nutriente para propagação, saúde e vigor das plantas, no solo com deficiência as plantas de morangueiro apresentam intensificação de tonalidade nas folhas para verde-escura (Mengel et al., 2001). Essa

tonalidade verde escura nas folhas de plantas com deficiência de fósforo é um comportamento observado na maioria das plantas cultivadas.

Esse fenômeno ocorre devido a uma sequência de dois fatores: em primeiro caso, as plantas apresentam reduções na expansão foliar, reduzindo sua área e, também, o número de folhas, o que concentra o conteúdo de clorofila numa área reduzida, fazendo com que as folhas se tornem verde-escuras (Choi et al. 2013). Em segundo momento há a produção de antocianinas que da mesma forma que na deficiência de nitrogênio, as plantas produzem esse pigmento excessivamente, conferindo às folhas uma coloração arroxeada. O que não está associada à clorose, mas sim a uma à coloração roxa fortemente esverdeada (Wasaki, et al., 2003; Taiz e Zeiger, 2013).

A produção de antocianinas, assim como de clorofila em função da redução do teor de fósforo foi relatada por Yaryura et al. (2009). Os autores mostraram que uma redução nos teores desse nutriente aumenta os teores de clorofila e de antocianinas em folhas e cotilédones de canola (*Brassica napus* L.). Por outro lado, Trabalhos de Choi et al. (2012) tem mostrado que o excesso de fósforo no tecido das plantas de morangueiro reduz o tamanho da parte aérea, causam amarelecimento das folhas e diminuem o conteúdo de Fe, Mn, Zn ou Cu no tecido vegetal.

Nesta situação, os autores relatam que a disponibilidade dos micronutrientes é afetada pela presença de fósforo a partir de concentrações de 2 mM na solução de fertilizante. Sugerindo um antagonismo entre esses elementos. Mas os mesmos autores não são suficientemente claros em suas considerações a respeito, e não explicam como esse antagonismo ocorre. Mas Ourives et al. (2010) afirmam que o Zn, Fe e Cu de fato, são afetados por altas concentração de fósforo. Isto pode ocorrer devido ao fato de o excesso de fósforo aumentar o requerimento fisiológico desses elementos, assim, reduzindo as taxas de crescimento radicular e de transporte da raiz para a parte aérea.

O potássio por sua vez, também é amplamente exigido pela cultura por favorecer diretamente a qualidade do fruto, de modo que incrementa os teores de sólidos solúveis e de ácido ascórbico, além de melhorar o aroma, o sabor, a cor e a firmeza dos frutos (Mengel, et al., 2001; Rodas et al., 2013). Estudos de Rodas et al. (2013) indicaram que as propriedades físicas e químicas da cultivar Aromas, tais como cor externa, acidez titulável, pH e sólidos solúveis, foram influenciadas por doses combinadas de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação.

O uso de adubação potássica fora dos limites recomendados pode trazer danos especialmente aos frutos, como relata Andriolo et al. (2010) ao avaliarem os efeitos do Ca e potássio sobre a qualidade dos frutos. Para os respectivos autores, o aumento da concentração desse nutriente na solução nutritiva diminui o crescimento, a produção e a qualidade dos frutos de morango. Resultados estes, corroborado por Souza et al. (2014) que obtiveram peso médio e percentagem de frutos da variedade Oso Grande, afetados por elevados teores de potássio disponível no solo e por Sousa et al. (2014) que, com o aumento nas doses constataram redução na produtividade das cultivares Oso Grande e Verão.

Apesar de ser bastante difundido no mundo, especialmente na Europa, o cultivo de morangos ainda é relativamente pouco frequente no Brasil, como consequência, existem poucos trabalhos científicos sobre a nutrição principalmente em locais de clima mais elevado em relação às tradicionais regiões produtoras do Sul, Sudeste e Centro-Oeste brasileiras. Embora que, Thomas (1939) já tenha afirmado que o cultivo do morangueiro pode ser trabalhado em diversas situações climáticas, desde que, cada região estabeleça suas próprias formas de produzir.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização, clima e solo da área experimental

A pesquisa foi realizada no Setor de Olericultura da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia- PB. A altitude local é de 575 m. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As' (quente e úmido), com estação chuvosa no período de março a julho e precipitação pluvial média anual de 1200 mm. A temperatura média do ar é de 23 °C com valores mais alto para o mês de fevereiro (25,7 °C) e mais baixo para o mês de julho (21,6 °C). A umidade relativa do ar média é em torno de 80%.

O solo utilizado foi classificado como Neossolo Regolítico de textura arenosa. Os atributos físicos e químicos e de salinidade do solo antes da aplicação dos tratamentos, os quais constam na tabela 1, foram determinados conforme as metodologias sugeridas por EMBRAPA (2011).

Tabela 1: Caracterização física e química do solo quanto à fertilidade e salinidade na camada de 0-20 cm. CCA-UFPB. Areia, 2014.

Atributos físicos	Valor	Atributos da fertilidade	Valor	Atributos da Salinidade	Valor
Ds (g cm ⁻³)	1,44	pH em água (1: 2,5)	6,60	CEes (dS m ⁻¹)	0,63
Dp (g cm ⁻³)	2,68	MO (g dm ⁻³)	24,3	pH	6,47
Pt (m ³ m ⁻³)	0,46	P (mg dm ⁻³)	47,7	Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,10
Areia (g dm ⁻³)	872,6	K ⁺ (mg dm ⁻³)	62,56	Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	2,75
Silte (g dm ⁻³)	60,4	Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	4,2	Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	2,10
Argila (g dm ⁻³)	67,0	Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	1,11	K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,71
U _{cc} (%)	13,57	Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,16	Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	3,50
U _{pmp} (%)	5,64	H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,13	CO ₃ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	0,00
Ad (%)	7,93	Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	3,00

Ds = Densidade do solo; Dp = Densidade de partícula; Pt = Porosidade total; U_{cc} e U_{pmp} = respectivamente umidade do solo na capacidade de campo (0,33 atm) e no ponto de murcha permanente (15,0 atm); Ad = Água disponível; MO = Matéria orgânica; SB = Soma de bases (Na⁺ + K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺); CTC = Capacidade de troca catiônica = SB + (H⁺ + Al³⁺); V = Valor de saturação por bases (100 x SB/CTC); CEes = Condutividade elétrica

do extrato de saturação; RAS = Relação de adsorção de sódio = $\text{Na}^+ \times [(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2]^{-1/2}$; PST = Percentagem de sódio trocável ($100 \times \text{Na}^+ / \text{CTC}$)

Os atributos de fertilidade apresentados na tabela 1 expressam um solo com características típicas de solos eutróficos, apesar de que no local do experimento, os solos são tipicamente distróficos. Mas a área vem há muito tempo, sendo submetida a adubação, como mostra os trabalhos desenvolvidos por Pereira Júnior et al. (2008) e Dantas et al. (2013) que realizaram adubações minerais e orgânicas nas culturas da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) e inhame (*Dioscorea cayennensis* L.) respectivamente.

3.2. Delineamento experimental

Foram desenvolvidos dois experimentos na mesma área, mas em períodos distintos. Esses experimentos foram arranjos em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram obtidos utilizando a Matriz de Composto Central de Box por meio da expressão matemática: **número de tratamentos** = $2^k + 2k + 1$ em que **k** é o número de fatores. Os fatores foram: nitrogênio e fósforo.

3.3. Condução do Experimento em vasos

O experimento foi realizado no período de junho a setembro de 2013. Os tratamentos resultaram, a partir da equação mencionada acima, em 19 tratamentos. Foram avaliadas cinco doses de nitrogênio (0,16; 0,37; 0,88; 1,4 e 1,6 g planta⁻¹) e cinco de fósforo (0,3; 0,58; 1,2; 1,8 e 2,1 g planta⁻¹), na presença (1,67 g planta⁻¹) e ausência de potássio, totalizando 19 tratamentos (9 resultantes da Matriz Composto Central de Box x 2 referente à ausência e presença de potássio + 1 tratamento de referencia) (Tabela 2) com uma planta por vaso sendo, portanto, 76 unidades experimentais.

Tabela 2: Tratamentos utilizando Composto Central de Box. Experimento em solo.

Tratamentos	Níveis		Doses (g planta ⁻¹)		
	N	P	N	P	K
1	-1	-1	0,3692	0,576	1,67
2	-1	-1	0,3692	0,576	0
3	-1	1	0,3692	1,824	1,67
4	-1	1	0,3692	1,824	0
5	1	-1	1,3904	0,576	1,67
6	1	-1	1,3904	0,576	0
7	1	1	1,3904	1,824	1,67
8	1	1	1,3904	1,824	0
9	-1,41	0	0,16	1,2	1,67
10	-1,41	0	0,16	1,2	0
11	0	-1,41	0,88	0,32	1,67
12	0	-1,41	0,88	0,32	0
13	1,41	0	1,6	1,2	1,67
14	1,41	0	1,6	1,2	0
15	0	1,41	0,88	2,08	1,67
16	0	1,41	0,88	2,08	0
17	0	0	0,88	1,2	1,67
18	0	0	0,88	1,2	0
19	-	-	-	-	-

No plantio do morango foram usados vasos de polietileno com volume de 10 L e drenados no fundo e nas laterais. Foram aplicados ureia, superfosfato simples e sulfato de potássio como fontes de nitrogênio, fósforo e potássio respectivamente. A escolha do sulfato de potássio em detrimento do cloreto de potássio foi em função das plantas de morangueiro serem reconhecidamente sensíveis ao cloro (EPAMIG, 2007). O local do experimento foi protegido com uma tela de 45% para reduzir os efeitos da insolação no período onde as temperaturas eram mais elevadas e da incidência direta das gotas de chuva no período chuvoso nos meses de junho a agosto.

A irrigação foi feita manualmente utilizando regadores portáteis de 20 litros. A frequência de aplicação foi estabelecida de acordo com as necessidades hídricas diária das plantas, o qual foi determinado pelo método da pesagem. Neste método, pesava-se o vaso com balança analógica e posteriormente adicionava-se um volume de água até atingir peso equivalente à capacidade de campo do solo. A aplicação dos adubos foi feita manualmente e as frequências de aplicação realizadas de acordo com a recomendação para o norte do Estado

de Minas Gerais, sendo 40% na fundação e o restante parcelado em aplicações mensais (EPAMIG, 2007).

As mudas utilizadas foram do cultivar Oso Grande, que são plantas vigorosas e de porte semiereto; é uma cultivar de dias curtos e de grande adaptabilidade (EPAMIG, 2007). Destinada ao consumo “*in natura*” em função do sabor agradável, tendo entre outras características a boa produtividade; pseudofrutos graúdos com coloração vermelho brilhante externamente.

O controle fitossanitário foi realizado em função do surgimento da lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*.) no período de crescimento vegetativo, aos 35 dias após o transplântio. A medida adotada foi a aplicação de inseticida do grupo químico dos piretróides, recomendado para o controle de *Agrotis ipsilon* em hortaliças (Ferreira e Barrigossi, 2006). O produto comercial usado foi o TALSTAR 100 EC que é um inseticida de contato e ingestão. A aplicação foi feita na concentração de 1,5 g L⁻¹ de água (conforme recomendação do fabricante) utilizando um pulverizador costal da marca Guarani com bico em leque e direcionado para a base das plantas.

3.4. Condução do Experimento em solo

O experimento foi realizado no período de outubro de 2014 a abril de 2015. Foram avaliadas cinco doses de nitrogênio (0,40; 1,00; 2,30; 3,60 e 5,00 g planta⁻¹) e cinco de fósforo (0,50; 0,80; 1,90; 3,00 e 4,40 g planta⁻¹) na forma de ureia e superfosfato simples respectivamente. O total de tratamentos foi 11, referentes a: nove resultantes da Matriz Composto Central de Box + dois tratamentos adicionais, sendo um sem qualquer tipo de adubação e outro adubado com composto orgânico curtido a base de esterco bovino. Os nove primeiros tratamentos receberam 2,60 g planta⁻¹ de sulfato de potássio e o tratamento 11 recebeu 1,0 kg de composto orgânico por planta. Ao todo, o experimento contou com 44 unidades experimentais e 132 plantas. Os atributos químicos e de fertilidade do composto orgânico estão expressos na tabela 4.

Tabela 3: Tratamentos utilizando Composto Central de Box. Experimento em solo.

TRAT	Níveis		Doses (g/planta)		
	N	P	N	P	K
1	-1	-1	1	0,8	2,6
2	-1	1	1	3,6	2,6
3	1	-1	3,6	0,8	2,6
4	1	1	3,6	3,6	2,6
5	-1,41	0	0,4	1,9	2,6
6	0	-1,41	2,3	0,5	2,6
7	1,41	0	5	1,9	2,6
8	0	1,41	2,3	4,4	2,6
9	0	0	2,3	1,9	2,6
10	-	-	0	0	0
11	-	-	Composto orgânico		

Tabela 4: Atributos químicos e de fertilidade do composto orgânico utilizado na adubação do morangueiro. Areia, PB.

pH	N	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	SB	CTC	V	MO
H ₂ O (1:2,5)	-----g kg-----			-----cmolc/dm ³ -----				-----			%	g/kg
8,39	7,89	1,30	5,14	9,10	7,5	3,5	0,0	0,0	33,2	3,2	100	44,0

A implantação do experimento foi em canteiros com dimensões de 5,50 x 1,20 x 0,30 m os quais estes, correspondiam aos blocos. A frequência de irrigação foi estabelecida de acordo com as necessidades hídricas diárias da cultura e as aplicações dos adubos foram feitas manualmente de acordo com a recomendação para o norte do Estado de Minas Gerais, sendo 40% na fundação e o restante parcelado em aplicações mensais (EPAMIG, 2007). O espaçamento adotado foi de 0,50 x 0,40 m. Para proteger os frutos do contato direto com o solo, optou-se pelo bagaço de cana-de-açúcar, visto que este possui boa constituição celulítica e elevada relação C:N de 100:1 (Vitti et al., 2008) além de permitir a manutenção da umidade e arejamento do solo.

3.5. Colheitas dos frutos

A colheita dos frutos das plantas cultivadas em vasos foi realizada semanalmente durante o período de julho até o final de setembro de 2013, completando ao todo 11 colheitas.

Nas plantas cultivadas no solo, as colheitas foram de novembro a março de 2015, completando ao todo 17 avaliações. Os frutos foram colhidos maduros, e com grau de maturação de no mínimo de 3/4 da área com coloração vermelha, o que indica estágio de maturação fisiológica (EPAMIG, 2007), semelhante ao mostrado na figura seguinte.



Figura 1: Grau mínimo de maturação dos frutos de morango cultivar Oso grande. Areia, PB.

3.6. Variáveis avaliadas

3.6.1. Número de folhas, altura das plantas e diâmetro médio da copa

O número de folhas foi determinado pela contagem manual daquelas caracterizadas como folhas-dreno não foram consideradas, isto é, aquelas mais recentes localizadas no ápice da coroa, ainda em processo de formação e onde não apresentavam-se como trifoliadas. As folhas mais velhas, localizadas na base da planta e apresentando na maior parte da superfície danos físicos, fisiológicos ou decorrentes de pragas, também foram descartadas. Sendo imediatamente removidas para conservar a integridade sanitária da planta.

Os procedimentos para aferir a altura e o diâmetro da copa foram determinados de forma manual com auxílio de uma régua milimetrada. A altura foi medida a partir do ponto de inserção da coroa no solo até a última folha. O diâmetro da copa foi aferido projetando-se a

régua sobre a mesma. Foram feitas três leituras em direções diferentes, e de posse desses dados obteve-se um valor médio.

3.6.2. Área foliar

A área foliar foi obtida por meio de digitalização de todas as folhas da planta e submetidas ao processamento dos dados pelo programa computacional Sigma Scan Pro v. 5.0, e estimada com base na densidade de pixels de uma amostra não vegetal e de área conhecida, os resultados foram expressos em cm^2 .

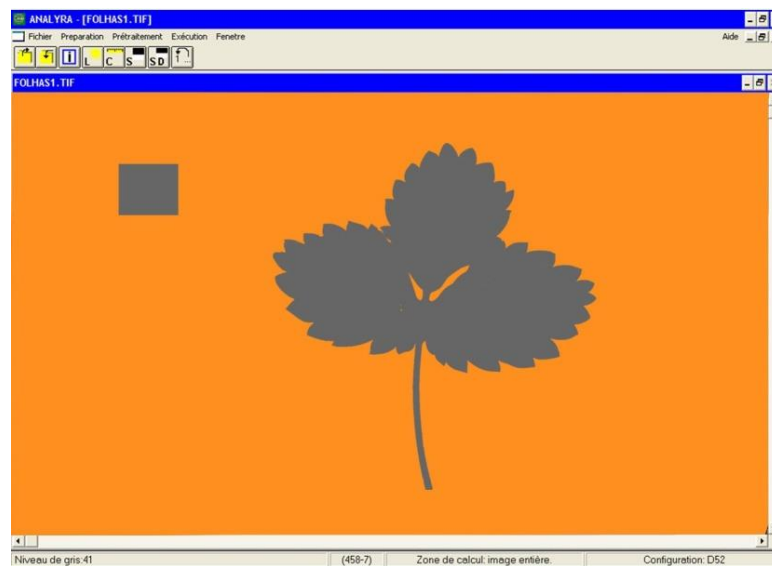


Figura 2: Processamento da área foliar no Sigma Scan 5.0.

3.6.3. Número de frutos por planta, massa média dos frutos e produtividade das planta

A cada colheita, os frutos foram contados para determinar o número de frutos por planta e pesados individualmente com auxílio de uma balança digital com precisão de 0,1 g para determinar a massa média. Ao término do ciclo produtivo determinou-se a produtividade de cada planta através da soma da massa dos frutos e o resultado expresso em g planta^{-1} .



Figura 3: Variáveis de produção e instrumentos de avaliação de fruto de morangueiro.

3.6.4. Sólidos solúveis

A determinação dos sólidos solúveis foi feita através de refratometria, utilizando o refratômetro portátil Biobrix model 103 RL1, graduado na escala °Brix e com precisão de 0 a 32 °Brix. O aparelho foi calibrado à temperatura ambiente com água destilada (Índice de refração = 1,33 e 0 °Brix a 25°C). A cada amostra analisada executava-se a limpeza da superfície refratora com água destilada estabelecendo-se um intervalo de trinta minutos entre as leituras conforme recomendação do fabricante.

3.6.5. Acidez titulável

A acidez titulável dos frutos, foi realizada conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985) por titulometria com NaOH 0,1 N, onde foi pesada 5 g da amostra sólida (frutos frescos) em um frasco erlenmeyer de 125 mL. Logo após, foi adicionado 25 mL de água destilada e duas gotas de indicador e procedeu-se a titulação até atingir cor rósea permanente. Os resultados foram obtidos pela equação $AC (\%) = [V \times 64,04 \times 100]/P$. Os resultados foram expressos em percentual de ácido cítrico.

AC = ácido cítrico;

V = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação;

64,04 = equivalente grama do ácido cítrico (ácido considerado);

P = peso da amostra usado na titulação.

3.6.6. Relação sólidos solúveis/acidez titulável

A relação sólidos solúveis/acidez foi determinada pela divisão dos valores encontrados de sólidos solúveis totais (°Brix) e de acidez titulável (% de ácido cítrico), sendo o primeiro o numerador e o último o denominador.

3.6.7. Taxa de fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂ e eficiência instantânea de carboxilação

A taxa fotossintética líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO₂ (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) foram medidos pelo analisador portátil da fotossíntese modelo LCI-SD, com precisão de medição de CO₂ na faixa de 0 - 2000 ppm, com resolução de 1 ppm e utiliza tecnologia de infravermelho. A eficiência instantânea de carboxilação foi obtidos pela relação A/C_i e expressa em [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$].

Procedeu-se as aferições das respectivas variáveis, no estágio de pré-floração, período no qual as plantas apresentam grande expressão nas atividades fotoquímicas (Raven e Smith, 1976). Para as análises foram selecionadas três folhas por planta.

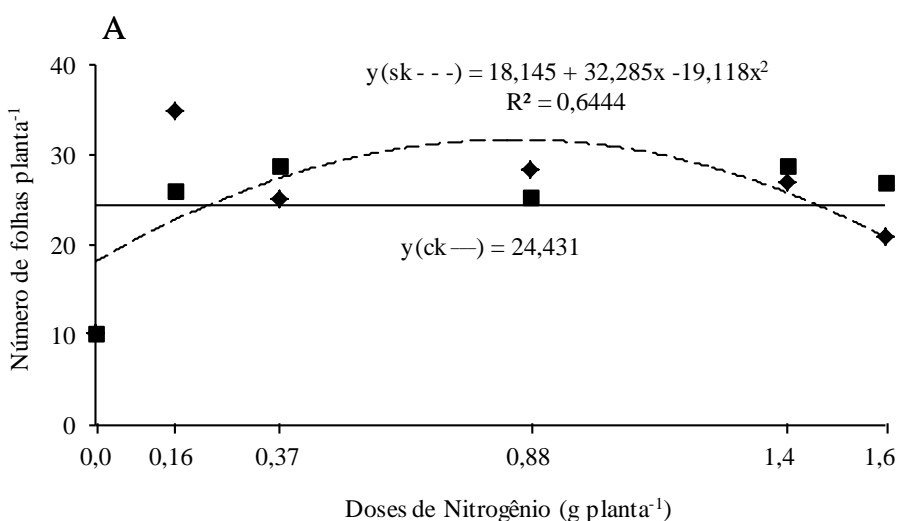
3.7. Análise estatística

Os resultados foram submetidos a análise de variância e de regressão, utilizando o software SAS 9.3. Foram obtidas as equações de regressão considerando 10% de probabilidade pelo teste F. Para as plantas cultivadas no solo e que receberam matéria orgânica, bem como o tratamento testemunha foi feito o contraste ortogonal das medias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Número de folhas, altura das plantas, diâmetro médio da copa e área foliar

O número de folhas das plantas cultivadas em vasos aumentou em função das doses de nitrogênio e fósforo. Porém, a adubação nitrogenada com potássio não se ajustou a nenhum modelo de regressão, apresentando média de 24,4 folhas planta⁻¹ (Figura 4A.). Na figura 4B verifica-se que houve incremento no número de folhas tanto com potássio (1,67 g planta⁻¹) como sem, mas neste último, o máximo obtido foi 30,7 folhas planta⁻¹ (1,36 g de fósforo) decrescendo a partir daí. Quando adicionado adubação potássica, o número de folhas foi superior aos tratamentos sem potássio, mas apenas em doses superiores a 1,65 g de fósforo planta⁻¹. Em ambos os casos, considerando o maior valor de nitrogênio e fósforo (1,6 e 2,1 g planta⁻¹ respectivamente), a presença do potássio proporcionou superioridade. Em percentuais, essa diferença foi de 15,6% e 17,9%.



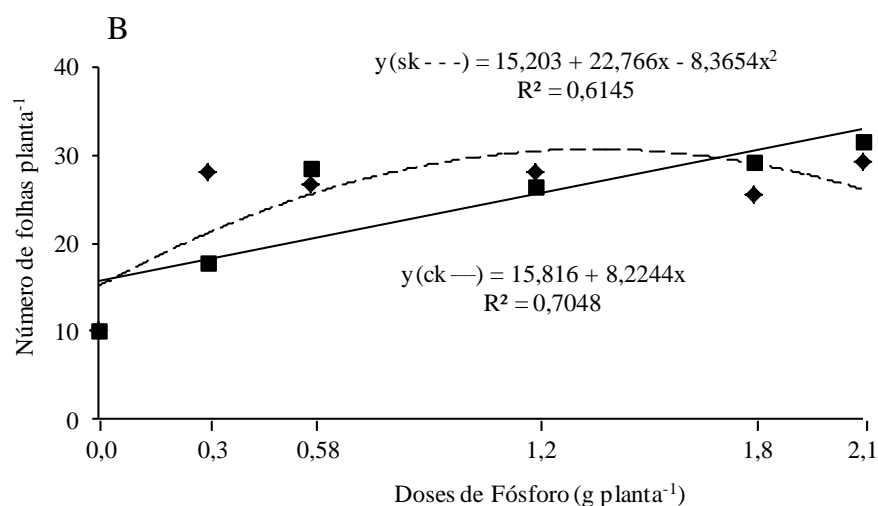


Figura 4: Número de folhas de morangueiro adubado com doses de nitrogênio (A) e fósforo (B) sem potássio (sk) e com 1,67 g planta⁻¹ de potássio (ck) em vasos de 10 L. CCA, UFPB, Areia, 2013.

Nas plantas cultivadas em solo, não foram observadas diferenças significativa nas doses de nitrogênio. A média observada foi de 27,4 folhas planta⁻¹. Por outro lado, constata-se na figura 6 que as doses de fosforo exerceram influência positiva na variável analisada. Nota-se que os valores se apresentam crescentes tanto quanto maiores são das doses de fósforo no solo. A aplicação máxima de fósforo (4,4 g planta⁻¹) estimulou a produção de 31,4 folhas planta⁻¹, sendo este, o maior valor. Com relação àqueles tratamentos que não receberam nenhum tipo de adubação e aquele que recebeu composto orgânico (Figura 6), a produção de folhas planta⁻¹ foi bem mais expressiva neste último, com uma diferença de 12,7.

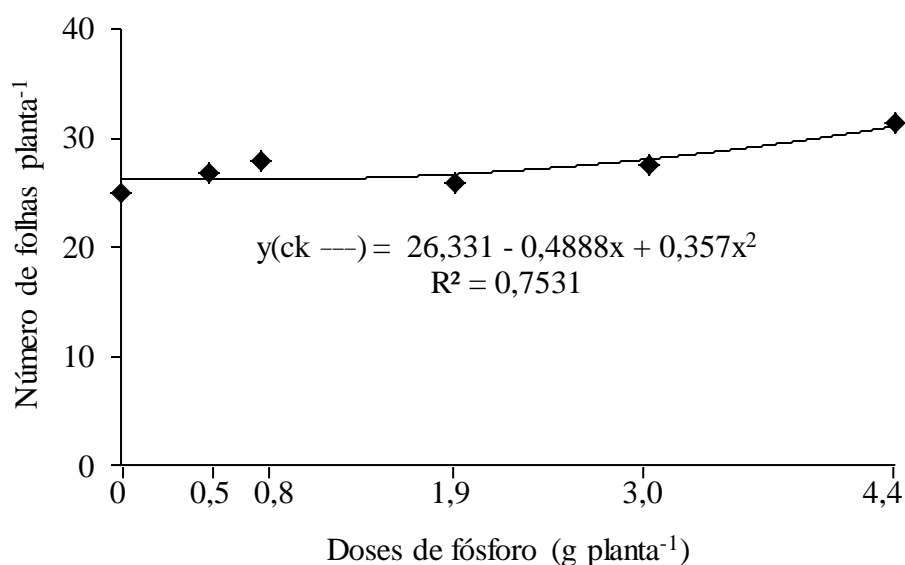
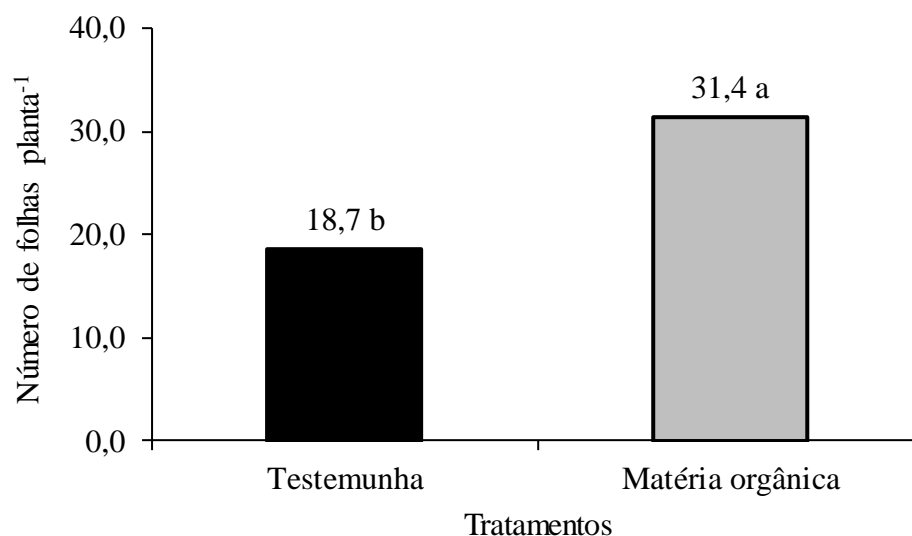


Figura 5: Número de folhas por planta de morangueiro adubado com doses de fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 6: Número de folhas por planta de morangueiro adubado com e sem composto orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

O nitrogênio, fosforo e potássio são essenciais para processos metabólicos como síntese de proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas, produtos secundários do metabolismo, ativação de enzimas, regulação osmótica, transferência de energia, respiração, fotossíntese dentre muitos outros processos vitais às plantas (Mengel et al., 2001; Taiz e Zeiger, 2013). Portanto, doses excessivas desses nutrientes elevam significativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, neste caso, avaliado pelo número de folhas.

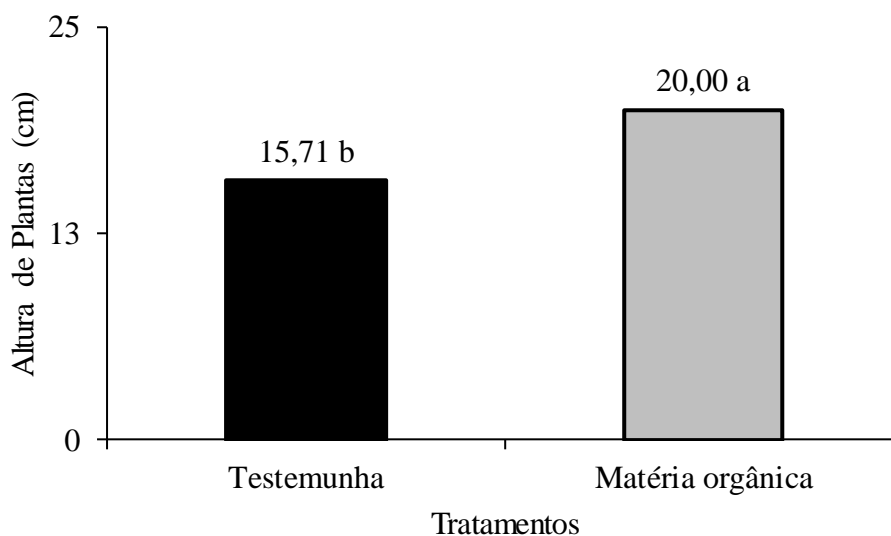
O elevado número de folhas no tratamento com fósforo possivelmente ocorreu em função do cultivo do morangueiro ser realizado em solo com teor alto de material orgânico, associado às aplicações de potássio, tendo verificado também na altura das plantas do primeiro experimento (em vaso). É possível que o melhor aproveitamento do potássio pelas plantas pode ter estimulado mais a produção de folhas, enquanto que nos tratamentos com nitrogênio, a adubação potássica não proporcionou essa melhoria. Lavre Jr. e Monteiro (2002) afirmaram que a adubação nitrogenada tem, por muitas vezes, apresentado respostas produtivas abaixo das esperadas em virtude de inadequados níveis de potássio.

Comportamento semelhante foi apresentado por Lima et al. (2010) que observaram a relação N/K na nutrição de mudas de cafeeiro em solução nutritiva. Os cominaram cinco doses de cada nutriente (3, 7, 11, 15 e 19 mmol L⁻¹ de nitrogênio e 5, 6, 7 e 8 mmol L⁻¹ de potássio) e confirmaram que o potássio, influenciou significativamente nos teores de

nitrogênio, além de outros nutrientes no tecido foliar, concluindo que doses não compatíveis de N/K promovem alterações no estado nutricional das mudas de café.

Com relação aos tratamentos da figura 6, é notório o ganho em número de folha com aquelas plantas tratadas com composto orgânico. Isto se deve a elevada carga nutricional contida no mesmo, tal qual mostra a análise do composto orgânico na tabela 4 Segundo Camargo et al. (2012) o conteúdo total de nitrogênio contido na matéria orgânica dos insumos é liberado ainda no primeiro ano após a adição ao solo. Considerando o teor contido na análise ($7,89 \text{ g kg}^{-1}$), admite-se que foram mineralizados, portanto, em torno de $23,6 \text{ g}$ de nitrogênio planta⁻¹.

Os resultados da análise de variância mostraram que as diferentes doses de nitrogênio e fósforo combinados com potássio não exerceram efeitos significativos na variável altura das plantas em vasos plásticos (Tabela 5). O valor médio apresentado foi de $13,3 \text{ cm}$. Da mesma forma, nas plantas cultivadas em solo as doses de nitrogênio e fosforo não foram suficientes para expressar as diferenças em altura (Tabela 6). No entanto, os tratamentos que receberam insumo orgânico foram superiores à testemunha em até $5,71 \text{ cm}$ (Figura 7).



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 7: Altura de plantas de morangueiro adubado com e sem composto orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

Esses resultados são corroborados por Venâncio et al. (2013) que também constataram inexpressividade do nitrogênio em plantas de maracujazeiro-amarelo. Os autores avaliaram os componentes de produção da cultura sob adubação nitrogenada, e os dados revelaram que a

fertilidade naquelas condições, evidenciada pela presença de $15,2 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria orgânica, provocou inexpressividade do adubo nitrogenado quanto à produção de frutos.

O comportamento da variável área foliar das plantas cultivadas em vasos foi quadrático nos tratamentos sem o potássio, já na sua presença, não houve diferença estatística. No primeiro caso, as plantas responderam positivamente até o limite de $0,89 \text{ g planta}^{-1}$ com incremento de $1776,92 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$. No segundo, o valor médio apresentado foi de $1309,3 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ (Figura 8). As doses de fósforo, ainda no experimento em vaso, não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, sendo os valores médios apresentados: $1352,7$ e 1292 folhas planta^{-1} respectivamente sem e com potássio.

Nas plantas do experimento em solo, se comparado àquelas em vasos, houve uma inversão da resposta das plantas aos tratamentos. As doses de nitrogênio não exerceram qualquer diferença entre si ($P > 0,10$) sobre a área foliar (Tabela 6). Por outro lado, as doses de fósforo foram significativas e ajustaram-se ao modelo de regressão quadrática, nota-se inclusive que são ascendentes com o aumento nas doses do adubo (Figura 9).

Com relação ao tratamento sem e com insumo orgânico, ao realizar o contraste das médias percebe-se uma diferença de mais de 1000 cm^2 (Figura 10). O que representa um ganho substancial em área foliar a partir de adubação orgânica. Os valores adquiridos com aplicação do insumo orgânico são equivalentes àqueles obtidos com a maior dose de fosforo, que foi de $2513,4 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$.

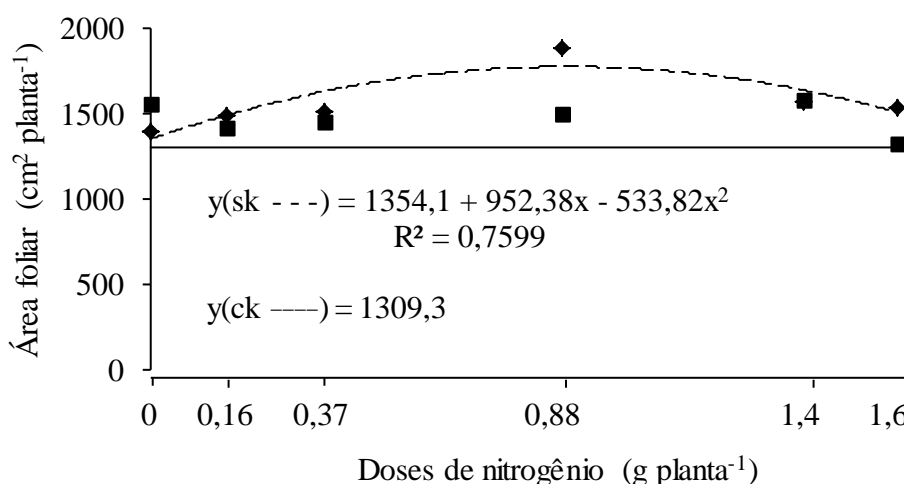


Figura 8: Área foliar de morangueiro submetido a doses de nitrogênio sem potássio (sk) e com $1,67 \text{ g planta}^{-1}$ de potássio (ck) em vasos de 10 L. CCA – UFPB, Areia, 2013.

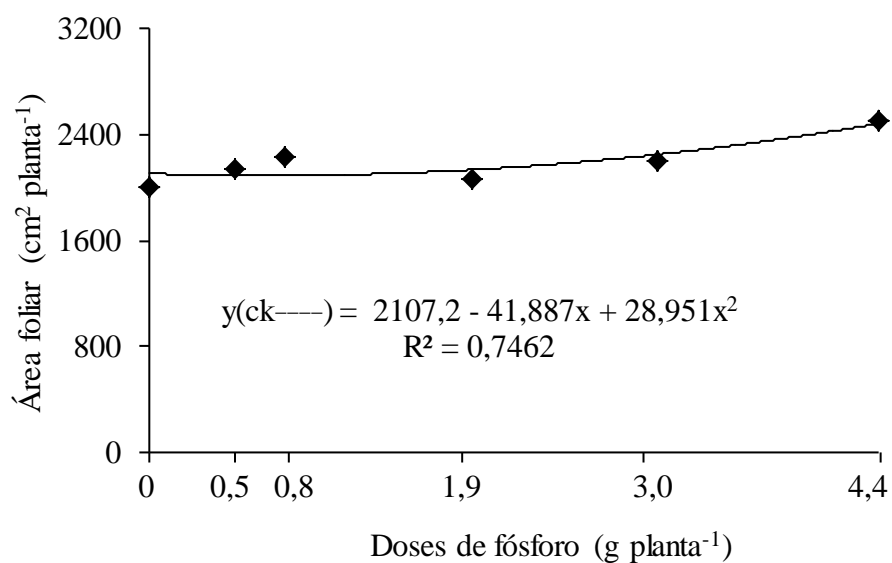
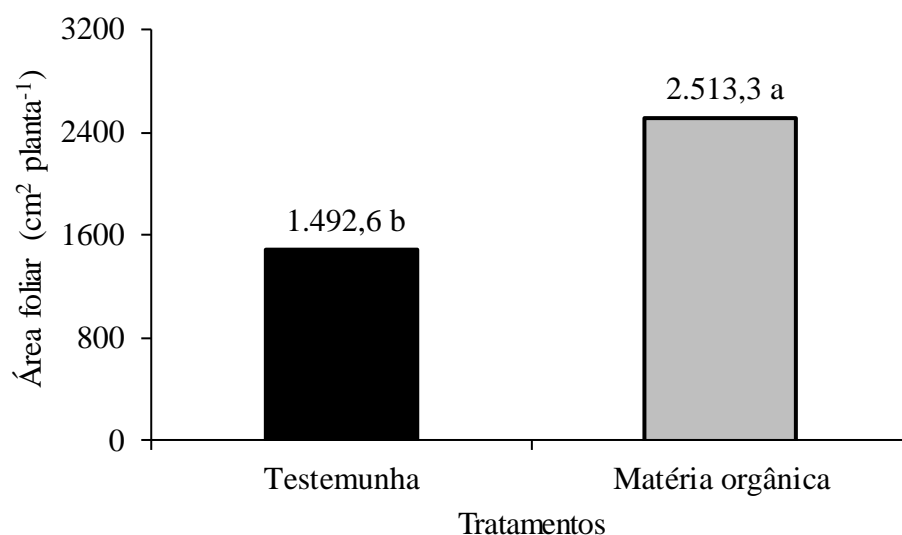


Figura 9:Área foliar por planta de morangueiro adubado com doses de fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 10: Área foliar por planta de morangueiro adubado com e sem composto orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

É possível que a adubação nitrogenada tenha sofrido alguma influência antagônica da adubação potássica, o que refletiu na redução dos efeitos do nitrogênio quando na presença desse nutriente (Mengel, et al., 2001; Malavolta, 2006). Rodrigues et al. (2009) constataram interação antagônica N/K, repercutindo no declínio da acumulação de nitrogênio pelas plantas de maracujazeiro amarelo em relação ao solo sem aplicação de potássio.

Com relação ao experimento em solo, presume-se que a situação de fertilidade do solo no momento da execução do experimento, a qual foi de $24,3 \text{ g dm}^{-3}$ (Tabela 1), tenha mascarado a eficiência dos adubos nitrogenados nesta variável, já que este é o principal elemento responsável pelo crescimento vegetativo (Malavolta et al., 1997; Epstein e Bloom, 2006), neste caso, avaliado pela área foliar. Além disso, é provável também, que o baixo aproveitamento do nutriente pode ser em função da alta relação C:N (100:1) inicial da palha de cana-de-açúcar, que favorece a imobilização pelos microrganismos do solo em vez da mineralização do nitrogênio (Jingguo e Bakken, 1997; Vitti et al., 2008).

O diâmetro médio da copa não foi alterado pelos tratamentos nas plantas em vasos (Tabela 5), com valor médio de 27,2 cm. Por outro lado, no solo, as doses de nitrogênio exerceram efeito linear e crescente, com maior diâmetro de 32,5 cm alcançado na dose de $1,6 \text{ g planta}^{-1}$ (Figura 11). É importante notar que mesmo no nível mais baixo de adubação, isto é, $0,16 \text{ g planta}^{-1}$ de nitrogênio, os valores são superiores à média verificada no trabalho em vaso.

Ainda com relação ao diâmetro médio da copa das plantas cultivadas em solo, percebe-se na figura 12 que as plantas tratadas com insumo orgânico, tiveram quase o dobro do diâmetro em relação aquelas plantas que não receberam qualquer adubação. Ambos os tratamentos (sem e com insumo) guardam uma certa proporção com a área foliar mostrada na figura 10, ou seja, para os tratamentos com insumo orgânico, há uma diferença de aproximadamente 25,3% em relação aos tratamentos testemunha.

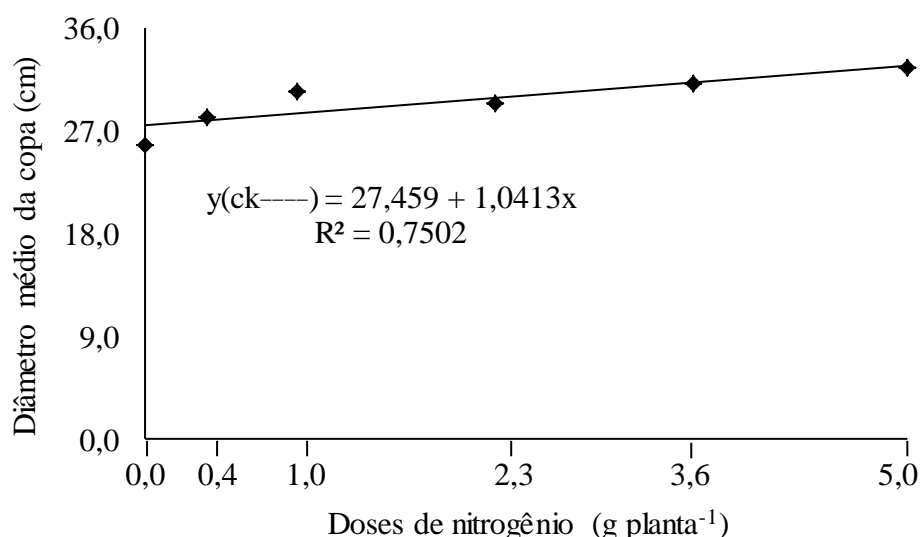
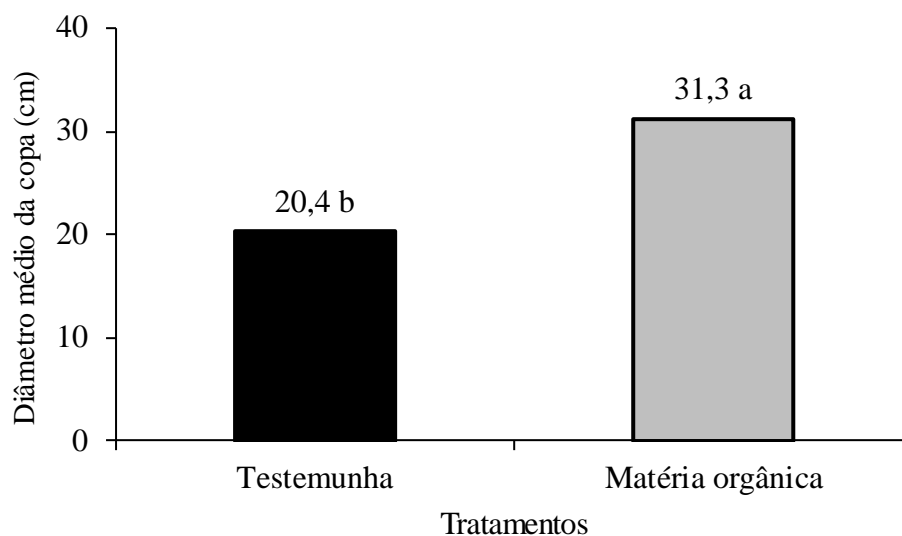


Figura 11: Diâmetro médio da copa de morangueiro adubado com doses de nitrogênio com $1,67 \text{ g planta}^{-1}$ de potássio (ck) no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 12:Diâmetro médio da copa de morangueiro com e sem composto orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

Provavelmente o volume do solo disponível para a expansão radicular, beneficiou as plantas cultivadas no solo em relação àquelas em vaso. São frequentes trabalhos nesse contexto, como os de Baldin et al. (2015) ao trabalharem com angico-vermelho em diferentes volumes de substratos, concluíram que houve efeito significativo do volume de substrato para todas as variáveis e aqueles com menores dimensão de recipiente limitaram o crescimento das plantas, acarretando em mudas com qualidade inferior para o plantio em condições de campo. Segundo Diniz et al. (2015) que avaliaram 2 recipientes (1 e 2 litros) o maior crescimento e o acúmulo de matéria seca de mudas de café foram obtidos pelos porta-enxertos cultivados em recipientes com capacidade para 2 litros de substratos.

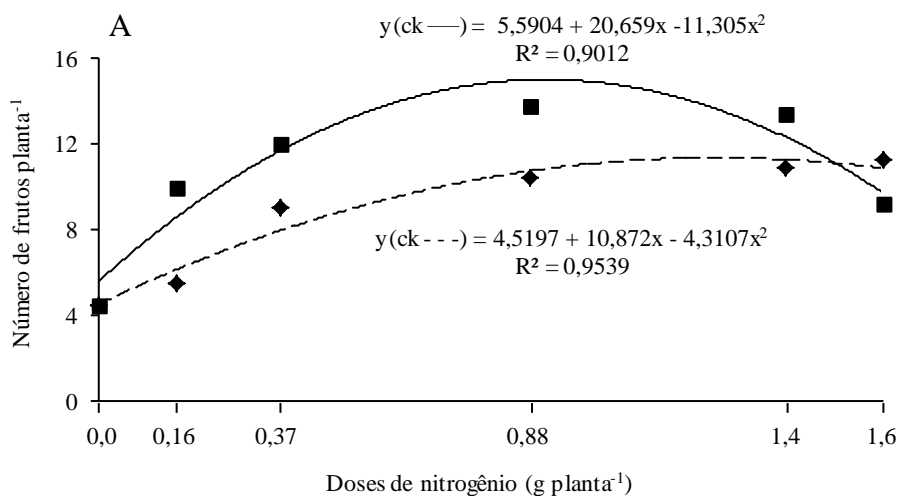
O diâmetro da copa é uma medida de crescimento vegetativo, está diretamente relacionada à expansão foliar. Sabe-se que o nitrogênio é o principal nutriente responsável por essa expansão (Mengel, 2001; Taiz e Zeiger, 2013), portanto, a presença desse nutriente no solo ora promovido pela adubação nitrogenada, ora pelo insumo orgânico, proporciona crescimento vegetativo na medida de sua proporção no solo. No caso da figura 11, doses maiores proporcionam maiores valores em diâmetro da copa, embora que, em detrimento da produtividade das plantas.

4.2. Número de frutos por planta, massa média dos frutos e produtividade por planta

O aumento na dose de nitrogênio e de fósforo no experimento em vaso incrementou o número de frutos tanto na presença, como na ausência de potássio, porém com maior intensidade naqueles que receberam. Observa-se que no primeiro caso (Figura 13A.), a dose que mais estimulou a variável foi de 0,9 g planta⁻¹ de nitrogênio na presença de potássio, representado por 15 frutos planta⁻¹, porém, declinando a partir daí, e 1,2 g planta⁻¹ sem potássio com 11,4 frutos. Nas plantas adubadas com fósforo (Figura 13B.), apesar de existir um comportamento semelhante ao do nitrogênio, observou-se uma quantidade menor de frutos, sendo 14,6 frutos planta⁻¹ na dose de 2,0 g no solo com potássio, e 11 frutos na dose de 1,8 g sem potássio.

Percebe-se na figura 14, referente ao experimento instalado no solo, que a interação entre as doses de nitrogênio e fosforo foi significativa ($P < 0,10$). Nota-se que o número de frutos por planta cultivada em vaso foi inferior àquelas cultivadas diretamente no solo. Neste, os efeitos combinados dos adubos proporcionaram ganhos substanciais em produção de frutos, mas o número máximo foi obtido sem muita contribuição do fosforo, sendo 107 frutos com a dose máxima e mínima de nitrogênio e fosforo respectivamente.

Com relação àquelas plantas tratadas com insumo orgânico, verifica-se que dentre as variáveis analisadas até agora, esta foi a que agregou maior diferença em relação ao tratamento sem o insumo, sendo 43% mais frutos nas plantas com o insumo.



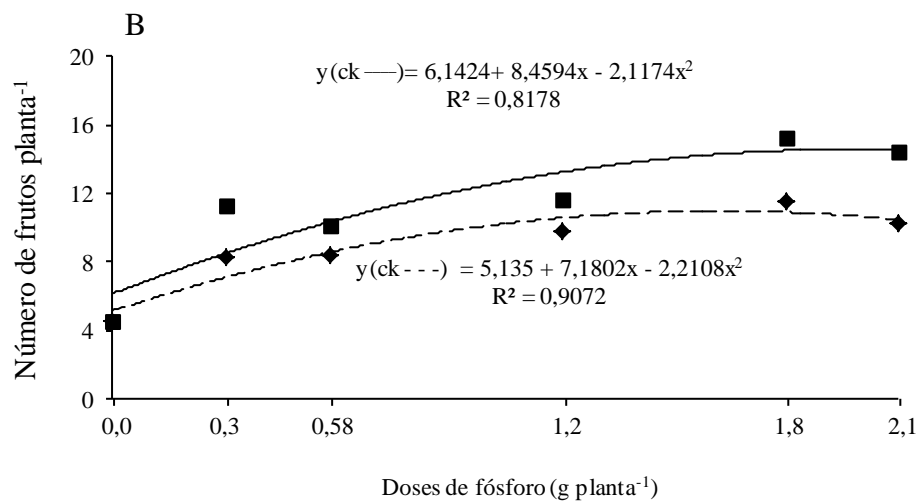


Figura 13: Número de frutos por planta de morangueiro submetido a doses de nitrogênio (A) e fósforo (B, sem (sk) e com (ck) aplicação de potássio em vasos de 10 L. CCA – UFPB, Areia, 2013.

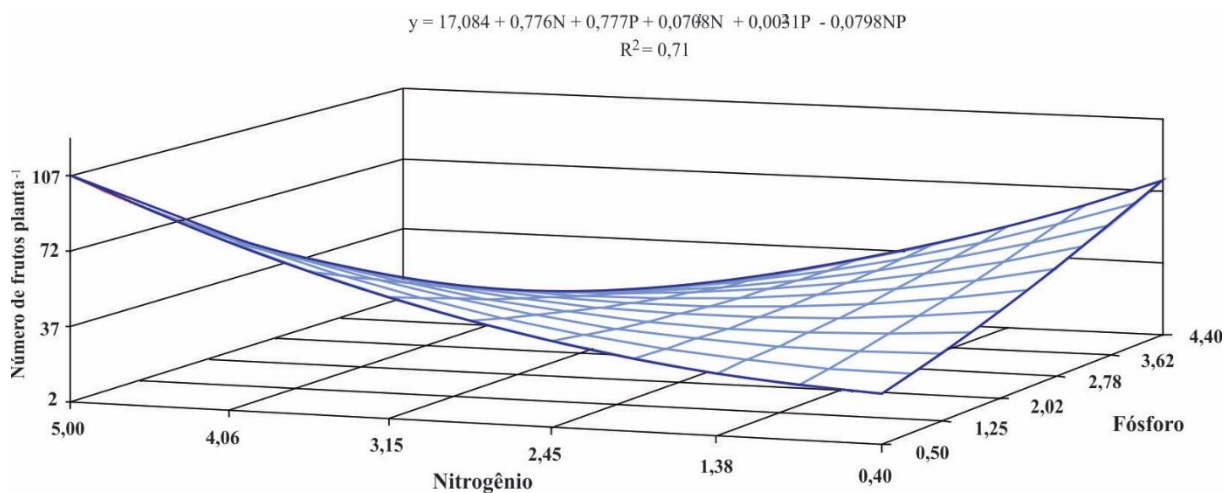
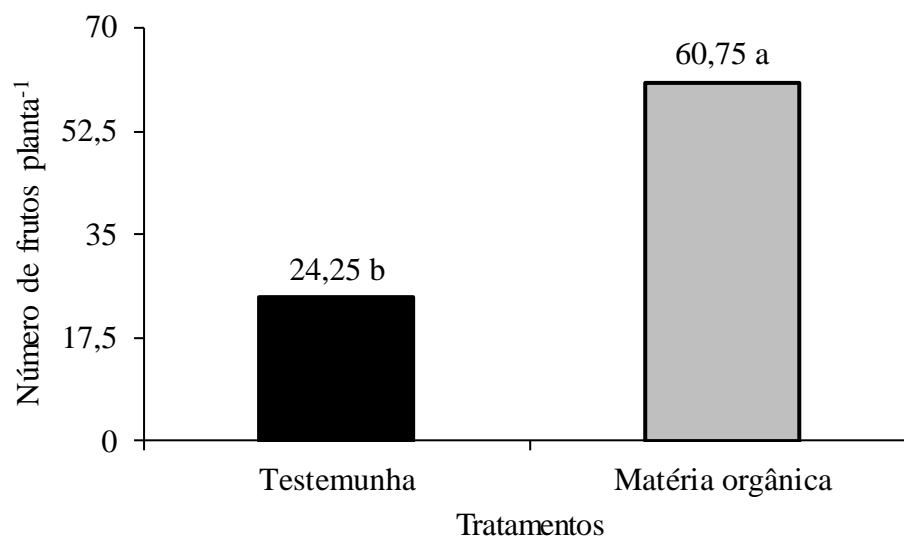


Figura 14: Número de frutos por planta do morangueiro submetido a doses de nitrogênio (N) e fósforo no solo (P). CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 15: Número de frutos de morangueiro com e sem composto orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

O aumento no número de frutos é reflexo da influência positiva dos macronutrientes na produção de biomassa (Epstein e Bloom, 2006; Li et al., 2013), como também, da eficiência de absorção do potássio pela planta (Andriolo et al., 2010). O ganho substancial de frutos em quantidade, naquelas plantas tratadas com potássio, se comparado aos tratamentos sem o nutriente, é devido ao papel que este exerce sobre a produção de infrutescências (Li et al., 2013). Apesar de haver relatos sobre a ação antagônica entre NH_4^+ e K^+ (Tsay et al., 2011), isso não ocorre na presente variável, provavelmente devido a elevada capacidade de lixiviação do solo.

Estudos recentes com diferentes culturas confirmam esses resultados, como os de Gonçalves Júnior et al. (2010) que obtiveram relação positiva entre fósforo e potássio. Os autores constataram que os nutrientes fornecidos simultaneamente, influenciaram a produção e o número de legumes por planta no caso da soja, demonstrando a importância da aplicação conjunta desses nutrientes. Também, estudos de Rao et al. (2007) são categóricos ao revelarem que a aplicação de fertilizantes nitrogenados e potássicos aumentaram o rendimento em manjerição, apontando que o uso adequado desses adubos é importante para a produção da cultura.

Para Sousa et al. (2014), o potássio aplicado de forma isolada inibiu linearmente o número de frutos no morangueiro cultivar Oso Grande, com o aumento das doses. Embora, deve-se ressaltar que este fato, segundo os autores, pode estar relacionado ao estresse salino

constituído no substrato causado pelas doses elevadas do fertilizante potássico, o qual foi utilizado o cloreto de potássio com doses de 0,65 a 1,93 g planta⁻¹ de K₂O. Este sal tem um índice salino de 116 (Alcarde et al., 1998).

A superioridade no número de frutos das plantas cultivadas no solo é em função, além do maior volume de solo disponível, da capacidade deste solo em preservar os nutrientes inserido, visto que neste experimento foi utilizado uma cobertura morta (mulching) de cana-de-acucar durante todo o período de cultivo. Segundo Mulumba e Lal (2008) essa técnica traz positivos benefícios ao solo e a cultura, tais como: melhora a retenção de água no solo, agrega melhorias nas propriedades físicas e reduz as perdas de nutrientes pelos meios mais comuns, que é a lixiviação e volatilização no caso do nitrogênio.

Outra importante contribuição do uso de cobertura seca foi a menor perda de frutos em decorrência do apodrecimento que ocorria com certa frequência nas plantas do experimento em vasos, este que foi cultivado em solo nu. Os frutos de morangueira possuem uma fina e sensível epiderme que em contato direto com o solo é facilmente contaminado por uma série de doenças fúngicas (Reis et al., 2008; Teixeira, 2011).

Os resultados da massa média dos frutos do experimento em vasos se ajustaram ao modelo de regressão linear e seu comportamento foi crescente com as doses de nitrogênio e fósforo, com exceção apenas dos tratamentos com nitrogênio sem potássio, que foi representado por um valor médio de 10,4 g fruto⁻¹ (Figura 16A). Na figura 16B, nota-se que o aumento nas doses de fósforo e ausência de potássio estimulou a massa dos frutos, porém, com valores inferiores aos tratamentos que receberam o nutriente (Massa média de frutos = $52,55 + 6,32x$ e $R^2 = 0,46$), os quais foram 19% maiores.

As doses de nitrogênio e de fósforo também influenciaram positivamente a massa média dos frutos das plantas cultivadas no solo. Neste, observa-se efeito semelhante ao número de frutos, isto é, aqueles tratamentos com maior dose de adubação nitrogenada, seguidos de baixas doses de adubação fosfatada foram os que mais produziram em massa média de frutos (Figura 17). Embora que as plantas tratadas com doses elevadas de fósforo também obtiveram expressivos valores para esta variável. Em geral, as maiores médias de frutos alcançadas com nitrogênio e fósforo foram respectivamente: 27,17 e 19,5 gramas por fruto. Mas é importante ressaltar que as maiores doses de nitrogênio combinadas com as maiores de fosforo, prejudicaram a alocação de biomassa nos frutos.

Os tratamentos com insumo orgânico seguiram a tendências dos demais, nesta variável. A presença do adubo proporcionou considerável ganho em massa com relação ao

tratamento sem o adubo. Os 17,7 gramas por fruto apresentados são abaixo do obtido pelos tratamentos com nitrogênio e fósforo citados a pouco, no entanto é mais que o dobro se comparado ao tratamento testemunha. O que expressa importância crucial da adubação orgânica na cultura do morangueiro.

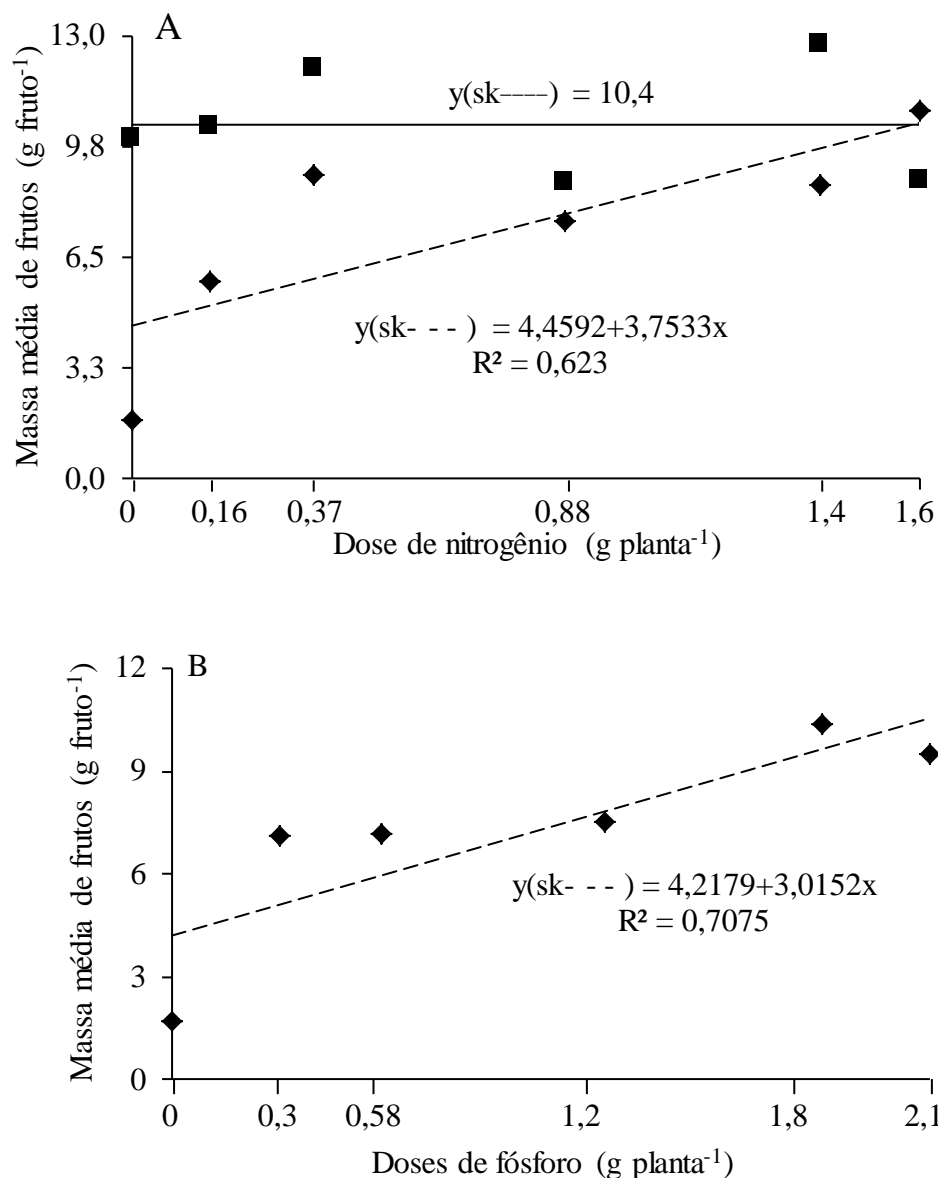


Figura 16: Massa média dos frutos de morangueiro adubado com nitrogênio (A) e fósforo (B) sem (sk) e com potássio (ck) em vasos de 10 L. CCA – UFPB, Areia, 2013.

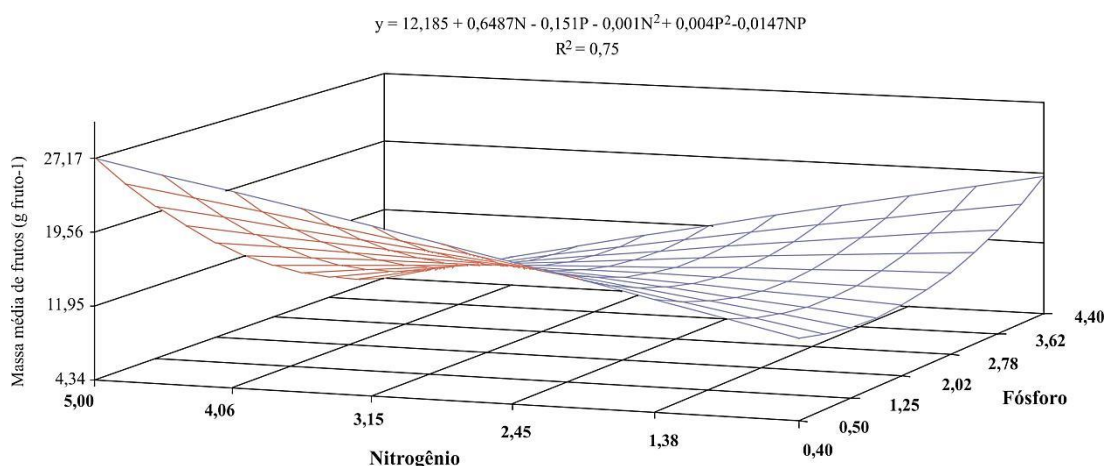
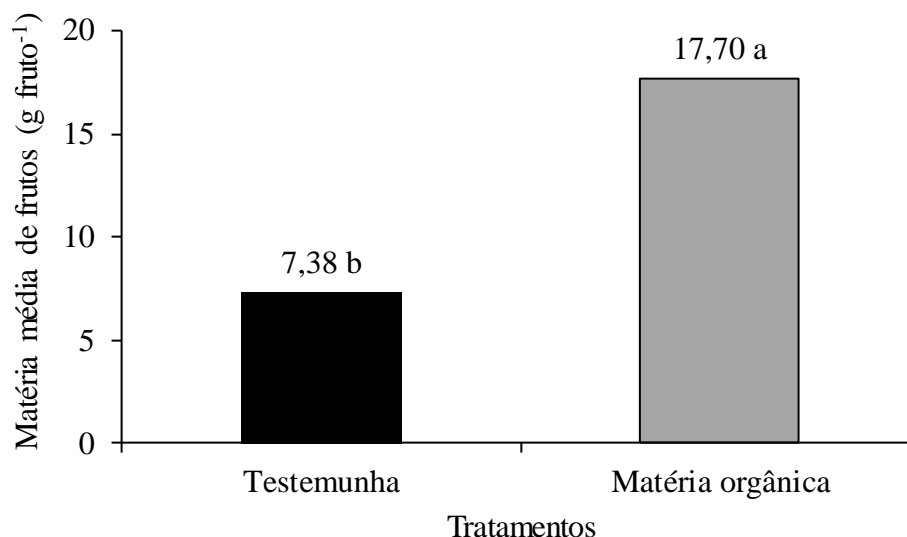


Figura 17: Massa média dos frutos de morangueiro submetido a doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 18: Massa média de frutos frescos de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

O nitrogênio e o potássio são, na grande maioria dos casos, os mais absorvidos em quantidade e interagem, por vezes, positivamente no incremento da produção e melhoria da nutrição das plantas (Epstein e Bloom, 2006; Taiz e Zeiger, 2013). Mas no caso das doses de nitrogênio com potássio observado na figura 17A, nota-se que não há resposta com o aumento da dose. Fato que pode ter ocorrido, como explica Lavres Junior e Monteiro (2002), em virtude de inadequados níveis de potássio, o que sugere uma relação entre a absorção e o aproveitamento destes dois macronutrientes.

Os resultados concordam com os de Pereira et al. (2012), que aplicaram doses crescentes de nitrogênio e potássio em plantas de amoreira-preta. Os autores não verificaram efeito significativo dos adubos sobre a massa média dos frutos. No morangueiro, Nam et al. (2006) constataram relação positiva de N/K na matéria seca, mas alertam para o uso desequilibrado desses nutrientes, que tornam as plantas mais suscetível às doenças, além disso, há riscos decorrente do antagonismo entre nitrogênio e potássio (Tsay et al., 2011).

O antagonismo citado parece não ocorrer no segundo experimento, onde as plantas foram postas diretamente no solo e receberam 2,6 g do nutriente na forma de sulfato de potássio. Esse comportamento foi devido o potássio ser um nutriente importante no incremento da produção das plantas, embora apresente maior relevância em exercer efeito nos parâmetros de qualidade dos frutos (Potash and Phosphate Institute of Canada, 1990; Malavolta, 2006).

Com relação à resposta das plantas a altas doses de nitrogênio e fósforo, mostrado na figura 17, isso pode ter ocorrido provavelmente devido a ação salinizante dos sais aplicados, especialmente a uréia que foi utilizada como fonte de nitrogênio. Os sais inibem eventos bioquímicos importantes como a fotofosforilação, a cadeia respiratória, a assimilação de nitrogênio e o metabolismo das proteínas, assim como, afetam a maioria das enzimas envolvidas nesses processos (Munns, 2002; Taiz e Zeiger, 2013; Chaves et al., 2009), ocasionando por isso, prejuízos à alocação de biomassa.

Os resultados da análise de variância do experimento em vaso, revelaram que não houve diferença significativa em nenhum dos tratamentos aplicados, quanto à produtividade das plantas (Tabela 7). A média apresentada foi de 141,54 g planta⁻¹, este foi bem abaixo dos valores apresentados pelas plantas cultivadas em solo, onde obteve-se até 462 g de frutos planta⁻¹ na maior dose de nitrogênio (5,0 g planta⁻¹) e menor dose de fósforo (0,5 g planta⁻¹) (Figura 19). No entanto, doses elevadas de fósforo e de nitrogênio simultaneamente, reduzem drasticamente a produtividade das plantas, tal qual ocorreu também com a massa média dos frutos. Quanto aos tratamentos com insumo orgânico, as plantas alcançaram valores superiores ao tratamento sem o insumo com expressivo o ganho em produtividade, em torno de 70%.

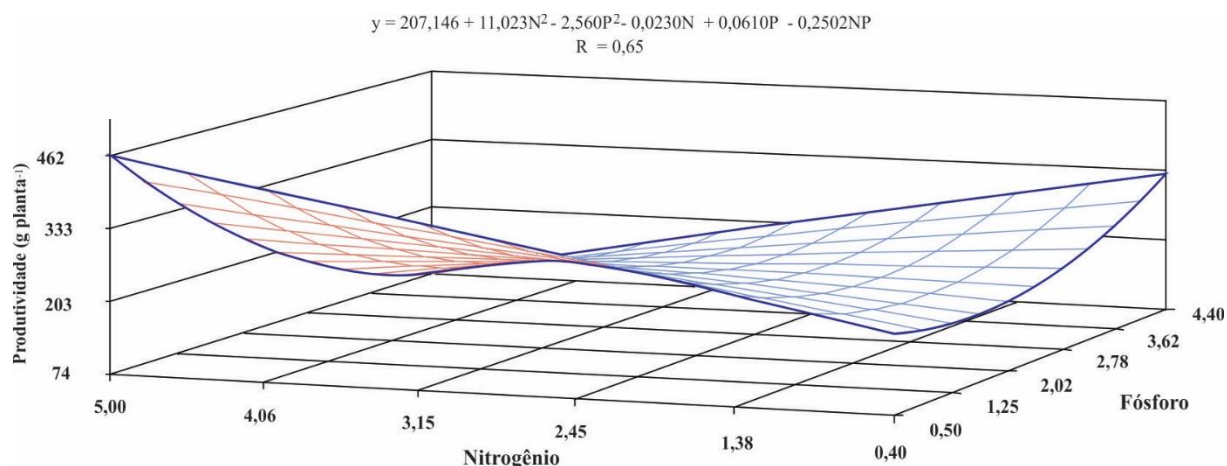
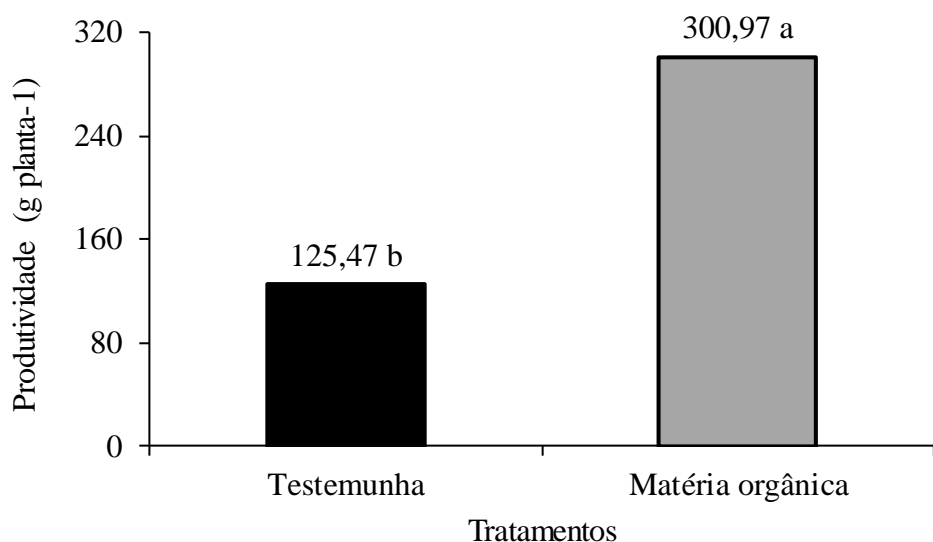


Figura 19: Produtividade do morangueiro submetido a doses de nitrogênio e fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 20: Produtividade do morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

O nitrogênio e o fósforo são dois dos nutrientes que mais influenciam a produção de frutos pelas plantas, além de serem também os mais absorvidos juntamente com o potássio (Malavolta, 2006). No entanto, a produtividade das plantas não corresponde a aplicação das doses mais elevadas desses nutrientes. É provável que os efeitos deletérios da uréia e do excesso de fósforo no solo, tenham provocado esse comportamento. O primeiro é um adubo com alto potencial de salinização do solo (Richard, 1954) e o segundo pode provocar desequilíbrio de alguns micronutrientes quando em excesso. Ourives et al (2010) afirmam que

o Zn, Fe e Cu são afetado por altas concentração de fósforo no solo devido o aumento do requerimento fisiológico desses elementos.

Doses muito elevadas de fósforo em cultivares de batatas, também proporcionaram rendimentos aquém daquelas doses consideradas ideais em experimento de Carmo (2014). Os autores afirmam que apesar da adubação fosfatada proporcionar aumentos de forma exponencial nos teores de amilose das cultivares de batata, há uma tendência de estabilização dos dados a partir da aplicação de 250 kg ha^{-1} de P_2O_5 , isto é, o aumento nas doses não mais proporcionou aumento nos valores da variável.

Quanto à produtividade das plantas com adubação orgânica, sabe-se que a adubação do morangueiro com insumos orgânicos é uma das principais práticas responsáveis pelo aumento da produtividade da cultura. Segundo Filgueira (2007) a aplicações de adubos orgânicos elevam significativamente a produtividade do morangueiro, inclusive em solos considerados férteis.

De qualquer forma, tanto a aplicação dos tratamentos com doses de adubos nitrogenados e fosfatados nos níveis respectivamente de 5,0 e 0,5 g planta⁻¹ (462,0 g planta⁻¹), quanto com matéria orgânica (301,0 g planta⁻¹), obteve-se produtividades equivalentes àquelas alcançadas por Vignolo et al. (2011). Os autores encontraram 540,0 g planta⁻¹ na cultivar Caminho Real utilizando fertilizantes alternativos como torta de mamona em pré-plantio. Rodas (2011) aplicou diferentes doses de nitrogênio e potássio na variedade Aromas e a variação na produtividade da cultura foi de 11,0 a 13,7 t ha⁻¹. No presente trabalho, considerando a densidade de plantas adotada, que foi de 50 mil plantas ha⁻¹, a produtividade alcançada foi de 15 t ha⁻¹ com aplicação de matéria orgânica e 23,1 t ha⁻¹ com adubação convencional.

4.3. Sólidos solúveis, acidez titulável e relação sólidos solúveis/acidez titulável

No experimento em vasos os sólidos solúveis se ajustaram ao modelo de regressão quadrático, com exceção apenas dos tratamentos com nitrogênio sem potássio, que apresentou-se linear, e o valor médio foi de 7,4 °Brix. Nos demais, a tendência dos dados foram predominantemente decrescente. A partir da derivação das equações gerais dos tratamentos sem a participação do potássio, foi observado um discreto aumento nos teores de sólidos solúveis a partir das doses 0,9 g planta⁻¹ de nitrogênio (sólidos solúveis= $7,9 - 3x + 1,6x^2$; $R^2 = 0,53$) e 1,1 g planta⁻¹ de fósforo, mas de modo geral, mesmo com valores

diminuindo com o aumento nas adubações, aqueles tratamentos com potássio foram superiores na maioria das doses.

A tendência dos resultados foi semelhante aos apresentado pelas plantas cultivadas em solo, percebe-se na figura 22 que os sólidos solúveis são acumulados nos frutos a medida que as doses de nitrogênio são menores ao mesmo tempo em que as de fósforo aumentam. Obteve-se com esse comportamento, máximo de 10,47 na escala °Brix. Este tratamento foi inclusive mais eficiente em incrementar sólidos nos frutos que todos do experimento em vaso. Quanto aos tratamentos com insumo orgânico, este foi quantitativamente o mais expressivo nesta variável, chegando a superar os valores obtidos com aplicação de altas doses de fósforo citados a pouco. Aqui, foram obtidos 10,6 °Brix, isto representa 17% mais sólidos nos frutos em relação ao tratamento sem adubação.

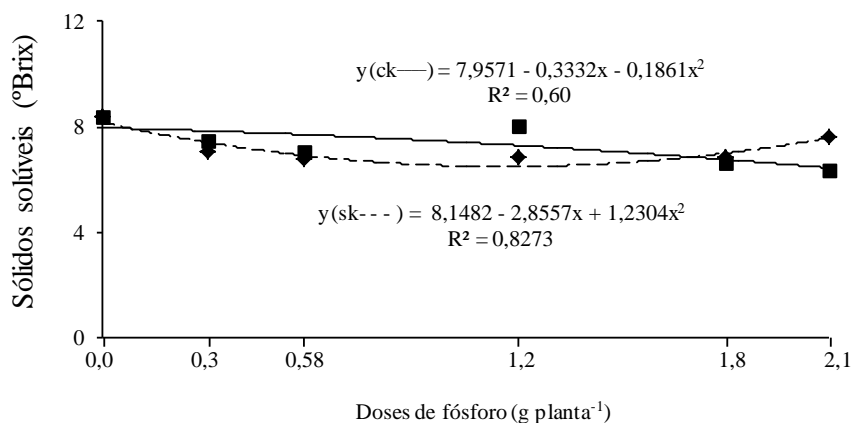


Figura 21: Sólidos solúveis de frutos de morangueiro adubado com doses de nitrogênio e fósforo sem (sk) e com (ck) potássio em vasos de 10 L. CCA – UFPB, Areia, 2013.

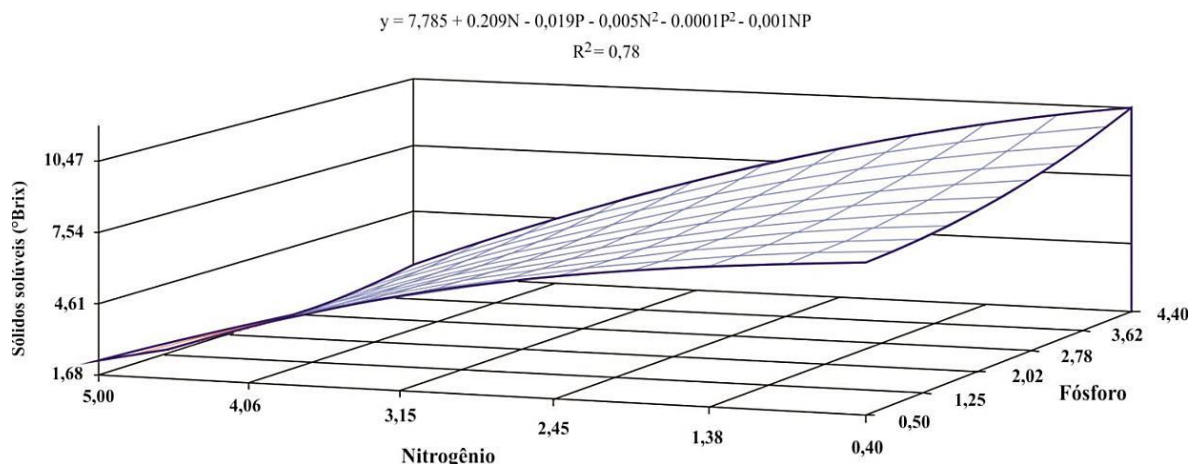
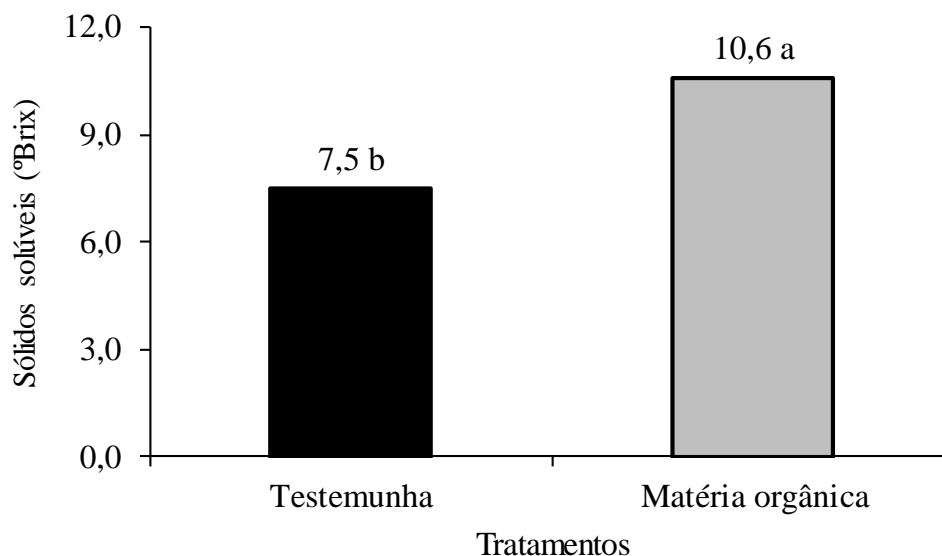


Figura 22: Sólidos solúveis dos frutos do morangueiro adubado com doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 23: Sólidos solúveis de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

A superioridade dos tratamentos que receberam potássio é devido este nutriente atuar em processos bioquímicos responsáveis por incrementar solutos orgânicos no interior celular. Além de aumentar eficiência no uso da água, devido regular a abertura e fechamento dos estômatos, o potássio é notável também pelo seu efeito na translocação dos carboidratos de baixo peso molecular (Rodas et al., 2013), estes que são produzidos nas folhas e direcionados para outros órgãos, incluindo os frutos, elevando os teores de SS nesse órgão (Malavolta et al., 2006; Taiz e Zeiger, 2013).

Os resultados de sólidos solúveis obtidos neste experimento não são muito diferentes dos apresentados por Rodas et al. (2013). Estes avaliaram diferentes níveis de adubação com potássio e nitrogênio aplicados via fertirrigação, e o resultado foi linear em duas doses de nitrogênio (200 e 400 kg ha⁻¹) independentes da adubação com potássio. Os valores obtidos foram 8,45 e 7,90 °Brix para as respectivas doses. Segundo Mitchell et al. (1996) o morango é considerado quimicamente de boa qualidade quando apresenta teor de sólidos solúveis igual ou maior que 7 °Brix.

O alto teor de sólidos solúveis conseguidos com aplicação de fósforo (Figura 21) é devido os frutos serem os drenos preferenciais dos fotoassimilados produzidos no tecido foliar e possuem elevado grau de dependência nutricional, estando assim, atrelado à biossíntese dos açúcares da fotossíntese (Laviola et al., 2007, Taiz e Zeiger, 2013), por isso, este nutriente tem um papel preponderante na frutificação das plantas, e em muitos casos, age como fator

decisivo para a qualidade dos frutos, tal como no teor de sólidos solúveis (Mengel et al., 2001; Epstein e Bloom, 2006).

Não são frequentes trabalhos disponíveis na literatura que pautem o percentual de fósforo aplicado no solo com a relação teor de sólidos solúveis nos frutos. Os trabalhos de Marinho et al. (1970), embora não muito recente, aborda esse tema, porém em cana-de-açúcar. O trabalho foi desenvolvido em solos do Estado de Alagoas e os autores observaram efeitos positivos na concentração de °Brix com o incremento nas doses de fósforo.

A acidez titulável dos frutos do experimento em vãos foi significativa para o modelo de regressão polinomial decrescente nas plantas que receberam adubação fosfatada sem o potássio (Figura 24). Nas plantas que receberam potássio, não foi observado alteração com o aumento das doses de fósforo e foi representado pelo valor médio 7,3% de ácido cítrico. Nos demais casos constatou-se que o aumento nas doses de nitrogênio proporcionou uma resposta decrescente em ambas as situações (com e sem potássio). As equações que expressam este comportamento são: $\text{Ácidez Titulável} = 9,45 - 3,51x + 0,83x^2$ e $R^2 = 0,51$ e $\text{Ác. Tit.} = 9,77 - 1,23x + 0,15x^2$ e $R^2 = 0,49$ respectivamente para ausência e presença de potássio.

Com relação ao experimento em solo, as doses de nitrogênio surtiram efeitos sobre a acidez dos frutos. O percentual de ácidos orgânicos foi reduzido com a presença deste nutriente no solo (Figura 25) sendo os valores obtidos na dose máxima de 5,0 g planta⁻¹ de 6,5%. Isto configura em uma redução a partir da dose 0,0 g planta⁻¹ de nitrogênio de 12,16%. Quanto às doses de fósforo a análise de variância revelou não haver diferença estatística significativa ($P > 0,10$) entre os tratamentos para esta variável. Por outro lado, as plantas tratadas com insumo orgânico foram influenciadas, mas com 7,5% no teor de ácidos orgânicos isso não expressa grandes ganhos em relação aos demais tratamentos (Figura 26).

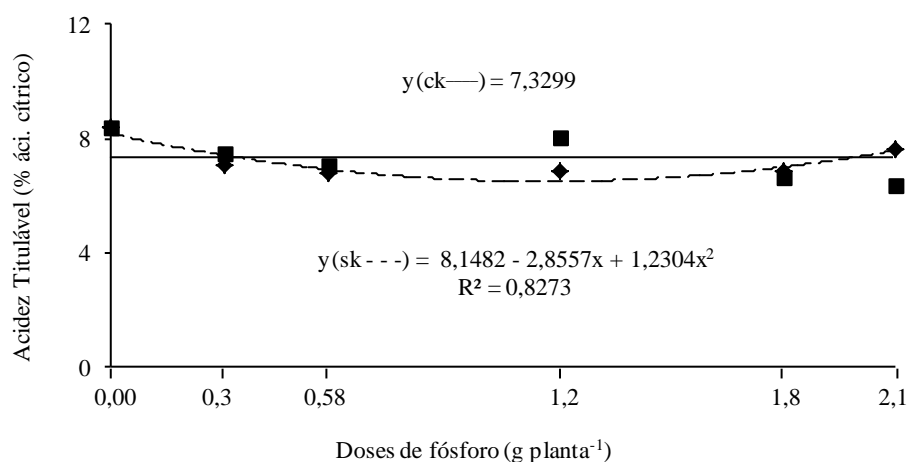


Figura 24: Acidez titulável de frutos de morangueiro submetido a doses de nitrogênio e fósforo sem (sk) e com (ck) em vasos de 10 L. CCA – UFPB, Areia, 2013.

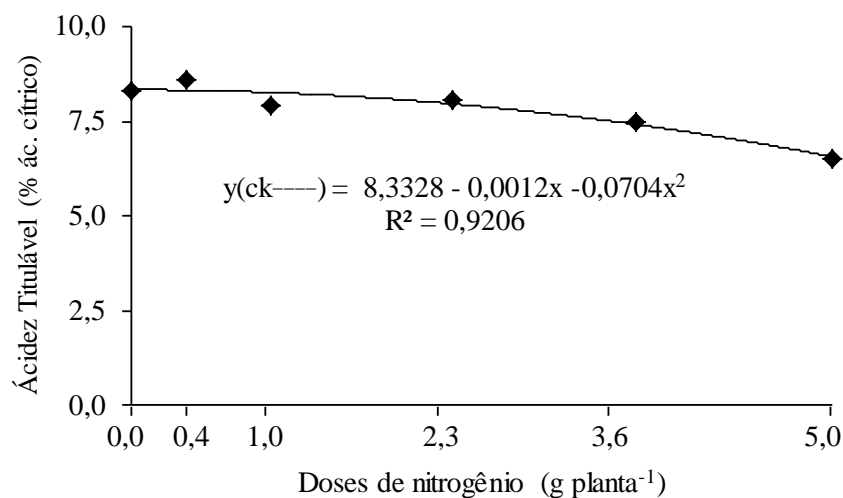
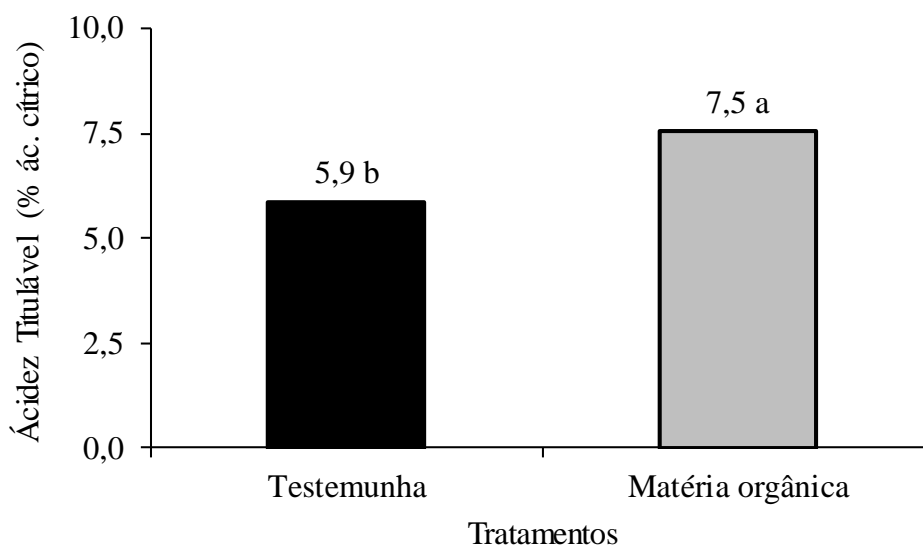


Figura 25: Acidez titulável dos frutos do morangueiro adubado com nitrogênio no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 26: Acidez titulável de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

Com relação às plantas adubadas com fósforo, observa-se que houve decréscimo nos teores de ácidos cítricos no caso das plantas do experimento em vasos, mas essa redução foi contida na presença de potássio, além disso, foi uma redução com menor intensidade em relação àqueles tratamentos com nitrogênio do experimento em solo. Neste caso, a redução nos teores de acidez titulável pode ser em função do maior acúmulo de líquidos nos frutos e do tamanho desse órgão, que acontece por causa das crescentes doses de nitrogênio. É sabido

que o N, em excesso, leva a um crescimento anormal das plantas em detrimento do crescimento radicular e do desenvolvimento dos frutos, com pouca expressividade na sua qualidade (Malavolta et al., 1997; Mengel et al., 2001). Além de estimular a produção excessiva de líquidos nos frutos com consequência na diluição do conteúdo celular e redução do percentual de ácidos orgânicos como o ácido ascórbico e cítrico (Ojeda-Real et al., 2009).

Com base nessas informações, pode-se inferir que os teores de ácidos orgânicos foram reduzidos com o aumento das doses de nitrogênio, mesmo em solos com potássio. Esta situação é consistente com os resultados encontrados por Castellanos-Morales et al. (2012). Os autores registraram redução nos teores de ácidos cítricos dos frutos de morangueiro quando aumentaram as concentrações da solução nutritiva de 6 para 18 mmol L⁻¹ de nitrogênio.

Constatou-se que a relação sólidos solúveis/acidez titulável do experimento em vaso não foi afetado por nenhuma das doses de nitrogênio e de fósforo (Tabela 9), por outro lado, foi verificado que no experimento em solo a variável sofreu efeito da interação entre os nutrientes ($P < 0,5$). Percebe-se que a interação foi positiva com o aumento dos adubos, de modo que, obteve-se os melhores resultados com as doses mais altas, alcançando o valor de 1,50 ao aplicar 5,0 g planta⁻¹ de nitrogênio e 4,0 g planta⁻¹ de fósforo (Figura 27). A aplicação de matéria orgânica diferiu significativamente ($P < 0,1$) do tratamento referência com uma superioridade de 16,5% (Figura 28).

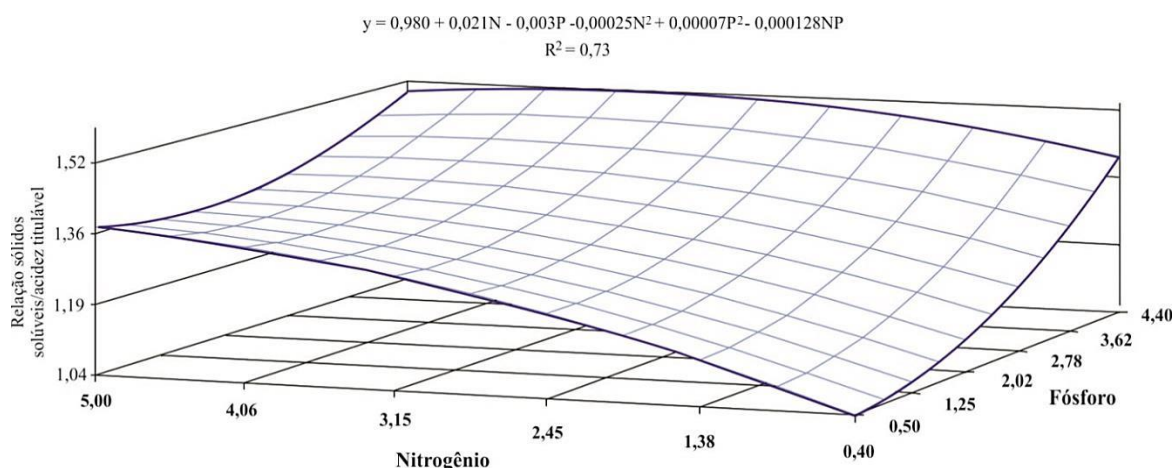
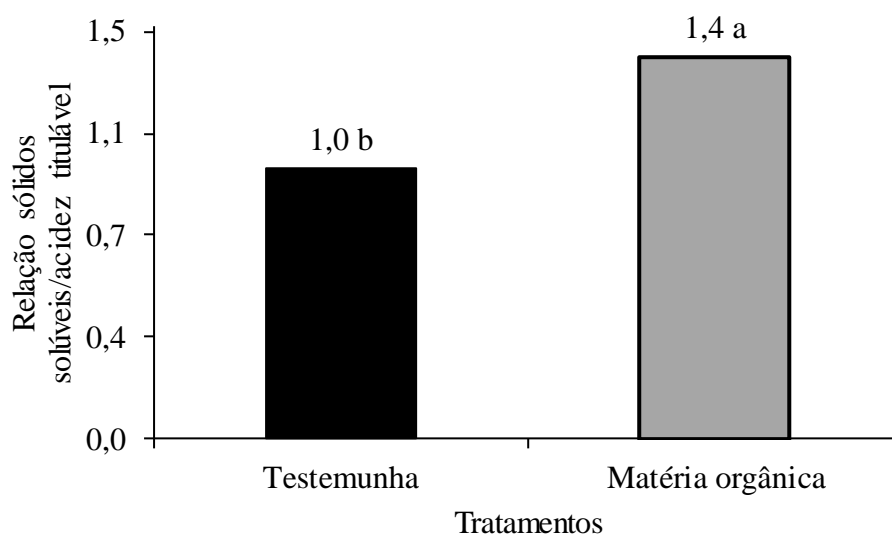


Figura 27: Relação sólidos solúveis/acidez titulável de frutos de morangueiro adubado com doses de nitrogênio e fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 28: Relação sólidos solúveis/acidez titulável de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

A relação sólidos solúveis/acidez titulável é o indicador utilizado para determinar o estágio de maturação, determinando o balanço do sabor doce:ácido (Couto e Canniatti-Brazaca, 2010). Segundo Soares et al. (2010) a relação entre o °Brix e a acidez titulável constitui uma forma de avaliar a receptividade decorrente do sabor dos frutos melhor do que os seus teores de açúcares e de acidez, medidos isoladamente.

Os resultados apresentados no presente experimento, foram superiores aos de Andriolo et al. (2010) que encontrou uma média na relação de 0,70 em frutos de morango. Contudo, apesar dos resultados terem sido influenciados positivamente pelas doses de nitrogênio, fósforo e pela matéria orgânica, os valores estão muito abaixo aos apresentados pela maioria dos autores. Silva (2011) avaliou 11 cultivares de morangueiro adubado com biofertilizante vegetal, das quais, apenas duas cultivares apresentaram valores abaixo do índice considerado o limite para comercialização, que é de 8,75 (Kader, 1991), sendo de 5,17 e 5,93, para Toyonoka e Tudla-Milsei respectivamente.

Os altos teores de fósforo nativo do solo (Tabela 1) seguidos da aplicação de doses do adubo fosfatado ou do adubo orgânico podem ser a principal causa dos baixos valores da relação sólidos solúveis/acidez titulável apresentados no presente experimento. O fosforo em excesso exerce um antagonismo sobre elementos como Fe, Mn, Zn ou Cu (Choi e Lee, 2012), mas principalmente, pode reduzir os teores de potássio nos frutos. Este é um nutriente responsável por melhorar os teores de sólidos solúveis totais (Malavolta et al., 1996).

A redução citada é devido o maior requerimento fisiológico pelo nutriente. Essa afirmação encontra respaldo nos resultados de Maia et al. (2003), o qual observou redução linear nos teores de potássio de frutos de bananeira ao aplicarem doses crescentes de fósforo no solo como tratamentos. Sendo assim, os resultados desta variável sugerem que devem ser tomadas precauções no manejo da adubação do morangueiro. Doses excessivas de adubação fosfatada podem provocar consequências negativas semelhantes aos observados nesse experimento.

4.4. Taxa de fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂ e eficiência instantânea de carboxilação

A taxa fotossintética líquida das plantas cultivadas em solo foi afetada pelas doses de nitrogênio ajustando-se ao modelo de regressão linear e crescente. Estimou-se, a partir da equação geral da reta a proporção entre as doses de nitrogênio e o incremento na taxa fotossintética líquida, que foi de $0,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para cada unidade associada ao eixo das abscissas. Assim, até a dose de $5,0 \text{ g planta}^{-1}$ o valor máximo alcançado foi de $9,2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 29). No caso das plantas cultivadas em vaso, não foram encontrados qualquer efeito significativo dos tratamentos nesta variável, com média observada de $7,63 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Na figura 30, ainda referente ao experimento em solo, observa-se que as plantas que receberam insumo orgânico foram muito superiores àquelas que não receberam nenhum tipo de adubação. Este tratamento foi superior inclusive aos tratamentos com adubação nitrogenada. O valor de 11,4 observado é pouco mais de 46% maior que o tratamento de referência e 11% maior em relação aos tratamentos com adubação nitrogenada.

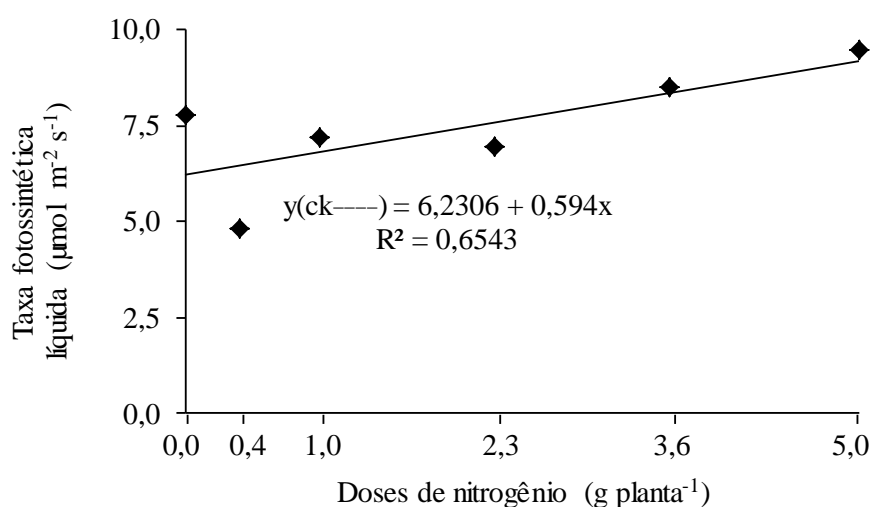
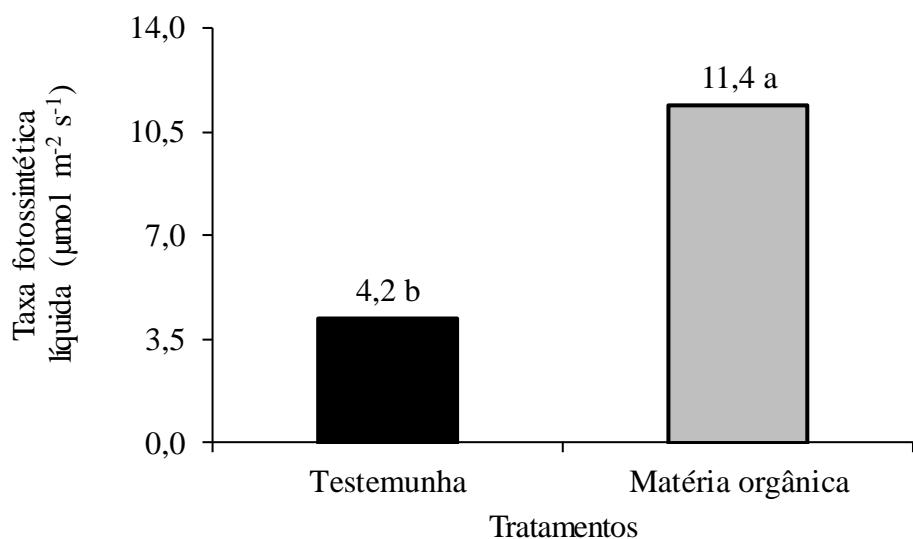


Figura 29: Taxa de fotossíntese líquida do morangueiro adubado com nitrogênio no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 30: Taxa de fotossíntese líquida de morangueiro com e sem insumo orgânico. CCA – UFPB, Areia, 2015.

Devido o nitrogênio fazer parte dos principais componentes do sistema fotossintético, tais como teor de clorofila e enzimas responsáveis por intermediar a fixação do carbono, como ribulose 1,5 bisfosfato (RubisCO) e fosfoenolpiruvato (PEPcase) (Raven e Smith, 1976; Taiz e Zeiger, 2013), há quase sempre uma forte associação entre a taxa fotossintética e a concentração de nitrogênio foliar. Este nutriente em níveis adequados na planta, naturalmente proporciona efeitos positivos sobre a taxa fotossintética líquida, que em termos gerais, corresponde à assimilação de carbono atmosférico (Mengel et al., 2001). Os resultados são semelhantes aos observado por Sinclair e Horie (1989). Os autores mostraram que a taxa máxima de fotossíntese em arroz, sob condições de saturação de luz, aumentava linearmente com o teor de nitrogênio foliar.

A transpiração das plantas foi significativamente afetada pelas doses de nitrogênio e fósforo, de modo que a interação entre estes nutrientes foi positiva. Nota-se na figura 31, referente ao trabalho em solo, que doses crescentes desses macronutrientes promovem aumento na taxa de transpiração. O maior valor alcançados foi de $8,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ com aplicação de 5,0 e 4,40 g planta de nitrogênio e fósforo respectivamente. No experimento em vasos não foi observado em nenhum dos tratamentos, diferenças estatística (Tabela 11).

Com relação à adubação com insumo orgânico, nota-se que quantitativamente este tratamento, apesar de superar em $1,0 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ o tratamento testemunha (Figura 32), não foi suficiente para diferir estatisticamente deste, além disso, ficou bem abaixo dos tratamentos

com adubação nitrogenada e fosfatada. Obteve-se $3,7 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, isso representa uma taxa de transpiração de 43,5% a menos em relação ao máximo alcançado pelos demais mostrados na figura 31.

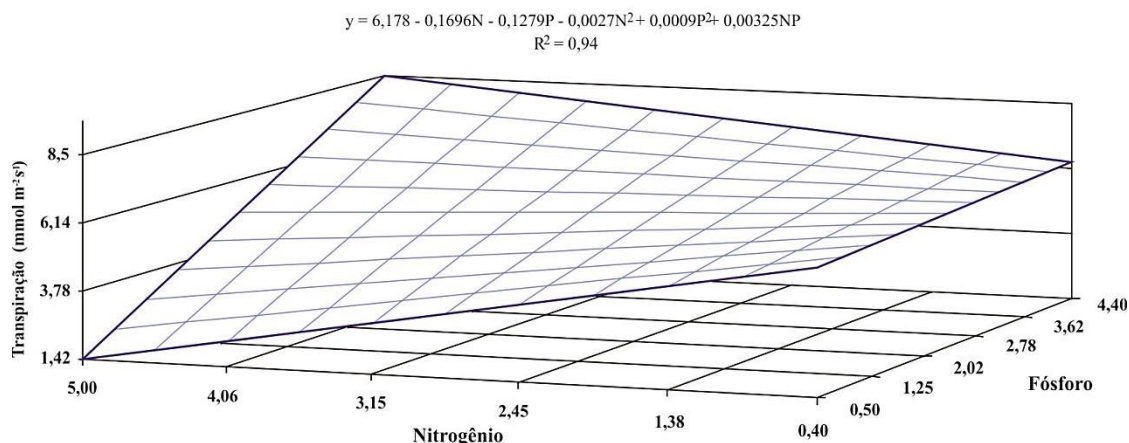
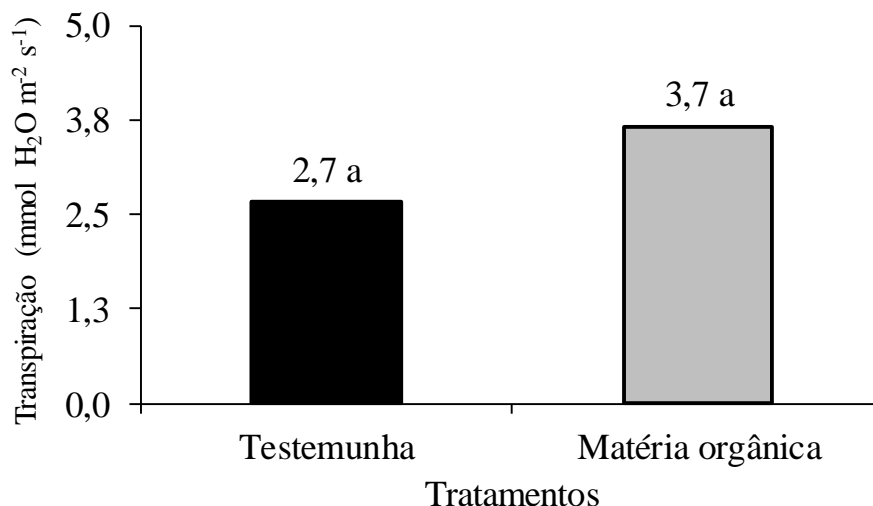


Figura 31: Transpiração do morangueiro adubado com nitrogênio (N) e fósforo (P) no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas das mesmas letras são iguais entre si pelo teste F a 10% de probabilidade.

Figura 32: Transpiração de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

O nitrogênio é responsável pelo crescimento e desenvolvimento celular, faz parte de compostos do metabolismo, como a clorofila e os alcalóides, bem como de muitos hormônios e enzimas. O fósforo age na respiração e na produção de energia. Age na divisão das células, intensificando-a, entra na composição de algumas substâncias de reserva como o amido (Malavolta, 2006; Epstein e Bloom, 2006; Taiz e Zeiger, 2013). Por esse motivo, admite-se que a maior biomassa vegetal, proporcionada pela combinação de nitrogênio e fósforo

proporcionou aumento na atividade assimiladora e na síntese de carbono, ou seja, maior ganho de carbono por unidade de água transpirada, consequentemente, promoveu o aumento da respiração das plantas, neste caso, avaliado pela transpiração (Carvalho et al., 1999).

Este fato indica que ocorre aumento na eficiência de uso do nitrogênio pela planta com a participação do fósforo, ratificando a importância não só da adubação nitrogenada para a manutenção e produtividade das plantas de morangueiro, mas também a adubação fosfatada. Pesquisas de Cruz et al. (2007) tem corroborado com estes resultados. Os autores constataram uma redução na taxa fotossintética das plantas de mamoeiro “golden” cultivadas sob deficiência de nitrogênio. Essa redução foi devido a à redução da condutância do mesófilo.

O comportamento dos dados da condutância estomática foi similar ao da transpiração. Aqui percebe-se que também foram adquiridos valores maiores com maiores dosagens de nitrogênio e fósforo (Figura 34). A partir da aplicação de doses máximas dos macronutrientes avaliados, obteve-se até $0,362 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Da mesma forma que as demais variáveis de aferição de trocas gasosas (taxa de fotossíntese líquida e transpiração), os tratamentos da condutância estomática do experimento em vasos não se mostraram diferentes a 10% de probabilidade estatística. Neste, a média obtida foi $0,16 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Os resultados mostrados na figura 34, referente ao tratamento com insumo orgânico, não seguiram a tendência daqueles mostrados na figura 31. Aqui, os valores apresentaram diferenças estatísticas significativas. Nota-se que o insumo orgânico promoveu expressivo ganho em relação ao tratamento sem o insumo. Com $0,16 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, este valor assemelha-se àquele tratamento do experimento em vasos, os quais a média apresentada foi também $0,16 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

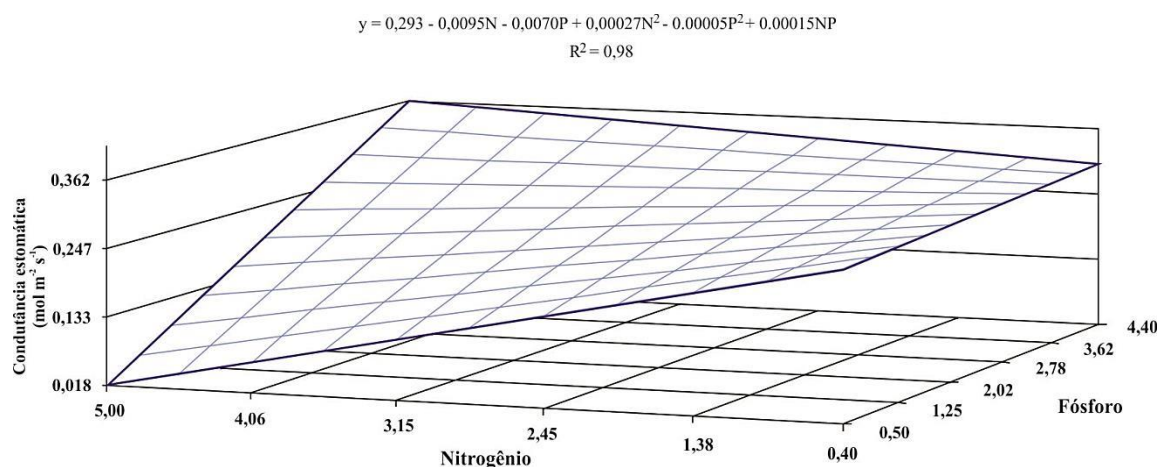
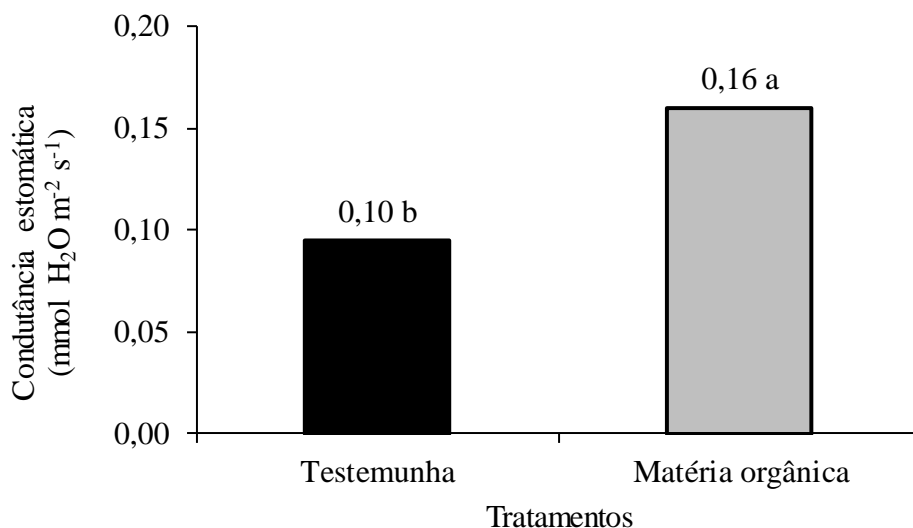


Figura 33: Condutância estomática de morangueiro adubado com nitrogênio e fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 34: Condutância estomática de morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

A troca gasosa entre a o mesofilo e a atmosfera depende da capacidade de condução das partículas gasosas pelos estômatos, por isso, a condutância estomática é em função e segue a tendência da fotossíntese, e mais diretamente da transpiração (Raven, 1979; Deng e Woodward, 1998). Dessa forma um aumento na condutância estomática frequentemente leva a um aumento nessas duas variáveis. Fato corroborado por Oliveira e Carvalho (2010) em que a condutância estomática nas folhas de *Neea macrophylla* estabeleceu uma alta dependência com a fotossíntese de modo que o aumento na condutância estomática refletiu diretamente sobre a atividade fotossintética.

Como apresentado a pouco, as plantas cultivadas em vaso não apresentaram diferença entre os tratamentos aplicados, em nenhuma das variáveis de trocas gasosas estudadas. Supostamente a cobertura utilizada sobre as plantas para retenção de 50% da radiação solar deve ter influenciado este parâmetro. A eficiência nas trocas gasosas do dossel vegetal varia com o ambiente luminoso. Fatores climáticos como a luz e temperatura, são alguns componentes do meio que influenciam de maneira decisiva. Portanto, o suprimento inadequado de um desses componentes pode limitar o seu desenvolvimento (Mengel, 2001; Lima Jr. et al., 2006).

Tal fenômeno pode ser explicado pela elevação no índice de área foliar num primeiro momento contribuindo para o aumento na fotossíntese do dossel, apesar da redução na capacidade fotossintética de folhas individuais subsequentes (Woledge, 1973). No segundo momento, o sombreamento mútuo reduz a fotossíntese líquida do dossel. Trabalhos de Lima

Jr. et al. (2006) mostraram que as plantas cultivadas sob 50 e 70% de sombreamento apresentaram menores taxas de fotossíntese líquida quando comparadas com os demais tratamentos avaliados e plantas submetidas a 70% de sombreamento foram as que exibiram menor condutância estomática em relação às cultivadas sob maiores intensidades luminosas.

Os resultados da análise de variância das plantas cultivadas em vasos mostraram que não houve diferença estatística ($P > 0,1$) entre os tratamentos da variável Concentração interna de CO_2 . O valor médio foi de $263,94 \mu\text{mol mol}^{-1}$. Nas plantas cultivadas em solo a variável foi influenciada apenas pelas doses de fósforo. Neste, como mostra a figura 35, os dados seguiram uma tendência linear decrescente e houve uma perda na concentração interna de CO_2 de 4,8%, isso representa $25,8 \mu\text{mol mol}^{-1}$. As plantas que tiveram a maior concentração interna de CO_2 foram aquelas que não receberam nenhum tipo de adubo (Figura 36). Neste, o valor apresentado foi de $304,5 \mu\text{mol mol}^{-1}$ a $51 \mu\text{mol mol}^{-1}$ a mais em relação àquelas que receberam matéria orgânica.

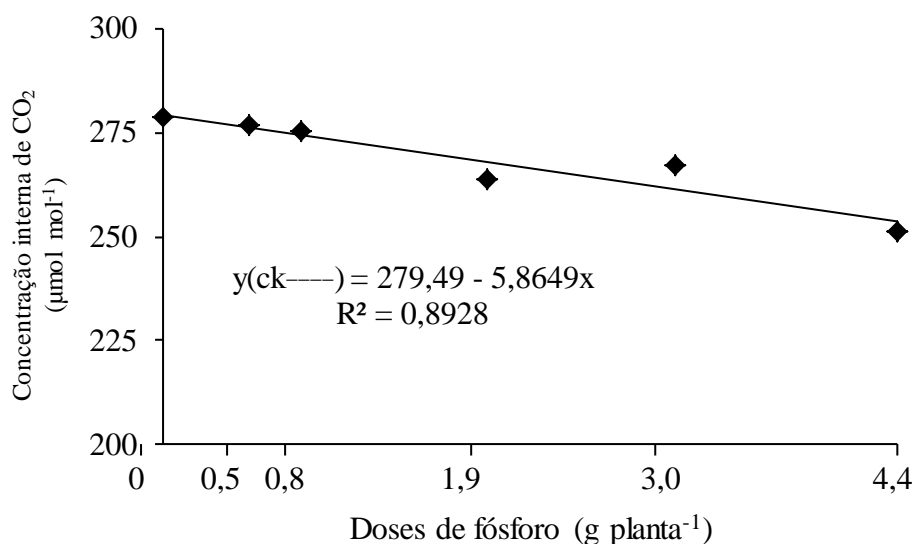
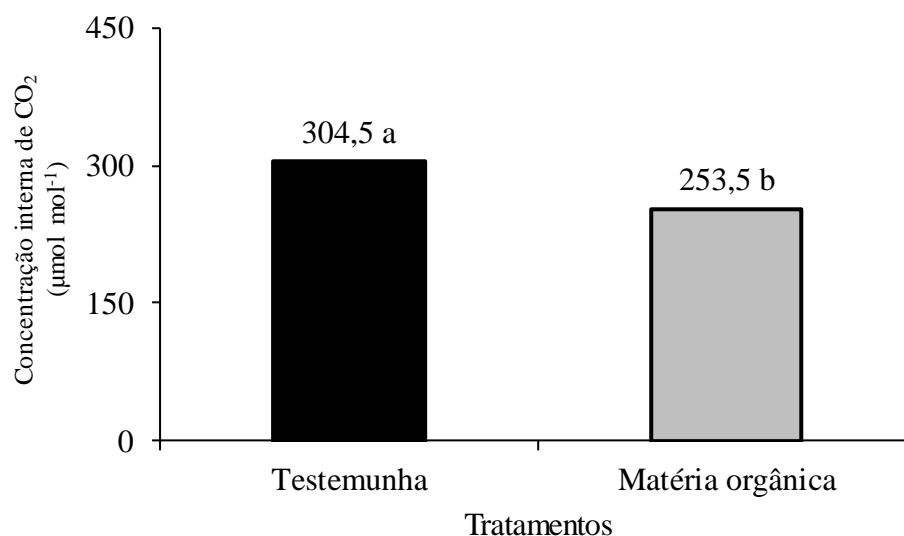


Figura 35: Concentração interna de CO_2 de morangueiro adubado com fósforo no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 36: Concentração interna de CO₂ morangueiro com e sem insumo orgânico no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.

Provavelmente, as plantas do experimento em vasos tiveram influência da variável condutância estomática e manteve o mesmo comportamento, já que o processo de abertura e fechamento dos estômatos controla a absorção de CO₂ (Costa e Marengo, 2007). No experimento em solo, a redução nos valores sugere que uma maior demanda de CO₂ para tender as atividades fotoquímicas (Mengel, et al., 2001). Como o fósforo é um elemento-chave das vias metabólicas, especialmente como fornecedor de energia na forma de adenosina trifosfato (ATP), é presumível que o CO₂ foi quantitativamente melhor aproveitado pela Ribulose Bifosfato Carboxilase na fase fotoquímica da fotossíntese (Oliveira e Carvalho, 2010).

Essas afirmações também são válidas para as plantas adubadas com o insumo orgânico, isto é, a concentração interna de CO₂ foi menor em relação à testemunha devido os nutrientes da matéria orgânica ter estimulado positivamente os processos fotoquímicos. Quando isso ocorre, como já explicado, há um requerimento maior por carbono, para redução de açúcares (Lehninger et al., 2011). Estudos de Kuwahara e Souza (2009) mostraram que o fósforo contribuiu no melhoramento da fotossíntese e consequentemente com a recuperação de plantas de *Brachiaria brizantha* submetidas ao estresse hídrico, mas a retomada das taxas fotossintéticas aumentou o consumo de CO₂ e diminuiu sua concentração no interior da planta.

A eficiência instantânea de carboxilação não foi influenciada pelos tratamentos do experimento em vasos, o qual apresentou média de $0,032 [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$, mas foi beneficiada com as adubações nitrogenadas do experimento em solo. Neste, as doses ajustaram-se ao modelo de regressão linear. O valor observado com aplicação de 5,0 g de nitrogênio por planta foi de $0,037 [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$ (Figura 37). Registrou-se também, alterações na eficiência instantânea de carboxilação das plantas tratadas com insumo orgânico (Figura 38). Neste caso, nota-se forte influência da matéria orgânica em relação às plantas sem o insumo, com superioridade maior que 50%, sendo inclusive, mais elevado que o tratamento com 5,0 g de nitrogênio por planta.

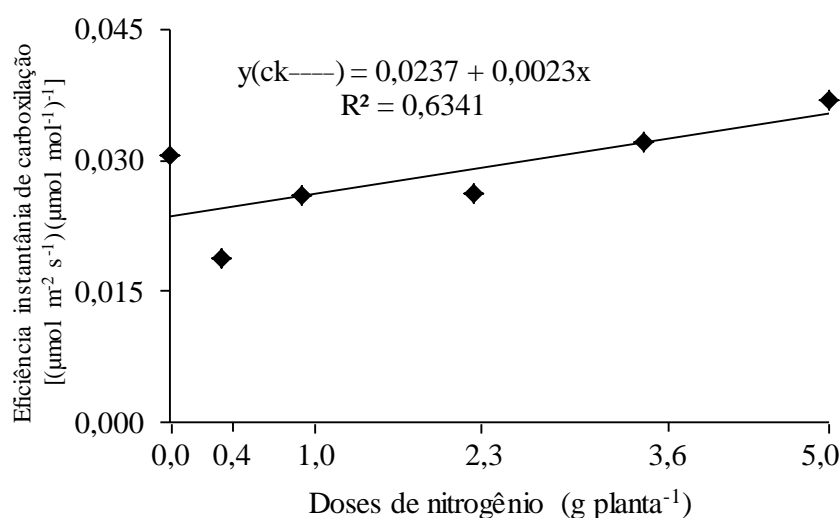
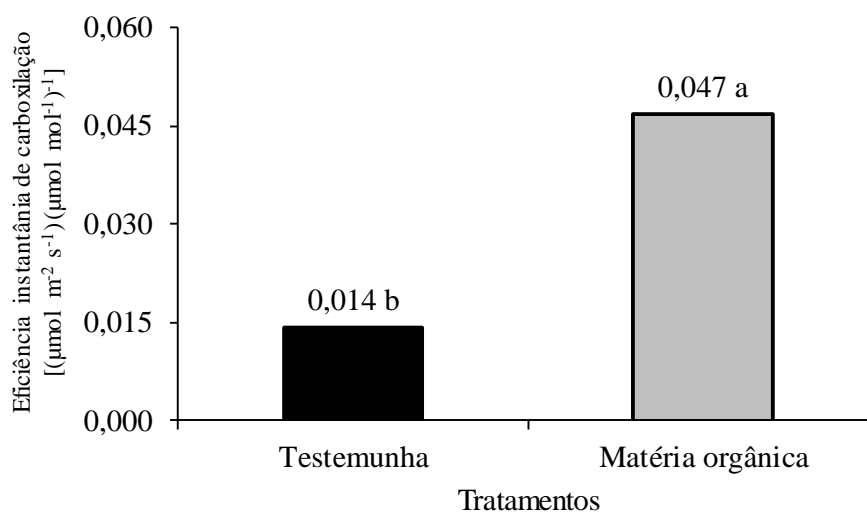


Figura 37: Eficiência instantânea de carboxilação de morangueiro adubado com nitrogênio no solo. CCA – UFPB, Areia, 2015.



Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade.

Figura 38: Eficiência instantânea de carboxilação em plantas de morangueiro com e sem insumo orgânico. CCA – UFPB, Areia, 2015.

A eficiência instantânea de carboxilação é muito influenciada pelo nitrogênio, visto que o aumento da adubação nitrogenada estimula o crescimento vegetativo da planta, sendo assim, promove maior atividade da fotossíntese devido ao aumento da expansão foliar (Almeida et al., 2006). A eficiência instantânea de carboxilação é, portanto, função da presença de nitrogênio, visto que, há uma maior biossíntese de componentes fotossintéticos dos quais ele é constituinte, como a enzima Rubisco e a molécula de clorofila (Epstein e Bloom, 2006; Lehninger et al., 2011). Resultados semelhantes foram observado também em plantas de café (*Coffea canephora*), onde as diferenças nos níveis foliares de nitrogênio refletiram em diferenças na capacidade fotossintética na medida em que maiores níveis traduziram-se em incrementos nos valores (Matta et al., 1996).

Quanto aos tratamentos da figura 39, os resultados demonstram que a inserção de matéria orgânica no solo é importante para o aumento da eficiência instantânea de carboxilação. Isso pode ser parcialmente explicado devido o insumo favorecer o solo nos aspectos físicos e de fertilidade (Malavolta, 2006). Esses resultados concordam com os obtidos por Gondim et al. (2015). Os autores submeteram plantas de beterraba (*Beta vulgaris* L.) a doses de esterco bovino e concluíram que o insumo promoveu melhorias consideráveis na maioria das variáveis testadas, entre as quais, aquelas relacionadas à trocas gasosas.

5. CONCLUSÕES

1. No vaso plástico, as doses de $0,8 \text{ g planta}^{-1}$ de nitrogênio e $2,1 \text{ g planta}^{-1}$ de fósforo proporcionaram melhorias na maioria das variáveis analisadas. O potássio favoreceu mais a adubação nitrogenada que a fosfatada.
2. No solo, as variáveis foram mais beneficiadas com a dose de $5,0 \text{ g planta}^{-1}$ de nitrogênio e $4,4 \text{ g planta}^{-1}$ de fósforo.
- 3 Com exceção da transpiração, o composto orgânico curtido aumentou os valores das variáveis em no mínimo 12% em relação ao tratamento testemunha.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3 ed. São Paulo: ANDA, 1998, 35p.

ALMEIDA, L. P.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V.; Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, v.34, p.83 – 88, 2004.

ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D. S.; SCHMITT, O. J.; PICIO, M. D.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, v. 40, n.2, p.267 - 272, 2010.

ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C. Caracterização da produção de morangos no Brasil. **Fruticultura**, v. 69, p. 60-65, 2007.

BALDIN, T.; CONTE, B.; DENARDI, D.; MORAES, R.; SALDANHA, C. W. Crescimento de mudas de angico-vermelho em diferentes volumes de substratos. **Pesquisa florestal brasileira**, v.35, n.82, p.129-133, 2015.

BANAEIAN, N.; OMID, M.; AHMADI, H. Application of Data Envelopment Analysis to Evaluate Efficiency of Commercial Greenhouse Strawberry. *Research Journal of Applied Sciences*, **Engineering and Technology**, v. 3, n.3, p. 185-193, 2011.

CALVETE, E. O.; NIENOW, a. a.; WESP, c. l.; CESTONARO, c.; MARIANI, F.; FIOREZE, I.; CECCHETTI, D.; CASTILHOS, T. Produção hidropônica de morangueiro em sistema de colunas verticais, sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 29, n. 3, p. 524-529, 2007.

CAMARGO, C. K.; RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, L. K. P.; FIGUEIREDO, A. S. T.; ZANIN, D. S. Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica e com pó de basalto no plantio. **Semina**, v.33, n.1, p. 2985-2994, 2012.

CARMO, E. L. **Efeitos do teor de fósforo no solo e da adubação fosfatada nas propriedades funcionais de amidos de cultivares de batata**. Botucatu: UNESP, 2014. 111 p. Tese Doutorado.

CASTELLANOS-MORALES, V.; VILLEGAS-MORENO, J.; VIERHEILIG, H.; CÁRDENAS-NAVARRO, R. Nitrogen availability drives the effect of Glomus intraradices on the growth of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) plants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, p.2260-2264, 2012.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, p.551 - 560, 2009.

CHOI, J. M.; LATIGUI, A.; LEE, C. W. Visual Symptom and Tissue Nutrient Contents in Dry Matter and Petiole Sap for Diagnostic Criteria of Phosphorus Nutrition for ‘Seolhyang’ Strawberry Cultivation. **Horticulture Environmental and Biotechnology**, v. 54, n. 1, p. 52-57, 2013.

CHOI, J. M.; LEE, C. W. Influence of elevated phosphorus levels in nutrient solution on micronutrient uptake and deficiency symptom development in strawberry cultured with fertigation system. **Journal of Plant Nutrition**, v. 35, p.1349–1358, 2012.

COCCO, C. **Qualidade fisiológica das mudas na produção de frutas do morangueiro**. Santa Maria, 2010, 48 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2010.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de Andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazônica**, v. 37, p. 229 - 234, 2007.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; CARVALHO, J. E. B.; SOUZA FILHO, L. F. S.; QUEIROZ, D. C. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro “Golden”. **Ciência Rural**, v.37, n.1, p.64-71, 2007.

DANTAS, D. F. S.; OLIVEIRA, A. P.; DANTAS, T. A. G.; BANDEIRA, N. V. S.; GOMES NETO, A. D. Produção do inhame adubado com doses de nitrogênio e esterco bovino. **Semina**, v. 34, p.3389-3396, 2013.

DENG, X.; WOODWARD, F.I. The growth and yield responses of *Fragaria ananassa* to elevated CO₂ and nitrogênio Supply. **Annals of Botany**, v.81, p.67-71, 1998.

DINIZ, M. B. V. S.; MESQUITA, E. F.; SÁ, F. V. S.; PAIVA, E. P.; DINIZ, J. F. V.; SUASSUNA, C. F. Crescimento de porta-enxertos de goiabeira influenciado por doses de biofertilizante, tipo e volume de substrato. **Científica**, v.43, n.2, p.165-178, 2015.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2011. 627 p.

EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. **Morango: conquistando novas fronteiras**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, 2007.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCHMTIZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. especial, p. 109-120, 2011.

FERREIRA, E.; BARRIGOSSI, J. A. F. **Insetos Orizívoros da Parte Subterrânea**. 1º ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 52 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV. 2007, 421 p.

GOMES, F. CANHOTO, J. M. Micropropagation of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) from adult plants. **In Vitro Cellular and Developmental Biology of Plant**, v.45, n. 1, pp 72-82, 2009.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; MERENGONI, N. G.; CARVAHO, E. A.; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência Agrotécnica**, v.34, p.660-666, 2010.

GONDIM, A. R. O.; SANTOS, J. L. G.; LIRA, R. P.; BRITO, M. E. B.; PEREIRA, F. H. F. Atividade fotossintética da beterraba submetidas a adubação mineral e esterco bovino. **Revista Verde**, v. 10, p. 61 - 65, 2015.

HUMMER, K. E.; HANCOCK, J. Strawberry Genomics: Botanical History, Cultivation, traditional Breeding, and New technologies. **Genetics and Genomics of Rosaceae**, v. 6, p. 413-435, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985.

JINGGUO, W.; BAKKEN, L.R. Competition for nitrogen during mineralization of plant residues in soil: microbial response to C and nitrogen availability. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.163-170, 1997.

KADER, A. A. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberries. In: DALE, A., LUBY, J. J. (eds.), **The Strawberry into the 21st century**. Portland: Timber Press, p. 145-152, 1991.

KIRSCHBAUM, D. S.; LARSON, K. D.; WEINBAUM, S. A.; DEJONG, T. M. Late-season nitrogen applications in high-latitude strawberry nurseries improve transplant production pattern in warm regions. **African Journal of Biotechnology**, vol. 9, n. 7, p. 1001-1007, 2010.

KUWAHARA, F. A.; SOUZA, G. M. Fósforo como possível mitigador dos efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória 5. **Acta Scientiarum**, v. 31, p. 261-267, 2009.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. M. P; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M.; PAULA NETO, A. Assimilates allocation in fruits and leaves of coffee plants cultivated in two altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, n.11, 2007.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim-mombaça. **Boletim de Indústria animal**, N. Odessa, v.59, p.101-114, 2002.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 5. ed., Porto Alegre: ARTMED, 2011, 1273 p.

LI, H.; LI, T.; FU, G.; HU, K. How strawberry plants cope with limited phosphorus supply: Nursery-crop formation and phosphorus and nitrogen uptake dynamics. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 177, p. 260–270, 2014.

LI, H.; LI, T.; FU, G.; KATULANDA, P. Induced leaf intercellular CO₂, photosynthesis, potassium and nitrate retention and strawberry early fruit formation under macronutrient limitation. **Photosynthesis Research**, v. 115, p.101–114, 2013.

LIMA JR., E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; RODRIGUES, J. P.; BARBOSA, A. D. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.33-41, 2006.

LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; TORRES, H. N.; POZZA, A. A. A.; SALGADO, M.; PFENNING, L. H. Relação nitrogênio/potássio com mancha de Phoma e nutrição de mudas de cafeeiro em solução nutritiva. **Tropical Plant Pathology**, v.35, p.223-228, 2010.

MAIA, V. M.; SALOMÃO, L. C.; CANTARUTTI, R. B.; VENEGAS, V. H. A. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o acúmulo de macronutrientes e a suscetibilidade da banana ‘prata anã’ ao dano mecânico. **Revista Ceres**, v. 50, p. 753-765, 2003.

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

MARINHO, M. L. **Influência do fósforo e sesquióxidos livres na absorção de Zn por milho em solos tropicais**. Costa Rica: Inst. Interambio de Ciencias Agrícolas da OEA. 1970, 107 p. Dissertação mestrado.

MATTA, F. M.; LOOS, R.; DUCATTI, C.; SILVA, E. A.; LOUREIRO, M. E. Efeitos do nitrogênio e do déficit hídrico sobre as trocas gasosas, composição isotópica do carbono e emissão de fluorescência em *coffea canephora*. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 1., 2000, Vitória. **Anais...**Pelotas: Embrapa Café, 2000, 1487 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A.; KOSEGARTEN, H.; APPEL, T. **Principles of Plant Nutrition**. 5 ed. Inst. Potash Institute: Springer Netherlands, 2001, 849 p.

MITCHELL, F. G.; MITCHAM, E.; THOMPSON, J. E; WELCH, N. **Handling strawberries for fresh market**. Oakland: University of California, 1996, 14p.

MULUMBA, L. N.; LALL, R. Mulching effects on selected soil physical properties. **Soil and Tillage Research**, v.98, p.106–111, 2008.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, Logan, v.25, p.239 - 250, 2002.

NAM, M. H.; JEONG, S. K.; LEE, Y. S.; CHOI, J. M.; KIM, H. G. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose. **Plant Pathology**, v.55, p.246–249, 2006.

- OJEDA-REAL, L. A.; LOBIT, P.; CÁRDENAS-NAVARRO, R.; GRAGEDA-CABRERA, O.; FARIÁS-RODRÍGUEZ, R.; VALENCIA-CANTERO, E.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. *Aromas*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.89, p.935–939, 2009.
- OLIVEIRA, C. S.; COCCO, C.; ANDRIOLO, J. L.; BISOGNIN, D. A.; ERPEN, L.; FRANQUEZ, G. G. Produção e qualidade de propágulos de morangueiro em diferentes concentrações de nitrogênio no cultivo sem solo. **Revista Ceres**, v. 57, n.4, p. 554-559, 2010.
- OLIVEIRA, P. C.; CARVALHO, C. J. R. Respostas ecofisiológicas por espécies arbóreas acumuladoras de fósforo na Amazônia. **Holos**, v. 1, p. 03-21, 2010.
- OURIVES, O. E. A.; SOUZA, G. A.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, p. 126-132, 2010.
- PARIKKA, P.; TUOVINEN, T. Plant Protection Challenges in Strawberry Production in Northern Europe. **Acta Horticulture**, v. 1049, p. 173-180, 2014.
- PASQUINI, S. C.; SANTIAGO. Nutrients limit photosynthesis in seedlings of a lowland tropical Forest tree species. **Oecologia**, v. 168, p. 311-319, 2012.
- PEREIRA JÚNIOR, L. R.; OLIVEIRA, A. P.; GAMA, J. S. N.; CAMPOS, V. B.; PRAZERES, S. S. Parcelamento do esterco bovino na produção de batata-doce. **Revista Verde**, v.3, p.12- 16, 2008.
- PEREIRA, I. S.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A.; ANTUNES, L. E. C. Crescimento vegetativo e qualidade dos frutos da amoreira-preta em resposta a doses de nitrogênio e potássio. In: Simpósio Nacional do Morango, 6.; Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 5., 2012, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 231p.
- PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, v. 133, p.670–681, 2008.
- POTASH e PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. Piracicaba, POTAFOS, 1990. 45 p.
- RAO, E. V. S. P.; PUTTANNA, K.; RAO, R. S. G.; RAMESH, S. Nitrogen and potassium nutrition of French basil (*Ocimum basilicum* Linn.). **Journal of Spices and Aromatic Crops**, v. 16, n. 2, p. 99–105, 2007.
- RAVEN, J. A.; SMITH, F. A. Nitrogen. Assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. **New Phytologist**, v. 76, p. 415-431, 1976.
- REIS, K. C.; SINQUEIR, H. H.; ALVES, A. P.; SILVA, J. D.; LIMA, L. C.O. REIS, K. C. dos et al. Efeito de diferentes sanificantes sobre a qualidade de morango cv. Oso Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 196-202, 2008.

RODAS, C. L. **Nitrogênio e potássio via fertirrigação na produção do morangueiro**. Lavras: UFLA, 2011, 104 p. Tese Doutorado.

RODAS, C. L.; SILVA, I. P.; COELHO, V. A. T.; FERREIRA, D. M. G.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. **Idesia**, v. 31, n. 1, p. 53 – 58, 2013.

RODRIGUES, A. C.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, A. P.; SOUSA, J. T.; MESQUITA, F. O. Produção e nutrição mineral do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante supermagro e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.117–124, 2009.

SAS. **SAS/STAT 9.3 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2011, 8621p.

SILVA, M. C. L.; VILANOVA, D. J.; LYRA FILHO, H. P.; LEDERMAN, I. E. **A produção de morangos: diversificação e renda para as serras úmidas de Pernambuco**. In: 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, Brasília, 2004. Anais... Horticultura Brasileira, Brasília, v. 22, n. 2, p. 471, 2004.

SILVA, T. P. **Características produtivas e físico-químicas de frutos de morangueiro orgânico cultivado com o uso de extrato de algas**. Curitiba, 2011, 121f. Dissertação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

SINCLAIR, T. R.; HORIE, T. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. **Crop Science** v.29, p.90-98, 1989.

SOARES, E. B.; GOMES, R. L. F.; CARNEIRO, J. G. M.; NASCIMENTO, F. N.; SILVA, I. C. V.; COSTA, J. C. L. Caracterização física e química de frutos de cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 518-519, 2006.

SOUZA, G. G.; VIANA, T. V. A.; PEREIRA, E. D.; ALBUQUERQUE, A; H. P.; MARINHO, A. B.; AZEVEDO, B. M. Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral Cearense. **Bragantia**, v. 73, n. 1, p.39-44, 2014.

SPECHT, S. **O território do morango no Vale do Caí — RS: análise pela perspectiva dos sistemas agroalimentares localizados**. Porto Alegre, 2009, 317 f. Tese (doutorado em desenvolvimento rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed. 2013, 918 p.

TEIXEIRA, C. P. **Produção de mudas e frutos de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo**. Lavras: UFLA, 2011. 74p. Tese doutorado

THOMAS, H. F. The production of strawberries in Califórnia. Califórnia: **Agricultural Extension Service**, 1939. 92 p. (Circular Técnica).

TREVIZAM, A. R.; SILVA, M. L. S.; MÜLLER, M. M.M L.; ESENDE, J. T. V.; BENDASSOLLI, J. A. Contribuição do nitrogênio contido no adubo verde para o desenvolvimento do morangueiro. **Agrarian**, v.7, n.25, p.413-425, 2014.

TSAY, Y.; HO, C.; CHEN, H.; LIN, S. Integration of Nitrogen and Potassium Signaling. *Annu. Rev. Plant Biology* v.62, p.207–226, 2011.

VENÂNCIO, J. B.; RODRIGUES, E. T.; SILVEIRA, M. V.; ARAÚJO, W. F.; CHAGAS, E. A.; CASTRO, A. M. Produção, qualidade dos frutos e teores de nitrogênio foliar em maracujazeiro-amarelo sob adubação nitrogenada. *Científica*, v.41, p.11–20, 2013.

VIGNOLO, G. K.; ARAÚJO, V. F.; KUNDE, R. J.; SILVEIRA, C. A. P.; ANTUNES, L. E. C. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. *Ciência Rural*, v.41, p.1755-1761, 2011.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; OTTO, R.; TRIVELIN, M. O.; TOVAJAR, J. G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p. 2757-2762, 2008.

WASAKI, J.; YONETANI, R.; KURODA, S.; SHINANO, T.; YAZAKI, J.; FUJII, F.; SHIMBO, K.; YAMAMOTO, K.; SAKATA, K.; SASAKI, T.; KISHIMATO, N.; KIKUCHI, S.; YAMAGISHI, M.; OSAKI, M. Transcriptomic analysis of metabolic changes by phosphorus stress in rice plant roots. *Plant, Cell and Environment*, v.26, p.1515-1523, 2003.

WOLEDGE, J. The photosynthesis of ryegrass leaves grown in a simulated sward. *Annals of Applied Biology*, v.73, n.2, p.229-237, 1973.

YARYURA, P.; CORDON, G.; LEON, M.; KERBER, N.; PUCHEU, N.; RUBIO, G.; GARCÍA, A.; LAGORIO, M. G. Effect of Phosphorus Deficiency on Reflectance and Chlorophyll Fluorescence of Cotyledons of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *J. Agronomy and Crop Science*, v. 195, p. 186-196, 2009.

7. ANEXOS

Tabela 5: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para número de folhas (NF), altura das plantas (AP), diâmetro média da copa (DMC) e Área foliar (AF) referente ao experimento em vasos de polietileno. CCA - Areia, PB, 2013

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		NF	AP	DMC	AF
Blocos	3	0,929 ^{ns}	1,976 ^{ns}	0,179 ^{ns}	2462722,94 ^{ns}
Trat	18	2,830 [#]	4,957 ^{ns}	25,668 ^{ns}	1772223,48 [#]
Contrastes					
N Linear	1	0,947 ^{ns}	0,003 ^{ns}	62,225 ^{ns}	340186,78 ^{ns}
N Quadr	1	14,109 ^{**}	8,659 ^{ns}	52,823 ^{ns}	5397677,92 [*]
N Linear/K0	1	2,293 ^{ns}	2,429 ^{ns}	85,754 ^{ns}	668702,24 ^{ns}
N Quadr/K0	1	12,594 ^{**}	12,086 ^{ns}	113,360 ^{ns}	8249038,41 ^{**}
N Linear/K1.67	1	0,083 [#]	2,997 ^{ns}	1,411 ^{ns}	6751,61 ^{**}
N Quadr/K1.67	1	1,734 ^{ns}	0,062 ^{ns}	10,143 ^{ns}	57528,18 ^{ns}
P Linear	1	11,546 ^{ns}	6,434 ^{ns}	144,330 ^{ns}	66787,88 ^{ns}
P Quadr	1	0,200 ^{ns}	2,341 ^{ns}	146,0147 ^{ns}	324419,04 ^{ns}
P Linear/K0	1	16,063 ^{**}	11,156 ^{ns}	179,816 ^{ns}	539571,04 ^{ns}
P Quadr/K0	1	2,396 ^{ns}	11,594 ^{ns}	118,768 ^{ns}	631798,86 ^{ns}
P Linear/K1.67	1	0,249 ^{ns}	0,001 ^{ns}	6,574 ^{ns}	382730,51 ^{ns}
P Quadr/K1.67	1	5,339 [#]	8,835 ^{ns}	11,361 ^{ns}	269878,55 ^{ns}
N Linear x P Linear/K0	1	8,450 [#]	1,829 ^{ns}	79,295 ^{ns}	716192,80 ^{ns}
N Linear x P Linear/K1,67	1	0,172 ^{ns}	1,509 ^{ns}	2,603 ^{ns}	81163,79 ^{ns}
CV (%)		18,8	16,551	8,759	78,150

GL- Grau de liberdade; N- nitrogênio; P- fósforo; Test.- testemunha; Comp. Org.- composto orgânico; #, **, * e ns - significativos a 10%, 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

Tabela 6: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para número de folhas (NF), altura das plantas (AP), diâmetro média da copa (DMC) e Área foliar (AF) referente ao experimento no solo. CCA – Areia, PB, 2015

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		NF	AP	DMC	AF
Blocos	3	34,983 ^{ns}	25,231 ^{ns}	10,062 ^{ns}	223846,97 ^{ns}
Trat.	10	58,267 ^{**}	16,725 ^{ns}	42,511 ^{**}	373014,13 ^{**}
Contrastes					
N Linear	1	36,825 ^{ns}	18,539 ^{ns}	30,137 [#]	235927,26 ^{ns}
N Quadr	1	1,649 ^{ns}	4,340 ^{ns}	3,497 ^{ns}	10623,77 ^{ns}
P Linear	1	31,080 ^{ns}	16,490 ^{ns}	2,131 ^{ns}	199066,90 ^{ns}
P Quadr	1	56,082 [#]	2,074 ^{ns}	2,565 ^{ns}	359104,84 [#]
N Linear x P Quadr	1	13,940 ^{ns}	0,653 ^{ns}	10,529 ^{ns}	89230,58 ^{ns}
Test. x Comp. Org.	1	325,550 ^{**}	36,836 [#]	236,531 ^{**}	2083728,43 ^{**}
CV (%)		15,750	17,366	10,590	15,750

GL- Grau de liberdade; N- nitrogênio; P- fósforo; Test.- testemunha; Comp. Org.- composto orgânico; #, **, * e ns - significativos a 10%, 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

Tabela 7: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Número de frutos por planta (NFr), massa média dos frutos (MMFr) e produtividade por planta (PROD) referente ao experimento em vasos de polietileno. CCA - Areia, PB, 2013

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		NFr	MMFr	PROD
Blocos	3	3,942 ^{ns}	11,955 ^{ns}	1338,36 ^{ns}
Trat	18	44,441 [#]	45,510 ^{**}	1327,212 ^{ns}
Contrastes				
N Linear	1	125,596 [*]	18,430 ^{**}	168,262 ^{ns}
N Quadr	1	161,740 [*]	5,776 ^{ns}	185,696 ^{ns}
N Linear/K0	1	150,241 [*]	53,390 ^{**}	11,895 ^{ns}
N Quadr/K0	1	36,946 ^{**}	0,0378 ^{ns}	47,436 ^{ns}
N Linear/K1.67	1	1,428 ^{ns}	10,64 ^{**}	101,079 ^{ns}
N Quadr/K1.67	1	79,605 [#]	11,518 ^{ns}	391,618 ^{ns}
P Linear	1	264,459 ^{**}	55,132 ^{**}	582,404 ^{ns}
P Quadr	1	9,655 ^{ns}	210,359 ^{ns}	550,529 ^{ns}
P Linear/K0	1	116,622 [*]	119,364 ^{**}	252,246 ^{ns}
P Quadr/K0	1	18,285 ^{**}	179,772 ^{ns}	101,416 ^{ns}
P Linear/K1.67	1	110,266 [#]	0,008 ^{**}	2506,811 ^{ns}
P Quadr/K1.67	1	8,045 [#]	56,862 ^{ns}	1519,522
N Linear x P Linear/K0	1	239,157 ^{ns}	248,645 ^{ns}	22,025 ^{ns}
N Linear x P Linear/K1,67	1	239,157 ^{ns}	428,445 ^{ns}	45,132 ^{ns}
CV (%)		49,138	37,85	19,06

GL- Grau de liberdade; N- nitrogênio; P- fósforo; Test.- testemunha; Comp. Org.- composto orgânico; #, **, * e ns - significativos a 10%, 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

Tabela 8: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Número de frutos por planta (NFr), massa média dos frutos (MMFr) e produtividade por planta (PROD) referente ao experimento no solo. CCA – Areia, PB, 2015

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		NFr	MMFr	PROD
Blocos	3	243,242 [*]	15,967 [*]	4614,69 [*]
Trat.	10	10940,54 ^{**}	71,789 ^{**}	20747,19 ^{**}
Contrastes				
N Linear	1	36,823 ^{ns}	43,364 ^{**}	12532,42 ^{**}
N Quadr	1	1,649 ^{ns}	20,925 [#]	6047,54 [#]
P Linear	1	31,080 ^{ns}	138,272 ^{**}	39960,66 ^{**}
P Quadr	1	56,082 [#]	76,4538 ^{**}	22095,15 ^{**}
N Linear x P Quadr	1	13,940 ^{**}	87,740 ^{**}	25357,14 ^{**}
Test. x Comp. Org.	1	325,550 ^{**}	213,150 ^{**}	61600,50 ^{**}
CV (%)		22,206	16,030	16,030

GL- Grau de liberdade; N- nitrogênio; P- fósforo; Test.- testemunha; Comp. Org.- composto orgânico; #, **, * e ns - significativos a 10%, 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

Tabela 9: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) e Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) referente ao experimento em vasos de polietileno. CCA - Areia, PB, 2013

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		SS	AT	SS/AT
Blocos	3	1,149 ^{ns}	3,191*	0,057 ^{ns}
Trat	18	2,186**	6,06**	0,044 ^{ns}
Contrastes				
N Linear	1	0,929*	11,118**	0,0002 ^{ns}
N Quadr	1	1,090**	2,836 [#]	0,0002 ^{ns}
N Linear/K0	1	0,535 ^{ns}	13,205**	0,007 ^{ns}
N Quadr/K0	1	3,775*	20,228**	0,044 ^{ns}
N Linear/K1.67	1	0,543 ^{ns}	2,092 ^{ns}	0,017 ^{ns}
N Quadr/K1.67	1	0,318 ^{ns}	6,465**	0,053 ^{ns}
P Linear	1	3,371*	9,686**	0,079 ^{ns}
P Quadr	1	0,045 ^{ns}	24,423**	0,049 ^{ns}
P Linear/K0	1	0,984 ^{ns}	18,405**	0,004 ^{ns}
P Quadr/K0	1	6,541**	28,909**	0,010 ^{ns}
P Linear/K1.67	1	3,246*	0,119**	0,140 ^{ns}
P Quadr/K1.67	1	7,466 [#]	1,422 ^{ns}	0,148 ^{ns}
N Linear x P Linear/K0	1	0,1677 ^{ns}	5,904*	0,029 ^{ns}
N Linear x P Linear/K1,67	1	1,975 ^{ns}	0,908 ^{ns}	0,223 ^{ns}
CV (%)		12,87	12,02	20,40

GL- Grau de liberdade; N- nitrogênio; P- fósforo; Test.– testemunha; Comp. Org.– composto orgânico; #, **, * e ns - significativos a 10%, 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

Tabela 10: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) e Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) referente ao experimento no solo. CCA – Areia, PB, 2015

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		SS	AT	SS/AT
Blocos	3	0,156 ^{ns}	0,174 ^{ns}	0,015 [#]
Trat.	10	4,162**	6,023**	0,059**
Contrastes				
N Linear	1	0,034 ^{ns}	8,143**	0,208**
N Quadr	1	10,485**	1,148*	0,058**
P Linear	1	0,326 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,007 ^{ns}
P Quadr	1	7,440 ^{ns}	0,342*	0,051**
N Linear x P Quadr	1	1,016 ^{ns}	0,101 ^{ns}	0,026*
Test. x Comp. Org.	1	19,117**	47,531**	0,168**
CV (%)		4,198	6,266	6,238

GL- Grau de liberdade; N- nitrogênio; P- fósforo; Test.– testemunha; Comp. Org.– composto orgânico; #, **, * e ns - significativos a 10%, 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

Tabela 11: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Taxa de fotossíntese líquida (A), Transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (Ci) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) referente ao experimento em vasos de polietileno. CCA - Areia, PB, 2013

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		A	E	gs	Ci	EiC
Blocos	3	3,552 ^{ns}	0,494 [*]	0,027 [*]	8981,22 ^{**}	0.0003 ^{ns}
Trat	18	11,046 ^{ns}	0,076 ^{ns}	0,002 ^{ns}	1052,57 ^{ns}	0.0002 ^{ns}
Contrastes						
N Linear	1	11,344 ^{ns}	0,090 ^{ns}	0,005 ^{ns}	4689,87 ^{ns}	0.0004 ^{ns}
N Quadr	1	6,701 ^{ns}	0,208 ^{ns}	0,005 ^{ns}	1,426 ^{ns}	0.00006 ^{ns}
N Linear/K0	1	46,642 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	8105,403 ^{ns}	0.0016 ^{ns}
N Quadr/K0	1	11,67 ^{ns}	0,164 ^{ns}	0,004 ^{ns}	161,291 ^{ns}	0.0002 ^{ns}
N Linear/K1.67	1	4,475 ^{ns}	0,197 ^{ns}	0,007 ^{ns}	33,257 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
N Quadr/K1.67	1	0,757 ^{ns}	0,069 ^{ns}	0,002 ^{ns}	87,266 ^{ns}	0.000001
P Linear	1	12,39 ^{ns}	0,291 ^{ns}	0,009 [#]	8,286 ^{ns}	0.0002 ^{ns}
P Quadr	1	4,787 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	1046,21 ^{ns}	0.0002 ^{ns}
P Linear/K0	1	0,520 ^{ns}	0,120 ^{ns}	0,005 ^{ns}	1071,30 ^{ns}	0.00002 ^{ns}
P Quadr/K0	1	0,946 ^{ns}	0,072 ^{ns}	0,002 ^{ns}	1022,42 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
P Linear/K1.67	1	32,23 ^{ns}	0,127 ^{ns}	0,003 ^{ns}	1455,87 ^{ns}	0.0007 ^{ns}
P Quadr/K1.67	1	2,285 ^{ns}	0,050 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,065 ^{ns}	0.00001 ^{ns}
N Linear x P Linear/K0	1	24,051 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}	5402,99 ^{ns}	0.0008 ^{ns}
N Liner x P Linear/K1,67	1	18,590 ^{ns}	0,269 ^{ns}	0,008 ^{ns}	220,29 ^{ns}	0.019 ^{ns}
CV (%)		49,487	21,95	31,46	13,94	61.530

GL- Grau de liberdade; N- nitrogênio; P- fósforo; Test.- testemunha; Comp. Org.- composto orgânico; #, **, * e ns - significativos a 10%, 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

Tabela 12: Resumo das análises de variância e respectivos quadrados médios para Taxa de fotossíntese (A) líquida, Transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (Ci) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) referente ao experimento em vasos de polietileno. CCA - Areia, PB, 2013

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		A	E	gs	Ci	EiC
Blocos	3	3,019 ^{ns}	1,451 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	311,666 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
Trat.	10	16,965 ^{**}	1,406 [*]	0,005 [#]	988,363 [*]	0,0003 [*]
Contrastes						
N Linear	1	43,394 ^{**}	2,663 [#]	0,009 [#]	587,518 ^{ns}	0,0007 [*]
N Quadr	1	0,010 ^{ns}	0,034 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	345,037 ^{ns}	0,000003 ^{ns}
P Linear	1	0,807 ^{ns}	0,338 ^{ns}	0,005 ^{ns}	1561,656 [*]	0,00006 ^{ns}
P Quadr	1	0,894 ^{ns}	1,959 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,138 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
N Linear x P Quadr	1	0,773 ^{ns}	3,716 [*]	0,009 [#]	124,766 ^{ns}	0,000003 ^{ns}
Test. x Comp. Org.	1	103,464 ^{**}	2,000 ^{ns}	0,008 [#]	5202,00 ^{**}	0,002 ^{**}
CV (%)		31,824	27,315	37,709	6,962	38,451

GL- Grau de liberdade; N- nitrogênio; P- fósforo; Test.- testemunha; Comp. Org.- composto orgânico; #, **, * e ns - significativos a 10%, 1%, 5% e não significativo respectivamente pelo teste F.

8. APÊNDICE



Figura 39: Plantas de morangueiro ‘Oso Grande’ cultivadas em vaso. Areia, PB, 2013.



Figura 40: Plantas de morangueiro ‘Oso Grande’ cultivadas no solo. Areia – PB, 2015.