



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

ALFREDO MENDONÇA DE SOUSA

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA E NITROGENADA EM SOLO COM E SEM
BIOFERTILIZANTE NA CULTURA DO RABANETE NO LITORAL CEARENSE**

FORTALEZA

2017

ALFREDO MENDONÇA DE SOUSA

ADUBAÇÃO POTÁSSICA E NITROGENADA EM SOLO COM E SEM
BIOFERTILIZANTE NA CULTURA DO RABANETE NO LITORAL CEARENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo e Conservação de Água e Solo.

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana

Co-orientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S696a Sousa, Alfredo Mendonça de.
Adubação potássica e nitrogenada em solo com e sem biofertilizante na cultura do rabanete no litoral cearense / Alfredo Mendonça de Sousa. – 2017.
83 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana.
Coorientação: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.
1. Fotossíntese. 2. Adubação mineral. 3. Insumo orgânico. I. Título.

CDD 631.4

ALFREDO MENDONÇA DE SOUSA

ADUBAÇÃO POTÁSSICA E NITROGENADA EM SOLO COM E SEM
BIOFERTILIZANTE NA CULTURA DO RABANETE NO LITORAL CEARENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo e Conservação de Água e Solo.

Aprovada em: 21 de Julho de 2017.

Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana (Orientador)

Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Co-orientador)

Universidade da Integração Internacional Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab)

Prof.^a Dra. Susana Churka Blum

Universidade da Integração Internacional Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab)

À Deus.

À minha família que é a base de tudo em minha vida, em especial aos meus pais e meus avós, pelo amor e pela confiança que sempre depositaram em mim.

AGRADECIMENTOS

À UFC, pela oportunidade de realizar o Curso de Agronomia.

À todos que fazem a Escola Maria Ivoneide Rodrigues de Moura e Etelvina Gomes Bezerra, em especial ao Professor Diretor Joaquim e ao professor Francisco Rogério, pelos ensinamentos repassados e por sempre acreditarem em mim.

Ao Professor Thales Vinícius de Araújo Viana pela orientação e amizade ao longo do curso de Mestrado.

Ao Professor Geocleber Gomes de Sousa pelos valiosos ensinamentos repassados ao longo do curso e importantes contribuições para a realização deste trabalho.

À Professora Susana Churka Blum pelas contribuições relevantes para a qualidade da versão final deste trabalho.

À coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFC, em especial à Professora Mirian Cristina Gomes Costa, pela compreensão dedicada à mim nas solicitações realizadas e pelo imenso apoio na realização das análises químicas referente à meu trabalho de pesquisa.

À técnica Dayse Maria (Laboratório de Manejo do Solo) pelo apoio no processo de realização das análises químicas parte de meu trabalho experimental.

Aos colegas Lucas Oliveira e Israel Pinheiro por todo apoio que me deram em todas as etapas da realização deste trabalho.

Aos colegas da Estação Agrometeorológica UFC por todo apoio na realização do meu trabalho experimental, em especial à Keivia Lino, Tiago Cavalcante e Rômulo Uchoa.

Aos amigos Ricardo, Weverton e Leonildo (funcionários da Estação Meteorológica) pela amizade e todo apoio na realização de meu trabalho.

Aos meus pais Fernando César e Ana Luiza, por todo amor, carinho e dedicação, sem vocês não teria chegado até aqui.

Às minhas avós, Maria Nilma e Maria Neci, que sempre foram como segunda mãe para mim, obrigado pelo amor e carinho.

Ao Sr. Luis Carlos Uchôa Saunders, pelo apoio e pela confiança depositada em mim.

Aos professores que compõem o quadro docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFC por todos os ensinamentos transmitidos.

À Prefeitura Municipal de Crateús, nas pessoas do Sr. Jorge França e Edilson Freitas (ex-secretário e atual secretário de Agricultura do Município, respectivamente) pelo apoio dado para a conclusão deste trabalho.

À minha namorada Maria Edvânia pela paciência e apoio valioso ao longo de toda essa trajetória.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação e para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

“Se você não está disposto a arriscar
esteja disposto a uma vida comum”

Jim Rohn

RESUMO

O rabanete (*Raphanus sativus L.*) tem se destacado como uma hortaliça bastante apreciada, pelas suas propriedades medicinais de conhecimento popular e devido ao seu curto ciclo produtivo. Devido a este aspecto, a cultura pode ser cultivada entre o período de safra de outras culturas de ciclo mais longo, apresentando-se como alternativa para os agricultores incrementarem a rentabilidade das suas áreas. Com base na alta exigência nutricional da cultura em um curto período de tempo e na carência de pesquisas explicitando os efeitos da adubação nitrogenada e potássica combinadas à aplicação de insumos orgânicos como o biofertilizante de esterco bovino, objetivou-se avaliar o crescimento, as trocas gasosas e a produtividade da cultura do rabanete cultivada sob doses de nitrogênio e potássio na presença e ausência de biofertilizante bovino. O experimento foi conduzido na área experimental da Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC, Fortaleza-CE, sob um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições, conduzindo-se duas plantas por vaso. O trabalho foi dividido em duas partes: experimento 1 e experimento 2. No experimento 1 os tratamentos consistiram em quatro doses de N (0; 64; 128 e 192 kg ha⁻¹) e no experimento 2 em quatro doses de K (0; 78; 156 e 234 kg ha⁻¹), sendo estas doses, em ambos os experimentos, combinadas à presença e ausência de biofertilizante bovino em solo. As plantas foram cultivadas em vasos de polietileno de 15 L preenchidos com solo local classificado como Argissolo Vermelho Amarelo de textura franco argilo arenosa. Aos trinta dias após a semeadura (DAS) realizaram-se avaliações de características fisiológicas das plantas, determinando-se a concentração interna de CO₂, a taxa fotossintética líquida referente a 6,25 cm² da folha analisada, taxa de transpiração, razão entre a taxa fotossintética líquida de 6,25 cm² e a concentração interna de CO₂ e o Índice Relativo de Clorofila. Aos trinta e um DAS realizou-se a colheita das plantas e realizaram-se avaliações das variáveis agrônômicas (número de folhas; área foliar total por planta; massa fresca e seca de parte aérea por planta; comprimento, diâmetro e massa fresca da túbera; produtividade e Grau Brix. O material vegetal (parte aérea) foi identificado e seco em estufa de circulação de ar para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg foliares. Verificou-se que todas as variáveis fisiológicas são influenciadas positivamente pelo aumento dos níveis de N e que as doses K influenciam significativamente as variáveis concentração interna de CO₂ e taxa fotossintética líquida referente a 6,25 cm² da folha analisada, sendo este efeito potencializado na condição com aplicação de biofertilizante. Os caracteres agrônômicos avaliados, em sua grande maioria, responderam ao aumento da adubação nitrogenada, com exceção da variável comprimento da túbera. O biofertilizante contribui nutricionalmente para o crescimento da cultura do rabanete adubado com N e K.

Palavras-Chave: Fotossíntese. Adubação mineral. Insumo orgânico.

ABSTRACT

The radish (*Raphanus sativus* L.) has stood out as a very appreciated vegetable, for its medicinal properties of popular knowledge and due to its short productive cycle. Due this aspect, the crop can be cultivated between the harvest period of other crops of the longer cycle, presenting itself as an alternative for farmers to increase the profitability of their areas. Based on the high nutritional requirement of the crop in a short period of time and the lack of research explaining the effects of nitrogen and potassium fertilization combined with the application of organic inputs such as bovine manure biofertilizer, the objective was to evaluate growth, gas exchange and the productivity of the cultivated radish under doses of nitrogen and potassium in the presence and absence of bovine biofertilizer. The experiment was conducted in the experimental area of the Agrometeorological Station of the Department of Agricultural Engineering of the UFC, Fortaleza-CE, under a completely randomized design in a 4x2 factorial scheme, with four replications, leading to two plants per pot. In the experiment 1 the treatments consisted of four doses of N (0, 64, 128 and 192 kg ha⁻¹) and in experiment 2 in four doses of K (0; 78, 156 and 234 kg ha⁻¹), these doses being, in both experiments, combined with the presence and absence of bovine biofertilizer in soil. The plants were grown in polyethylene pots of 15 L filled with local soil classified as Yellow Red Argisol with a sandy clay loam texture. Thirty days after sowing (DAS), the physiological characteristics of the plants were evaluated, determining the internal CO₂ concentration, the net photosynthetic rate of 6.25 cm² of the analyzed leaf, transpiration rate, rate ratio liquid photosynthesis of 6.25 cm² and the internal concentration of CO₂ and the Relative Chlorophyll Index. At thirty-one DAS the plants were harvested and the agronomic variables were evaluated (leaf number, total leaf area per plant, fresh and dry mass of aerial part per plant, length, diameter and fresh mass of the tuber; (Table 1), which showed that all the physiological variables were positively influenced by the nutrient content of the plants, and the plant material (aerial part) was identified and dried in an air circulation oven to determine the N, P, K, Ca and Mg foliar contents. increase in N levels and that K doses significantly influence the internal CO₂ concentration and the net photosynthetic rate of 6.25 cm² of the leaf analyzed, being this effect potentiated in the condition with application of biofertilizer. a large majority, responded to the increase in nitrogen fertilization, with the exception of the variable length of the tuber. The biofertilizer contributes nutritionally to the growth of the culture of the radish fertilized with N and K.

Keywords: Photosynthesis. Mineral fertilization. Organic input.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação da localização da área experimental na estação agrometeorológica (UFC), Fortaleza, Ceará.	30
Figura 2 - Croqui da disposição dos tratamentos na área experimental.	32
Figura 3 - Distribuição dos vasos na área experimental.	33
Figura 4 - Caixa d'água para o preparo do biofertilizante bovino com fermentação aeróbia ..	33
Figura 5 - Equipamentos utilizados para determinação das variáveis fisiológicas: em A, Analisador PORTÁTIL de Gás Infravermelho - IRGA; em B, Clorofilômetro modelo SPAD-502	39
Figura 6 - Concentração interna de CO ₂ (ppm) na cultura do rabanete em duas condições de aplicação de biofertilizante.	39
Figura 7 - Concentração interna de CO ₂ (A), Taxa fotossintética líquida referente a 6,25 cm ² da folha analisada (B), Transpiração (C), Razão entre a taxa fotossintética líquida de 6,25 cm ² e a concentração interna de CO ₂ (D) em plantas de rabanete submetidas à diferentes dosagens de N.....	44
Figura 8 - Índice SPAD em rabanete submetido a diferentes dosagens de N.	42
Figura 9 - Número de folhas (A) e diâmetro da túbera (B) em rabanete cultivado sem e com a aplicação de biofertilizante.	44
Figura 10 - Número de folhas (A), área foliar (B), massa fresca de parte aérea (C), massa seca de parte aérea (D) em plantas de rabanete submetidas a diferentes doses de N.	45
Figura 11 - Túberas de rabanete obtidas sob diferentes dosagens de N. CB – Com biofertilizante; D1 – Dose de N (0 Kg Ha ⁻¹); D2 – Dose de N (64 Kg Ha ⁻¹); D3 – Dose de N (128 Kg HA ⁻¹); D4 – Dose de N (192 Kg HA ⁻¹); R- Repetição.....	50
Figura 12 - Diâmetro da túbera em rabanete submetido à diferentes dosagens de N.....	49
Figura 13 - Massa fresca da túbera submetida a diferentes doses de N sem aplicação de biofertilizante e com aplicação de biofertilizante.	50
Figura 14 - Produtividade de rabanete cultivado sob diferentes doses de n sem aplicação de biofertilizante e com aplicação de biofertilizante.	513
Figura 15 - Grau Brix de rabanete cultivado sob diferentes doses de N sem aplicação de biofertilizante e com aplicação de biofertilizante.	524
Figura 16 - Teor foliar de P (A) e Ca (B) em rabanete cultivado sem e com a aplicação de biofertilizante.....	536
Figura 17 - Teor foliar de N em rabanete submetido à diferentes doses de N.	548

Figura 18 - Teor foliar de Ca em Rabanete submetido à diferentes doses de N.	59
Figura 19 - Concentração interna de CO ₂ (A), Transpiração (B) E Índice SPAD (C) em rabanete cultivado sem e com a aplicação de biofertilizante.....	61
Figura 20 - Concentração interna de CO ₂ (A) e Taxa fotossintética líquida referente a 6,25 cm ² da folha analisada (B) em rabanete submetido à diferentes doses de K.....	62
Figura 21 - Massa fresca da túbera (A), Produtividade (B) e Grau Brix (C) em rabanete cultivado sem e com a aplicação de biofertilizante..	65
Figura 22 - Massa fresca da túbera (A), produtividade (B) e Grau Brix (C) em rabanete submetido a diferentes dosagens de K.....	66
Figura 23 - Massa fresca da parte aérea (MSPA) de Rabanete cultivados sob diferentes doses de K sem aplicação de biofertilizante e com aplicação de biofertilizante.....	68
Figura 24 - Diâmetro da túbera (DT) de Rabanete cultivados sob diferentes doses de K sem aplicação de biofertilizante e com aplicação de biofertilizante.....	69
Figura 25 - Teor de K em Rabanete cultivado sem e com a aplicação de biofertilizante.	70
Figura 26 - Teor de P foliar em Rabanete submetidos a diferentes doses de K.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo utilizado como substrato na realização do experimento.....	31
Tabela 2 - Composição de macro e de micronutrientes essenciais na matéria seca do biofertilizante bovino de fermentação aeróbica.	33
Tabela 3 - Quantidade de macronutrientes adicionada ao meio de cultivo pela aplicação de biofertilizante (dose: 1,5 litros).....	34
Tabela 4 - Análise da água utilizada para irrigação na área experimental	35
Tabela 5 – Resumo das doses de adubos aplicadas nas parcelas experimentais	38
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para Concentração interna de CO ₂ (C _i , ppm), Taxa fotossintética líquida referente a 6,25 cm ² da folha analisada (A _{6,25} , μmol m ⁻² s ⁻¹), Transpiração (E, mol m ⁻² s ⁻¹), Razão entre a taxa fotossintética líquida de 6,25 cm ² e a Concentração interna de CO ₂ (A _{6,25} :C _i) e Índice SPAD para os fatores de tratamento (biofertilizante e doses de N) e sua interação na cultura do rabanete....	41
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para as variáveis Número de folhas (NF), Área foliar (AF), Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca de parte aérea (MSPA), Comprimento da túbera (CT), Diâmetro da túbera (DT), Massa fresca da túbera (MFT), Produtividade (PROD) e Grau Brix em rabanete em função de diferentes doses de N na ausência e presença de biofertilizante.....	46
Tabela 8 - Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg (g kg ⁻¹) para os fatores de tratamento (biofertilizante e doses de N) e sua interação na cultura do rabanete.	55
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para concentração interna de CO ₂ (C _i , ppm), Taxa fotossintética líquida referente a 6,25 cm ² da folha analisada (A _{6,25} , μmol m ⁻² s ⁻¹), Transpiração (E, mol m ⁻² s ⁻¹), Razão entre a taxa fotossintética líquida de 6,25 cm ² e a concentração interna de CO ₂ (A _{6,25} :C _i) e Índice SPAD para os fatores de tratamento (biofertilizante e doses de K) e sua interação em rabanete.....	60
Tabela 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis Número de folhas (NF), Área foliar (AF), Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca de parte aérea (MSPA), Comprimento da túbera (CT), Diâmetro da túbera (DT), Massa fresca da túbera (MFT), Produtividade (PROD) e Grau Brix em rabanete.....	64
Tabela 11 - Análise de variância dos teores foliares de N, P, K, Ca e Mg para os fatores biofertilizante e doses de K e suas interações em rabanete.....	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	HIPÓTESES	18
3	OBJETIVOS	19
3.1	Geral	19
3.2	Específicos	19
4	REVISÃO DE LITERATURA	20
4.1	A cultura do rabanete	20
<i>4.1.1</i>	<i>Origem e importância econômica</i>	<i>20</i>
<i>4.1.2</i>	<i>Características agronômicas</i>	<i>21</i>
4.2	Adubação nitrogenada na agricultura	22
4.3	Adubação potássica na agricultura	24
4.4	Adubação orgânica: utilização de biofertilizantes na agricultura	25
4.5	Caracteres fisiológicos	28
<i>4.5.1</i>	<i>Fotossíntese</i>	<i>28</i>
<i>4.5.2</i>	<i>Transpiração</i>	<i>29</i>
<i>4.5.3</i>	<i>Concentração Interna de CO₂</i>	<i>29</i>
5	MATERIAL E MÉTODOS	30
5.1	Localização e caracterização da área experimental	30
5.2	Delineamento experimental	31
5.3	Produção e dosagem do biofertilizante	33
5.4	Cultivar, semeadura e tratos culturais	34
5.5	Manejo da irrigação	35
5.6	Manejo da adubação	36
5.7	Variáveis analisadas	38
<i>5.7.1</i>	<i>Caracteres fisiológicos</i>	<i>38</i>
<i>5.7.2</i>	<i>Características agronômicas</i>	<i>39</i>
<i>5.7.3</i>	<i>Teores de macronutrientes</i>	<i>40</i>
5.8	Análises estatísticas	40
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
6.1	Experimento com níveis de N	41

<i>6.1.1 Caracteres fisiológicos</i>	41
<i>6.1.2 Caracteres agronômicos</i>	46
<i>6.1.3 Teores de macronutrientes</i>	55
6.2 Resultados – experimento com níveis de K	60
<i>6.2.1 Caracteres fisiológicos</i>	60
<i>6.2.2 Caracteres agronômicos</i>	64
<i>6.2.3 Teores de macronutrientes</i>	70
7 CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS	73

1. INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus L.*) é uma planta da família Brassicaceae que apresenta um porte reduzido. Seu produto comercial é uma raiz tuberosa que apresenta características variadas, principalmente nos seguintes aspectos: forma (pode apresentar formato redondo, oval ou alongado); tamanho; coloração (podendo ocorrer nas cores vermelha, amarela, rosa ou branca) e sabor. A planta apresenta diversas especificidades em seu cultivo, dentre estas, Filgueira (2008) salienta que a planta é intolerante ao transplante, sendo recomendada semeadura diretamente no canteiro definitivo.

Dentre as especificidades do cultivo de rabanete, uma característica que tem despertado o interesse de diversos produtores é o curto ciclo produtivo da cultura, o que possibilita a obtenção de rápido retorno de investimentos quando comparado a cultivos tradicionais de cenoura, pimentão ou tomate, conforme ressalta Silva *et al.* (2015). A importância econômica e a representatividade agrícola do rabanete não são tão expressivas quanto outras hortaliças de maior importância comercial, como o tomate, por exemplo. Todavia, a cultura apresenta produção anual estimada em sete milhões de toneladas, sendo o Japão o principal produtor mundial (ITO e HORIE, 2008).

A cultura do rabanete, devido seu rápido ciclo produtivo, necessita de aplicações significativas de nitrogênio e potássio no solo, sendo de grande importância a adequada recomendação de fertilizantes, principalmente de N e K, para a obtenção de níveis adequados de produtividade (CASTRO *et al.*, 2016). O nitrogênio, juntamente com o K, constituem os dois nutrientes requeridos em maiores quantidades pela maioria das plantas. O nitrogênio desempenha diversas funções na planta, como participação na formação de aminoácidos que constituem grande maioria das proteínas (CRAWFORD *et al.*, 2000). Taiz e Zeiger (2004) destacam o importante papel do N para o desenvolvimento de folhas, caules e raízes das plantas, além de citar a grande importância desse elemento para a absorção de nutrientes. Quanto ao potássio, suas principais funções nas plantas estão ligadas principalmente à ativação de diversas enzimas envolvidas nos processos de fotossíntese e respiração. Entre outras funções, o K também é de grande importância no controle de abertura e fechamento de estômatos, equilíbrio iônico e transporte de carboidratos (GURGEL *et al.*, 2010b).

No cultivo do rabanete, assim como no cultivo das demais culturas agrícolas, o excesso de adubação, seja ela orgânica ou inorgânica, pode prejudicar a produtividade, fazendo com que haja absorção excessiva de nutrientes pela planta, além de aumentar a

disponibilidade dos elementos no sistema solo-água, levando a desequilíbrios no ambiente, podendo acarretar a diminuição da qualidade biológica do vegetal, conforme Lanna (2014). Sabendo-se que a deficiência de nutrientes, assim como o excesso, possui diversos efeitos nocivos para o desenvolvimento dos cultivos agrícolas, reverte-se de grande importância os estudos que objetivam definir doses ideais de adubação para estas culturas, visando, além do desenvolvimento pleno da cultura, a preservação de recursos naturais.

No âmbito de preservação de recursos naturais, observa-se um aumento significativo no número de fontes orgânicas em cultivos agrícolas, com potencial de substituição parcial ou total da adubação mineral, representando, dependendo do contexto em que está inserida, uma alternativa econômica e ambiental. Nesse aspecto, a utilização de fertilizantes orgânicos líquidos, como os biofertilizantes, tem ganhado destaque como possibilidade de redução da adição de insumos sintéticos aos solos e às plantas (CAVALCANTE *et al.*, 2007; SOUSA *et al.*, 2013).

Em geral, nas culturas olerícolas recomenda-se a aplicação de biofertilizantes sob aplicações semanais, com o objetivo de possibilitar um desenvolvimento adequado das plantas, uma vez que apresentam um ciclo de desenvolvimento relativamente curto (PENTEADO, 2007). Contudo, com relação à cultura do rabanete, as informações presentes na literatura ainda são escassas e divergentes na definição da existência de diferenças significativas no desenvolvimento da cultura quando o cultivo é submetido a sistemas de manejo de adubação diferentes, como também a verificação da viabilidade de suprimento nutricional desta cultura utilizando-se biofertilizantes ou a utilização deste combinado com a aplicação de adubo mineral.

2. HIPÓTESES

A adubação nitrogenada maximizará o crescimento, as trocas gasosas e a produtividade da cultura do rabanete.

A adubação potássica maximizará o crescimento, as trocas gasosas e a produtividade da cultura do rabanete.

O biofertilizante bovino suprirá nutricionalmente a cultura do rabanete em relação a adubação nitrogenada e potássica.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Avaliar o efeito da aplicação de doses de nitrogênio e potássio em solo com e sem a aplicação de biofertilizante de esterco bovino sobre o crescimento, trocas gasosas e produtividade da cultura do rabanete.

3.2. Específicos

- a) Verificar o estado nutricional do rabanete quanto aos teores de N, P, K, Ca e Mg, em resposta aos tratamentos testados;
- b) Avaliar diferentes doses de nitrogênio sobre o crescimento, trocas gasosas e produtividade da cultura do rabanete;
- c) Avaliar diferentes doses de potássio sobre o crescimento, trocas gasosas e produtividade da cultura do rabanete.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. A cultura do rabanete

4.1.1. *Origem e importância econômica*

O rabanete, assim como outras diversas culturas, apresenta bastante divergência com relação à definição de seu centro de origem geográfico, como já citava Sonnenberg (1980). Este autor considera o Oeste da Ásia e o Sul da Europa como centros de origens mais prováveis da cultura. Alguns autores indicam a China como provável centro de origem da cultura, contudo Minami e Tessarioli Netto (1997) salientam que o rabanete já era cultivado no Egito Antigo, onde até hoje suas folhas ainda são consumidas.

A cultura do rabanete, diferentemente de outras hortaliças como o pimentão e o tomate, por exemplo, não possui muita expressão econômica no estado do Ceará. Dados de comercialização de 2013 (últimos dados disponibilizados) na CEASA-CE mostram um volume de 16,5 toneladas do produto comercializadas neste ano, considerando apenas os produtos oriundos da produção interna, movimentando um montante de R\$ 37.931,03. Os principais centros de produção da cultura são Fortaleza (no chamado cinturão verde) e os municípios da Serra da Ibiapaba (CEASA, 2016).

Levando em consideração a produção nacional de rabanete, o cenário apresenta-se de maneira semelhante ao observado no Estado do Ceará, como apresentado anteriormente. Segundo o Censo Agropecuário mais recente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE há 7.353 estabelecimentos agrícolas produzindo rabanete de forma comercial. Estes estabelecimentos, juntos, somaram uma produção total de 10.489 toneladas de rabanete, das quais 10.288 foram comercializadas. O valor total da produção foi estimado em R\$ 9.015.000,00 (IBGE, 2006).

Ainda segundo o Censo Agropecuário de 2006, as regiões brasileiras que apresentam os maiores volumes de produção são Sudeste e Sul, 4.456 e 4.587 toneladas, respectivamente. Com relação aos estados da Federação, São Paulo e Paraná apresentam os maiores volumes de produção, apresentando no referido censo, um volume de 3.439 e 2.336 toneladas, respectivamente (IBGE, 2006). Neste levantamento, o Estado do Ceará aparece com uma produção de 13 toneladas do produto comercial. Comparando com os dados de comercialização do rabanete extraído do sistema de informação da CEASA-CE, apresentado

anteriormente, observa-se que de 2006 a 2013 houve um crescimento de 26,92% sobre o total produzido deste estado.

4.1.2. Características agronômicas

A cultura do rabanete (*Rafhanus sativus L.*) tem se tornado uma alternativa aos produtores que objetivam a obtenção de um retorno econômico mais rápido, pois, dentre as hortaliças, o rabanete caracteriza-se como uma das culturas de menor ciclo produtivo, chegando a 30 dias dependendo da variedade cultivada, conforme salienta Silva *et al.* 2012. Como comentado anteriormente, o rabanete é uma cultura cujo cultivo se concentra nos cinturões verdes, principalmente produzido por pequenos produtores, sendo ainda, portanto, uma cultura de pouca importância econômica em termos de área plantada (Linhares *et al.*, 2010).

A cultura do rabanete pertence à família Brassicaceae. Esta família botânica possui mais de 300 gêneros e aproximadamente 3700 espécies catalogadas, dentre estas, no que se refere ao interesse comercial, pode-se citar nabo, repolho, mostarda de folhas e couve. Theisen (2008) afirma que, anteriormente, Cruciferae era o nome genérico dado à família das brassicáceas, o motivo, segundo o autor, era a associação de sua flor tetrâmera a uma cruz. Segundo este mesmo autor, o grupo *Sativus* engloba grande parte das espécies de maior interesse comercial, a maioria apresentando raízes e folhas comestíveis. Theison (2008) elenca ainda as principais características utilizadas para diferenciar o gênero *Rafhanus*, a saber: forma do caule e folhas; morfologia da raiz e coloração das flores antes da fecundação.

A cultura do rabanete adapta-se melhor ao plantio nas estações de outono e inverno, na predominância de temperaturas mais baixas e dias mais curtos, condições que mantêm a planta em estado vegetativo por mais tempo (LANNA, 2014). Filgueira (2008) afirma que a cultura é intolerante ao transplante, sendo semeada diretamente no canteiro. Este autor acrescenta ainda que o desbaste deve ser realizado quando as plantas possuem 5 cm de altura, devendo-se preservar as mais vigorosas.

Minami e Tessarioli Netto (1997) dividem o ciclo da cultura do rabanete em fase vegetativa e fase reprodutiva. Na fase vegetativa, segundo os autores citados, a planta emite um tufo de folhas, dispostas em rosetas, e forma uma raiz tuberosa. Já na fase reprodutiva ocorre o pendoamento, florescimento e frutificação.

Dentre as exigências da cultura para a obtenção de uma produção satisfatória vale destacar que durante o enchimento da túbera é ideal que a temperatura seja igual ou inferior a

23 °C, condições de temperaturas superiores a este limite podem ocasionar um estágio reprodutivo mais acelerado, podendo causar má formação do produto comercial, apresentando danos como endurecimento, porosidade e sabor desagradável, danos que causam prejuízos aos produtores (GUMARÃES; FEITOSA, 2014). Neste aspecto de qualidade do produto comercial obtido, deve-se atentar para a manutenção da adequada quantidade de água no solo, pois como o produto de interesse fica localizado na camada subsuperficial, o rendimento produtivo da cultura do rabanete pode ser diretamente influenciado pelas condições físico-hídricas do solo (SILVA *et al.*, 2012).

A cultura do rabanete é considerada exigente do ponto de vista nutricional, apresentando, adicionalmente, o agravante de necessitar de alta disponibilidade de nutrientes em curto período de tempo (HAAG; MINAMI, 1987). Neste contexto, problemas decorrentes de deficiências nutricionais dificilmente podem ser corrigidos dentro do ciclo, principalmente para deficiência de nitrogênio e potássio, os dois nutrientes normalmente requeridos em maiores quantidades pela cultura, conforme comenta Coutinho Neto *et al.* (2010).

4.2. Adubação nitrogenada na agricultura

O nitrogênio é um nutriente que possui grande importância no metabolismo das plantas, pois influencia os processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento destas, alterando a relação fonte dreno e, desta forma, a distribuição de compostos fotoassimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos (PÔRTO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2012). Taiz e Zeiger (2009) afirmaram que o N participa de diversos compostos indispensáveis para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, destacando-se as proteínas e as clorofilas. Pereira Filho (2012) afirma que o fornecimento de doses adequadas de nitrogênio favorece o crescimento vegetativo, aumenta a área onde ocorre o processo fotossintético e, conseqüentemente, eleva o potencial produtivo da cultura. Este autor salienta ainda que são contatados benefícios da aplicação de N em todas as espécies, inclusive em hortaliças cujos produtos comerciais são frutos e tuberosas, nestas, constata-se correlação direta e positiva entre peso da parte aérea e produtividade, desde que realizado o manejo adequado da adubação.

Dada a importância do correto manejo da adubação nitrogenada, tanto na definição da fonte quanto na definição da dose a ser aplicada, diversos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de investigar a resposta agrônômica de diversas espécies agrícolas à diferentes manejos da adubação nitrogenada. Venâncio *et al.* (2013), por exemplo, avaliaram

o efeito da adubação nitrogenada sobre a produção, qualidade dos frutos e teores foliares de nitrogênio em maracujazeiro-amarelo, constatando-se as melhores médias para as variáveis citadas quando aplicou-se $86 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Santos *et al.* (2011), pesquisando a mesma cultura, investigou a influência de diferentes fontes de nitrogênio e épocas de coleta (66 a 127 dias após a semeadura) sobre os teores foliares de N, verificando uma variação de 30,41 a 63,02 g kg^{-1} . Costa *et al.* (2012), se dedicaram a estudar a produtividade de grãos e de forragem do consórcio entre o milho e espécies de braquiária, submetidos a diferentes dosagens de nitrogênio em cobertura, em sistema de plantio direto, verificando que a adubação nitrogenada aumenta os componentes de produção e a produtividade de grãos. Outros trabalhos nessa linha podem ser encontrados em SOUZA *et al.* (2011) em cítricos, FREITAS *et al.* (2012) na cultura do girassol e PÔRTO *et al.* (2012) em plantas de abobrinha.

As hortaliças também têm sido objeto de estudo nesta linha de pesquisa com vários trabalhos desenvolvidos investigando o efeito do nitrogênio sobre o potencial produtivo da cultura do rabanete. HEGDE (1987) investigou o efeito de três níveis de adubação nitrogenada (0, 60 e 120 kg ha^{-1}) em um solo de baixa fertilidade cultivado com rabanete, verificando que o aumento na adubação nitrogenada aumentou significativamente a produtividade de raízes de rabanete. CARDOSO e HIRAKI (2001) avaliaram a influência de doses de N (100, 200 e 300 kg ha^{-1}) e épocas de aplicação (9 e 20 dias após a semeadura) de N em cobertura na cultura do rabanete, constatando que a produtividade de raízes comerciais foi superior ($5,1 \text{ t ha}^{-1}$) com 300 kg ha^{-1} de N em comparação a 100 kg ha^{-1} ($3,6 \text{ t ha}^{-1}$).

Outros autores investigaram a importância do N na produção de rabanete, Cortez *et al.* (2010), por exemplo, analisou a influência da combinação de doses de nitrogênio (ureia) com adubação orgânica (esterco bovino) sobre o estado nutricional, crescimento e produtividade de duas cultivares de rabanete (cultivar 25 e 19). Estes autores verificaram que a máxima produtividade comercial da cv. 19 ($20,3 \text{ t ha}^{-1}$) foi obtida com 75 t ha^{-1} de esterco e 139 kg ha^{-1} de N, enquanto da cv. 25 ($11,9 \text{ t ha}^{-1}$) com 75 t ha^{-1} de esterco e 180 kg ha^{-1} de N. PEDÓ *et al.* (2014), na mesma linha, investigou o crescimento de plantas de rabanete submetidas a doses de nitrogênio. Nesta pesquisa os autores investigaram o efeito de doses de 0, 15 e 30 kg ha^{-1} de N, verificando que o tratamento de 15 kg ha^{-1} de N proporcionou as melhores características de crescimento e maior acúmulo de matéria seca em comparação aos demais tratamentos.

4.3. Adubação potássica na agricultura

O potássio é um dos elementos considerados essenciais para o desenvolvimento pleno das plantas. O potássio desempenha importantes funções em diversos processos relacionados ao crescimento dos vegetais, sendo absorvido sob sua forma iônica K^+ , conforme comenta SCHACHTMAN e SHIN (2007) e WANG e WU (2013). Marschner (1995) afirma que o potássio possui influência sobre vários processos fisiológicos das plantas, atuando nas trocas gasosas, possuindo importante papel nas atividades fotossintéticas, movimento estomático, regulação do turgor e ajustamento osmótico. RÖMHELD e KIRKBY (2010) afirmam que o K^+ também desempenha papéis fundamentais na transferência energética, síntese proteica, metabolismo dos carboidratos, acúmulo de óleos e transporte de açúcares de órgãos e tecidos fontes para drenos.

Encontra-se na literatura diversos trabalhos analisando o efeito deste nutriente sobre o desempenho agrônômico de diversas culturas agrícolas. ARAÚJO *et al.* (2012) avaliando a influência de doses de adubação potássica em cobertura sobre a produção de frutos de abóbora, verificaram que a maior produtividade foi obtida com a dose de 199 kg ha^{-1} de K_2O . SILVA *et al.* (2014) analisaram as características produtivas e qualitativas dos frutos de melão rendilhado cultivado em casa de vegetação em função de doses de potássio, concluindo que as doses de adubação potássica que promoveram os melhores resultados se situaram no intervalo de 240 a $263,4 \text{ mg dm}^{-3}$ influenciando de forma quadrática as variáveis analisadas, no caso, produtividade total, espessura da polpa e teor de sólidos solúveis totais. Outros trabalhos avaliando o efeito da adubação com potássio sobre o desenvolvimento de culturas agrícolas podem ser encontrados em RABÊLO *et al.* (2013) na cultura do milho, UCHÔA *et al.* (2011) que estudaram a cultura do girassol, FLORES *et al.* (2012) em cana de açúcar e PRAZERES (2012) estudando a cultura de feijão-de-corda.

Alguns trabalhos têm sido realizados com o objetivo de verificar o efeito da adubação potássica sobre as características produtivas da cultura do rabanete. Cecílio Filho *et al.* (1998), por exemplo, realizaram um experimento com a cultura do rabanete em um solo cujo teor de K era considerado baixo ($1,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e, quando este elemento não foi fornecido via adubação, verificaram, ao final do ciclo das plantas, manchas amareladas nas folhas mais velhas que progrediam para uma faixa clorótica nas margens do limbo foliar. Segundo os autores, inclusive, a redução na produção de raízes foi mais pronunciada com a deficiência de K do que com a de N. SOUZA *et al.* (2015) também estudaram a importância

da adubação potássica na cultura do rabanete, estes autores avaliaram os efeitos da época de aplicação e de doses de fertilizantes potássicos sobre a produtividade da cultura do rabanete, neste trabalho, os autores concluíram que tanto a época de aplicação quanto a dose do fertilizante potássico influenciaram as características agronômicas da cultura.

4.4. Adubação orgânica: utilização de biofertilizantes na agricultura

Nos últimos anos, a preocupação com a preservação do meio ambiente aliada a uma maior busca por qualidade de vida tem crescido significativamente no setor agrícola e no mercado de uma maneira geral. Essa busca por maior qualidade de vida está associada geralmente a uma alimentação mais saudável, o que incentivou o desenvolvimento de correntes de agricultura alternativa, dentre elas, destaca-se a agricultura orgânica (FONTANÉTTI *et al.*, 2006). Nesse sentido, Santos *et al.* (2014) comentam que, nas últimas décadas, uma alternativa econômica e ambiental vem sendo utilizada em substituição parcial ou total dos adubos minerais: a utilização de fontes orgânicas de nutrientes nos cultivos agrícolas.

Além da não utilização de fertilizantes minerais, o sistema de cultivo orgânico visa diminuir os efeitos adversos do uso de produtos químicos no ecossistema por meio de estratégias de manejos alternativos como controle de pragas e doenças, preservação das propriedades do solo, manejo de plantas daninhas, cobertura morta, adubação verde e rotação de cultura, entre outros (LUZ *et al.*, 2007). Segundo a legislação brasileira, os sistemas agrícolas de produção no modelo orgânico devem adotar tecnologias que aumentem a eficiência da utilização dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis, respeitando também a cultura da comunidade no qual está inserido, com o objetivo de atingir uma produção sustentável no aspecto econômico e ecológico, maximização dos benefícios sociais e a menor dependência de recursos energéticos não renováveis (BRASIL, 2009).

A prática de adubação orgânica apresenta-se como uma alternativa para pequenos, médios e grandes produtores que objetivam melhorias na fertilidade e na conservação de seus solos agrícolas, conforme já citava Galvão *et al.* (1999). Silva e Mendonça (2007) afirmam que a aplicação de produtos orgânicos na agricultura tem vários efeitos positivos, sendo os principais deles o favorecimento à diversidade dos nutrientes minerais no solo e à ação positiva de ativação enzimática no metabolismo vegetal. No contexto de adubação orgânica é de grande relevância destacar a ampla utilização do esterco bovino como fonte de nutrientes.

Esta fonte orgânica de nutrientes, segundo Filgueira (2012), é a mais utilizada pelos agricultores, devendo ser empregada especialmente em solos pobres em matéria orgânica.

Segundo Araújo *et al.* (2007) a procura por novas tecnologias que apresentem redução dos custos de produção e também se adequem às atuais preocupações com a preservação ambiental, têm incentivado o aumento do uso de biofertilizantes, uma prática de baixo custo e muito adequada num contexto de produção agrícola orgânica. Cavalcante *et al.* (2007) salienta que a utilização de biofertilizantes é uma alternativa para reduzir a aplicação de insumos sintéticos ao solo e às plantas.

Ao longo dos anos vários autores forneceram definições para o produto biofertilizante. Bettiol *et al.* (1998) definiram biofertilizante como um produto líquido obtido a partir da fermentação aeróbia ou anaeróbia de resíduos orgânicos juntamente com água, possuindo uma composição química variável e complexa; para Santos (2001), biofertilizante é o termo utilizado para designar o material líquido obtido a partir da fermentação metanogênica da matéria orgânica juntamente com água; Alves *et al.* (2001) definiu biofertilizante como resíduo final da fermentação de compostos orgânicos que contém células vivas ou latentes de microrganismos, além de quelatos organominerais. Definição mais recente pode ser encontrada em Penteado (2007). Este autor define biofertilizante como um adubo orgânico líquido produzido em meio aeróbico ou anaeróbico a partir de uma mistura de material orgânico (esterco fresco) e água.

A aplicação de biofertilizantes tem efeitos positivos sobre a fertilidade e as propriedades físicas do solo e também sobre as características agronômicas das culturas agrícolas. Cavalcante *et al.* (2010) verificaram que além dos efeitos positivos que a aplicação de biofertilizantes promoveu na estruturação física do solo, o esterco bovino líquido aplicado na superfície do substrato formou uma camada de impedimento às elevadas perdas de água por evaporação, o que possibilitou, às células vegetais, maior tempo de turgidez em relação às plantas que não receberam o insumo. Sousa *et al.* (2012a) concluíram que o biofertilizante proporciona melhores rendimentos relacionados às características agronômicas como altura de planta, diâmetro do caule e área foliar na cultura do amendoineiro quando comparadas às que não receberam aplicação do insumo orgânico, em uma condição de estresse salino. Alencar (2014) verificou que a aplicação de biofertilizante melhora ou, no mínimo, mantém a qualidade dos atributos físicos do solo cultivado em todas as camadas consideradas, com exceção da permeabilidade intrínseca do solo ao ar na camada de 0,0-0,1 m.

Muitos trabalhos de diversos autores abordam os efeitos de biofertilizantes no desenvolvimento de diversas culturas agrícolas; Oliveira *et al.* (2004), por exemplo, estudaram a produção de pimentão sob aplicação de diferentes concentrações de urina de vaca via foliar e adubação com NPK. Nesse estudo, os autores verificaram que a aplicação de urina de vaca aumenta a produção de pimentão na presença e na ausência de adubação com NPK, sendo seu efeito mais expressivo quando se aplicou NPK; Santos *et al.* (2017) estudaram o acúmulo de biomassa e os teores de N, P, K, Ca e Mg em mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Catarina sob diferentes tipos e doses de biofertilizante, verificando que a maior dose (1000 ml) do biofertilizante de fermentação anaeróbia proporcionou maior acúmulo de biomassa em folhas e raízes. Os autores verificaram ainda que o biofertilizante obtido sob fermentação anaeróbia proporcionou maiores teores de N, K e Ca nas folhas, enquanto o biofertilizante com fermentação aeróbia proporciona maiores teores de P em folhas e raízes; Viana *et al.* (2013) investigaram os teores foliares de N, P e K em meloeiro cultivado sob diferentes tipos e doses de biofertilizante e verificaram que ao final do ciclo, as plantas adubadas com biofertilizante misto (esterco bovino mais esterco de aves) e simples (somente esterco bovino) estavam adequadamente supridas de N e P, mas deficientes em K. Araújo *et al.* (2007) avaliaram a produção da cultura do pimentão sob adubação com esterco bovino e biofertilizantes, verificando que o biofertilizante bovino, aplicado de forma isolada ou associada com matéria orgânica, pode ser utilizado como alternativa para fertilização não convencional no pimentão. Silva *et al.* (2016) avaliaram a produtividade da figueira fertirrigadas com biofertilizante bovino em diferentes concentrações sob distintos ambientes de cultivo no semiárido cearense. Neste trabalho os autores verificaram que a concentração de 60% promoveu maior diâmetro, massa e número de frutos por planta e maior produtividade da cultura da figueira; Outros exemplos de trabalhos investigando o efeito da aplicação de biofertilizantes sobre o desenvolvimento agrônômico de culturas agrícolas podem ser verificados em Sediya *et al.* (2014) na cultura do pimentão, Santos *et al.* (2014) na cultura do melão e Lima *et al.* (2013) estudando a cultura do gergelim.

Verifica-se na literatura também alguns trabalhos investigando o efeito da adubação orgânica e aplicação de biofertilizantes sobre o desempenho agrônômico da cultura. Barbosa (2011) analisou o efeito de doses crescentes de cama de frango (0; 10; 20; 30 e 40 t ha⁻¹) sobre a produtividade comercial, peso médio e diâmetro da raiz da cultura do rabanete, verificando, entre outros resultados, que a dose de 30 t ha⁻¹ proporcionou as maiores produtividades da cultura. Ferreira *et al.* (2011) analisaram a produção orgânica de rabanete

em plantio direto sob cobertura morta e viva. Neste trabalho, os autores verificaram que a produtividade do rabanete cv. Cometo, não foi afetada pelas doses crescentes de composto orgânico, podendo aplicar-se apenas 5 t ha^{-1} , enquanto em preparo convencional do solo, o aumento da produtividade ultrapassa o plantio direto na palha apenas na dose maior de composto (15 t ha^{-1}).

Os estudos analisando o efeito da aplicação de biofertilizantes nas características agronômicas da cultura do rabanete ainda são incipientes. Cabral *et al.* (2006) ao investigarem o desenvolvimento do rabanete cultivado sob adubação com cinco diferentes tipos de biofertilizantes (biofertilizante de húmus líquido, biofertilizante de plantas, biofertilizante super magro e biofertilizante de líquido celomático de minhocas, na concentração de 10%) verificaram não haver influência desses tratamentos no desenvolvimento da cultura. Já Pereira *et al.* (2011) ao analisarem o crescimento de plantas de rabanete (*Raphanus sativus* L.) em resposta a adubação orgânica e biofertilizantes, em ambiente protegido, verificou efeito positivo sobre todas as variáveis analisadas em comparação ao desenvolvimento das plantas no tratamento testemunha.

4.5. Caracteres fisiológicos

4.5.1 Fotossíntese

Pereira (1989) definiu fotossíntese como um processo fisiológico responsável pela captura da energia solar e sua subsequente transformação bioquímica em alimento, fibra, celulose e energia. Em resumo, a fotossíntese pode ser definida como um processo em que os vegetais transformam a energia solar em energia química.

Pimentel (2004) e Taiz e Zeiger (2009) destacam que a fotossíntese envolve reações de absorção de energia luminosa (luz solar), a qual em centros específicos, inicia uma série de reações que pode ser dividida em duas distintas fases: a) fase fotoquímica: nessa fase ocorre a transformação de energia luminosa em ATP (energia química), ocorre nos tilacóides dos cloroplastos e há necessidade de energia luminosa, que é absorvida pelos pigmentos da antena. Ao absorver um fóton, a clorofila passa de um estado básico (energia mais baixa) para um estado excitado (energia mais alta) e atua como um agente redutor de outras moléculas, estabelecendo um fluxo de elétrons por meio de transportadores, como ocorre nas mitocôndrias. Nessa fase ocorre a formação de ATP e NADH; b) Ciclo de Calvin, refere-se às reações enzimáticas de incorporação de gás carbônico atmosférico em compostos orgânicos, a

partir do ATP e NADH produzidos anteriormente. Pode ser dividido em três etapas: carboxilação, redução e regeneração.

Viana *et al.* (2013) avaliaram as trocas gasosas na cultura do melão em solo com diferentes tipos e doses de biofertilizantes e verificaram as maiores taxas fotossintéticas nas plantas adubadas com biofertilizante bovino. Os autores justificaram tal comportamento pela maior quantidade de P e Mg contido nesse insumo orgânico, uma vez que, conforme Prado (2008), o Mg tem a função de cofator em sistemas enzimáticos do metabolismo energético e na molécula de clorofila, possuindo importante papel nos processos fotossintéticos e de síntese de compostos orgânicos. O fósforo, por outro lado, é requerido para a conversão da energia luminosa em ATP, durante a fotossíntese.

4.5.2 Transpiração

Pimentel (2004) afirma que o processo de transpiração das plantas ocorre de maneira proporcional ao déficit de pressão de vapor na atmosfera. Gonçalves *et al.* (2010) ressalta que existe uma relação direta entre as taxas de transpiração e de condutância estomática, uma vez que, segundo estes autores, o fechamento estomático induz uma diminuição do fluxo de vapor d'água para a atmosfera, e, conseqüentemente, da quantidade de água transpirada. Machado *et al.* (2005) destaca o papel fundamental dos estômatos como estruturas regulatórias do processo de transpiração, definindo esse processo como principal mecanismo de controle da temperatura foliar, menores aberturas estomáticas, nesse aspecto, conduzem a maiores temperaturas do tecido foliar, devido a redução da transpiração da planta.

Viana *et al.* (2013) avaliaram as taxas de transpiração da cultura do melão em função das doses de biofertilizante misto (esterco bovino e aves) e simples (esterco bovino) obtendo um modelo linear decrescente e crescente para esta variável, respectivamente. Estudos recentes tem apontado para efeitos positivos da aplicação de biofertilizante sobre esta variável em cultivos sob condições salinas. Silva *et al.* (2011) relataram que a aplicação desse insumo orgânico proporcionou maiores taxas transpiratórias e fotossintéticas mesmo em condições de estresse salino.

4.5.3 Concentração Interna de CO₂

A concentração interna de CO₂ é uma variável que apresenta correlação positiva com diversos outros parâmetros fisiológicos. Jadoski *et al.* (2005) afirmam que o processo de

fechamento dos estômatos reduz significativamente a concentração interna de CO_2 no mesofilo foliar, com conseqüente diminuição das taxas de assimilação de CO_2 .

Machado *et al.* (2005) afirmaram existir estreita relação entre a eficiência instantânea de carboxilação e concentração intracelular de CO_2 . Ferraz *et al.* (2012), corroborando com os autores citados, avaliaram as trocas gasosas de ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido, justificando o aumento na eficiência de carboxilação principalmente pelo incremento na concentração interna de dióxido de carbono.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em uma área experimental da Estação Agrometeorológica pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza-CE. As coordenadas geográficas do ponto central da área experimental são $03^\circ 44' 39.00''$ S, $38^\circ 34' 57.31''$ W e 16 m de altitude (Figura 1).

Figura 1 - Representação da localização da área experimental na Estação Agrometeorológica (UFC), Fortaleza, Ceará.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Aw' apresentando as seguintes características: tropical chuvoso; muito quente; chuvas concentradas nas estações do verão e outono; precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e evapotranspiração potencial, respectivamente iguais a 1523 mm, 26,9 °C, 69% e 1747 mm, em termos de médias anuais.

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo de textura franco argilo arenosa (EMBRAPA, 2013) e encontrava-se em pousio no momento da coleta. O solo apresenta 62, 10 e 28 % de areia, silte e argila, respectivamente, além de densidade de 1,52 g cm⁻³. A caracterização química do solo utilizado no experimento está apresentada na tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo utilizado como substrato na realização do experimento.

Complexo Sortivo (cmol _c kg ⁻¹)							
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	S	T
1,20	0,60	0,23	0,36	1,98	0,15	2,6	4,6
pH em água	CE (dS m ⁻¹)		V (%)	m (%)		PST	
6,0	0,35		57	5		5	
C (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C N ⁻¹	M O (g kg ⁻¹)		P assimilável (mg kg ⁻¹)		
6,48	0,61	11	11,17		32		

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.2. Delineamento experimental

O trabalho foi executado em dois experimentos:

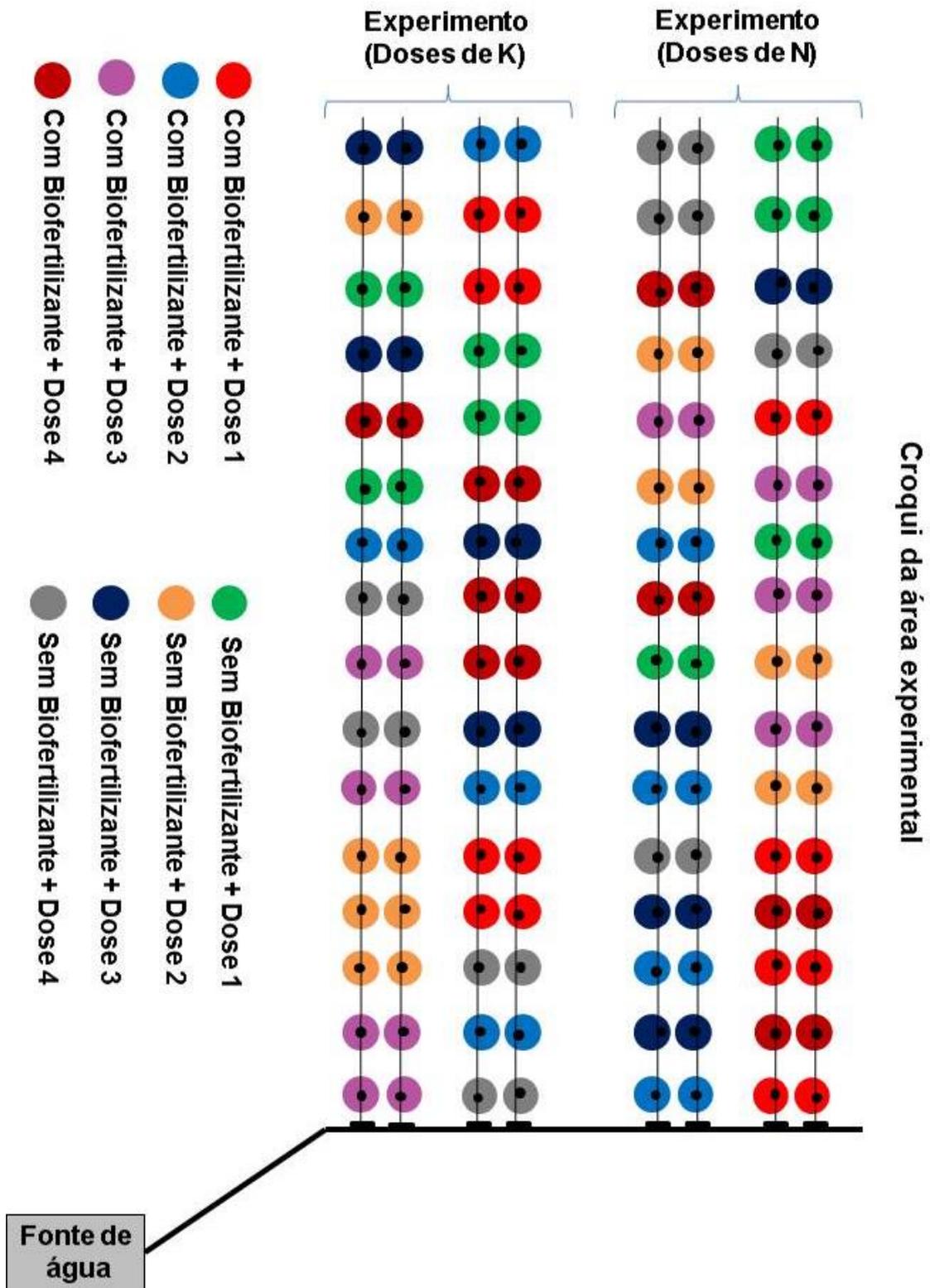
Experimento 1 – Avaliação de diferentes doses de nitrogênio associadas à presença e ausência de biofertilizante de esterco bovino;

Experimento 2 – Avaliação de diferentes doses de potássio associadas à presença e ausência de biofertilizante de esterco bovino;

Os experimentos foram dispostos sob um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em um esquema fatorial (4 x 2), com quatro repetições, sendo dois vasos por unidade experimental, totalizando 64 vasos por experimento. Os dois fatores analisados foram adubação com N e K (em quatro doses), no experimento 1 e 2, respectivamente, e aplicação de biofertilizante de esterco bovino em dois níveis (com e sem).

A disposição dos tratamentos na área experimental pode ser observada na figura 2 a seguir:

Figura 2 – Croqui da disposição dos tratamentos na área experimental.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada unidade experimental constituiu-se de dois vasos de polietileno de volume de 15 litros. Os vasos foram preenchidos com solo local cuja caracterização química está contida na tabela 1. Avaliaram-se seis plantas por unidade experimental. Os vasos foram distribuídos na área conforme a figura 3.

Figura 3 - Distribuição dos vasos na área experimental



Fonte: Elaborado pelo autor

5.3. Produção e dosagem do biofertilizante

O biofertilizante utilizado no presente trabalho foi o biofertilizante à base de esterco bovino. Utilizou-se para a produção do biofertilizante, duas caixas d'água de 100 L de volume, às quais foram preenchidas até 90% do volume com uma mistura de água e esterco bovino fresco na proporção de 1:1, conforme Costa *et al.* (2014). Semanalmente realizava-se a homogeneização do sistema. Após 30 dias sob fermentação aeróbia o biofertilizante estava pronto para aplicação nas parcelas experimentais. A tabela 2 a seguir contém a composição química do produto final da fermentação e a figura 4 mostra o recipiente utilizado para fermentação do biofertilizante.

Tabela 2 - Composição de macro e de micronutrientes essenciais na matéria seca do biofertilizante bovino de fermentação aeróbica.

Biofertilizante	Elementos minerais										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
	g L ⁻¹							mg L ⁻¹			
	0,72	1,4	1	2,5	0,75	0,31	0,28	141,6	1,92	68,2	14,72

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 4 - Caixa d'água para o preparo do biofertilizante bovino com fermentação aeróbia



Fonte: Elaborado pelo Autor

Vale destacar com relação à composição química do biofertilizante, o elevado teor de Ca em relação ao teor de Mg, indicando uma relação de 3,34. O teor de P, como era esperado por se tratar de um insumo orgânico à base de esterco bovino, também apresentou-se em níveis significativos na matéria seca deste insumo.

O biofertilizante foi aplicado manualmente nas parcelas experimentais em um volume correspondente a 10 % do volume do vaso (1,5 litros). Essa aplicação foi dividida em três vezes, sendo uma por semana a partir da segunda semana após a emergência, a fim de se evitar intoxicação das plantas.

A tabela a seguir contém a quantidade, em gramas, de macronutrientes adicionado ao meio de cultivo por meio da aplicação de biofertilizante.

Tabela 3 - Quantidade de macronutrientes adicionada ao meio de cultivo pela aplicação de biofertilizante (dose: 1,5 litros).

Concentração de macronutrientes no Biofertilizante (g L ⁻¹)					
N	P	K	Ca	Mg	S
0,72	1,4	1	2,5	0,75	0,31
Quantidade de macronutrientes (g) adicionada ao substrato (Dose de 1,5 L)					
N	P	K	Ca	Mg	S
1,08	2,10	1,50	3,75	1,13	0,47

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.4. Cultivar, sementeira e tratos culturais

Na realização do experimento utilizaram-se sementes de rabanete, cultivar Cometo, TOPSSED Garden. As sementes pertenciam ao mesmo lote e apresentava as seguintes características: a) poder percentual de germinação: 85 %; b) percentual de pureza: 99 %; c) sementes de classe comum contendo 60 a 100 sementes por grama.

O experimento foi realizado no período de outubro a novembro de 2016. Realizou-se sementeira direta de seis sementes por vaso. A germinação ocorreu aos 4 dias após a sementeira (DAS). Aos 10 DAS, realizou-se o desbaste, mantendo-se as três plantas mais vigorosas.

Realizou-se o controle de plantas invasoras por arranquio manual de acordo com seu surgimento nas parcelas experimentais. Não houve necessidade de tratos fitossanitários pois não houve aparecimento de pragas na cultura.

5.5. Manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo localizado via gotejamento. Dimensionou-se o sistema com um emissor por vaso com vazão média de 4 L h⁻¹, cujo controle foi realizado por meio de registros no início das linhas de irrigação.

A água utilizada para a irrigação era proveniente de um poço profundo e sua análise está apresentada na tabela 4.

Tabela 4 - Análise da água utilizada para irrigação na área experimental

Cátions e Ânions (mmol _c L ⁻¹)							
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
1,3	3,1	4,5	0,4	5,2	-	4,3	-
Aspectos Gerais							
pH	CE (dS m ⁻¹)	RAS	Sólidos dissolvidos (mg L ⁻¹)		Classificação		
8,0	0,95	3,05	950		C3 S1		

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A lâmina de irrigação aplicada por vaso foi dimensionada a partir da evaporação medida em um tanque classe “A”, instalado a 50 m da área experimental. Estimou-se o tempo de irrigação por meio da equação 1.

$$Ti = \frac{Kp * ECA * Kc * Av}{Ei * Qg} \quad (1)$$

Em que:

Ti = tempo de irrigação em horas (h);

Kp = coeficiente do tanque (adimensional);

ECA = evaporação medida no tanque classe “A” ($L m^{-2} dia^{-1}$);

Kc = coeficiente da cultura (adimensional);

Av = área do vaso (m^2);

Ei = eficiência de irrigação (0,95);

Qg = vazão do gotejador ($4 L h^{-1}$).

Utilizou-se o Kc conforme Marouelli *et al.* (1996). Os estádios fenológicos da cultura para definição do Kc em cada fase foram definidos de acordo com Cunha e Bergamaschi (1992).

O tempo dimensionado foi aplicado em dois momentos ao dia, sendo metade aplicado pela manhã e a outra metade aplicado no final da tarde. Vale ressaltar que os vasos utilizados continham drenos.

5.6. Manejo da adubação

Todos os tratamentos receberam iguais aplicações de P e micronutrientes, sendo diferenciadas apenas as doses de N e K, tratamentos testados neste trabalho.

A recomendação de adubação foi feita com base em Wiethölter *et al.* (2004) e na análise de solo contida na tabela 1. A aplicação de micronutrientes, devido a indisponibilidade de informações para a cultura do rabanete, foi realizada com base na cultura do repolho. A recomendação de NPK e micronutrientes foram definidas conforme a seguir:

1. Dose recomendada de micronutrientes:

- 1.1 Boro = aplicou-se, via foliar, solução de ácido bórico ($2 g L^{-1}$). Utilizou um pulverizador manual na aplicação, na qual se aplicou $0,1 L vaso^{-1}$;
- 1.2 Molibdênio = aplicou-se, via foliar, solução de molibdato de amônio ($0,5 g L^{-1}$). A solução, do mesmo modo que a aplicação da solução de boro, foi realizada utilizando um pulverizador manual, na quantidade de $0,1 L vaso^{-1}$.

2. Dose recomendada de Fósforo (P – P₂O₅):

A quantidade recomendada de P (via Supersimples) foi de 7,5 g. Considerando uma eficiência absorção de 20%, com base em VU *et al.* (2008), o volume aplicado foi calculado em 13,5 g vaso⁻¹ (162 kg de P ha⁻¹). A aplicação foi dividida em duas vezes, sendo a primeira igual a 7 g e a segunda 6,5 g.

3. Dose recomendada de N e definição das demais dosagens testadas desse nutriente:

Com base na análise do solo e do manual de recomendação para a cultura, recomendou-se a quantidade de 0,67 g de ureia por vaso. Levando em consideração uma perda de 60% da quantidade aplicada, calculou-se o volume de ureia a ser aplicado igual a 1,08 g vaso⁻¹. Esse acréscimo citado foi definido com base em SENGIK e KIEHL (1995, a e b) que afirmam que a ureia apresenta perdas significativas que podem comprometer a sua eficiência e em LARA CABEZAS *et al.* (2000) que descreveram que essas perdas giram em torno de 50%. De maneira análoga à aplicação de supersimples, a quantidade de ureia foi dividida em duas aplicações (0,54 g + 0,54g).

Com base na dose recomendada definiram-se às demais doses de ureia avaliadas no presente trabalho, conforme segue:

Dose 1 = 0 g (0 kg ha⁻¹ de N);

Dose 2 = 1,08 g (64 kg ha⁻¹ de N) – Dose recomendada;

Dose 3 = 2,16 g (128 kg ha⁻¹ de N);

Dose 4 = 3,24 g (192 kg ha⁻¹ de N).

4. Dose recomendada de K e definição das demais dosagens testadas desse nutriente:

A fonte de K utilizada foi o KCl. A dose recomendada foi definida em 1,12 g vaso⁻¹. Considerando uma perda de 30%, devido à movimentação vertical desse elemento no perfil do solo que pode conduzir a perdas significativas por lixiviação conforme OLIVEIRAS e VILAS BOAS (2008), a dose efetivamente aplicada por vaso foi de 1,46 g. Baseado na dose recomendada definiu-se as demais doses avaliadas, como mostrado a seguir:

Dose 1 = 0 g (0 kg ha⁻¹ K₂O);

Dose 2 = 1,46 g (78 kg ha⁻¹ K₂O) – Dose recomendada;

Dose 3 = 2,92 g (156 kg ha⁻¹ K₂O);

Dose 4 = 4,38 g (234 kg ha⁻¹ K₂O).

Vale salientar que a determinação das doses recomendadas de adubos por vaso, foi definida com base no volume dos vasos e na análise química do solo utilizado como substrato. A tabela 5 contém um resumo das doses de adubos aplicadas em cada tratamento.

Tabela 5 – Resumo das doses de adubos aplicadas nas parcelas experimentais

	1ª Aplicação (10 DAS)	2ª Aplicação (20 DAS)	Total
Boro (0,1 L vaso ⁻¹)	1,00	1,00	2,00
Molibdênio (0,1 L vaso ⁻¹)	1,00	1,00	2,00
Fósforo (g de SS vaso ⁻¹)	7,00	6,50	13,5
Nitrogênio (g de ureia vaso ⁻¹)			
Dose 1	0,00	0,00	0,00
Dose 2	0,54	0,54	1,08
Dose 3	1,08	1,08	2,16
Dose 4	1,72	1,72	3,44
Potássio (g de KCl vaso ⁻¹)			
Dose 1	0,00	0,00	0,00
Dose 2	0,73	0,73	1,46
Dose 3	1,46	1,46	2,92
Dose 4	2,19	2,19	4,38

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.7. Variáveis analisadas

5.7.1. Caracteres fisiológicos

Aos 30 DAS, entre 8 e 10 horas da manhã, realizaram-se as avaliações fisiológicas das plantas utilizando um analisador portátil de gás infravermelho – IRGA – Infrared Gas Analyser (Li 6400XT, Li-Cor, Lincoln, EUA) (figura 5A). As variáveis fisiológicas analisadas foram:

- a) Concentração interna de CO₂ (Ci, ppm);
- b) Transpiração (E, mol m⁻² s⁻¹);
- c) Taxa fotossintética líquida referente a 6,25 cm² da folha analisada (A_{6,25}, μmol m⁻² s⁻¹);
- d) Razão entre a taxa fotossintética líquida de 6,25 cm² (A_{6,25}) e a concentração interna de CO₂ (Ci). Essa variável representa a eficiência de carboxilação (A_{6,25}:Ci) e é adimensional.

Adicionalmente, fez-se também a determinação do Índice Relativo de Clorofila (IRC, unidades SPAD), que segundo Silva *et al.* (2011), pode ser empregado como indicativo da necessidade de aplicação de N, desde que se conheça o nível crítico (NC), ou seja, abaixo

do qual a produção da cultura responde à adubação nitrogenada. A determinação deste parâmetro foi realizada no mesmo dia e na mesma folha em que se realizou a avaliação com o analisador portátil de gás infravermelho – IRGA (Figura 5B).

Figura 5 - Equipamentos utilizados para determinação das variáveis fisiológicas: em A, analisador portátil de gás infravermelho - IRGA; em B, clorofilômetro modelo SPAD-502.



Fonte: Elaborado pelo Autor

5.7.2. Características agronômicas

Aos 31 DAS, realizou-se a colheita das plantas. Após a colheita, estas foram separadas por tratamento e levadas ao laboratório onde foram realizadas as seguintes avaliações:

- a) Número de folhas por planta por meio de contagem manual (NF planta⁻¹);
- b) Área foliar total por planta, obtida por meio de leituras com um medidor de área foliar modelo 6400-40 da LI-COR (cm² planta⁻¹);
- c) Massa fresca de parte aérea por planta (MFPA, g planta⁻¹);
- d) Massa seca de parte aérea por planta, (depois de determinada a massa fresca das folhas por planta, estas foram alocadas em saco de papel, sendo após, colocadas em estufa a 60° C até a obtenção de massa constante (MSPA, g planta⁻¹));
- e) Comprimento da túbera medida com paquímetro digital (CT, mm);
- f) Diâmetro da túbera medida com paquímetro digital (DT, mm);
- g) Massa fresca da túbera (MFT, g planta⁻¹);
- h) Produtividade (t ha⁻¹);
- i) Grau brix determinado por meio de um refratômetro analógico (GB, %).

5.7.3. Teores de macronutrientes

Após a determinação da MSPA, moeu-se o material vegetal em moinho tipo Wiley. O material moído foi acondicionado em sacos de papel para posterior determinação dos macronutrientes. Os macronutrientes determinados foram N, P, K, Ca e Mg.

A digestão e determinação dos macronutrientes nas folhas foram determinadas segundo Silva *et al.* (2009). A partir do extrato obtido da digestão nitro-perclórica determinou-se os teores de K, P, Ca e Mg. Os teores de K foram determinados por fotometria de chama, os teores de P por espectrofotometria e os teores de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA *et al.*, 2009). Os teores de Nitrogênio foram determinados em extratos obtidos por digestão sulfúrica pelo método micro-Kjeldahl (TEDESCO *et al.*, 1995).

5.8. Análises estatísticas

Os dados de cada variável analisada foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativos por este teste, os dados foram submetidos ao teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de significância.

Na análise de regressão, optou-se pelas equações que melhor se ajustaram aos dados, selecionando-as com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R^2).

Foi utilizado o software estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA, 2016) e o Microsoft Excel 2010.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento com doses de N

6.1.1 Caracteres fisiológicos

Na tabela 6, observa-se o resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas das plantas, aos 30 DAS, sob aplicações de diferentes doses de N na presença e ausência de biofertilizante de esterco bovino.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância para Concentração interna de CO₂ (Ci, ppm), Taxa fotossintética líquida referente a 6,25 cm² da folha analisada (A_{6,25}, μmol m⁻² s⁻¹), Transpiração (E, mol m⁻² s⁻¹), Razão entre a taxa fotossintética líquida de 6,25 cm² e a concentração interna de CO₂ (A_{6,25}:Ci) e Índice SPAD para os fatores de tratamento (Biofertilizante e Doses de N) e sua interação na cultura do rabanete.

FV	GL	Ci	A _{6,25}	A _{6,25} :Ci	E	SPAD
B	1	8,03**	3,06 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,21 ^{ns}
DN	3	22,87**	7,01**	6,29**	3,56*	7,13**
B x DN	3	1,33 ^{ns}	1,69 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Trat.	7	11,51**	4,16**	3,35*	2,97*	3,14*
Res.	24	-	-	-	-	-
Total	31	-	-	-	-	-
Média	-	298,28	31,60	0,11	0,01	49,79
CV%	-	1,79	7,79	8,11	19,96	16,91

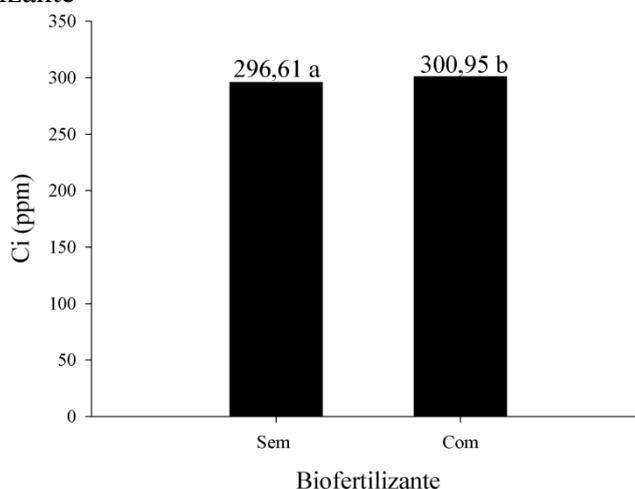
Fonte: Elaborado pelo Autor.

FV - Fontes de Variação; GL - grau de liberdade; Trat. – Tratamento; Res. – Resíduo; (B) - Biofertilizante; (DN) – Doses de N; CV - coeficiente de variação; **, *, ns – significativo pelo teste Tukey ao nível de 1%, 5% de significância e não significativo, respectivamente.

Conforme tabela 6 apresentada pode-se observar efeito principal de doses para todas as variáveis analisadas, porém apenas a variável concentração interna de CO₂ (Ci) foi influenciada significativamente pelo fator biofertilizante. Nenhuma das variáveis apresentou interação significativa para os fatores doses de N e biofertilizante, ao nível de significância de 1 e 5 %.

A figura 6 representa os valores médios para a variável Ci na presença e ausência de biofertilizante.

Figura 6 – Concentração interna de CO₂ (ppm) na cultura do rabanete em duas condições de aplicação de biofertilizante



Fonte: Elaborado pelo Autor

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Conforme observado na figura 6, a aplicação de biofertilizante incrementou em 1,81% o valor da variável Ci em relação à condição sem a aplicação de biofertilizante. A Ci é um fator de grande relevância no desenvolvimento de plantas possuindo estreita relação com a eficiência instantânea de carboxilação, conforme Machado *et al.* (2005), e com o aumento da taxa de assimilação de CO₂ (JADOSKI *et al.*, 2005). O efeito positivo da aplicação do biofertilizante sobre esta variável pode ser traduzido por Taiz e Zeiger (2013), em que afirmam que a produtividade de uma planta pode ser entendida como o produto da energia solar interceptada e do CO₂ fixado por esta planta, explicitando a importância da concentração interna desse gás.

Freire *et al.* (2014) verificaram efeito positivo da aplicação de biofertilizante, associada a utilização de cobertura morta, sobre a concentração interna de CO₂ em maracujazeiro amarelo. Os autores atribuíram tal efeito à condição nutricional propiciada pela aplicação de biofertilizante (fornecimento de elementos como N e K) e pelas boas condições hídricas em função da utilização de cobertura morta no solo.

Os maiores valores obtidos para esta variável na presença do biofertilizante estão relacionados à maior disponibilização de Mg²⁺ por esse insumo orgânico. Este fato está relacionado às funções que esse elemento desempenha nas plantas, como constituinte das moléculas de clorofilas sendo importante para o aumento das taxas fotossintéticas (PRADO, 2008) e fixação fotossintética do CO₂ (CAKMAK e KIRKBY, 2008).

Vale salientar que valores muito elevados na C_i no interior das folhas indicam que o CO_2 não estar sendo utilizado para a síntese de açúcares pelo processo fotossintético, conduzindo ao acúmulo desse gás, podendo este fato está sendo causado por algum fator não estomático, conforme Larcher (2006). Todavia, esse efeito não foi verificado no presente trabalho, uma vez que as taxas fotossintéticas totais levando em consideração o fator biofertilizante, apesar de não significativas, apresentaram um aumento de 20,24% nos tratamentos com aplicação de biofertilizante, em relação ao tratamento sem biofertilizante.

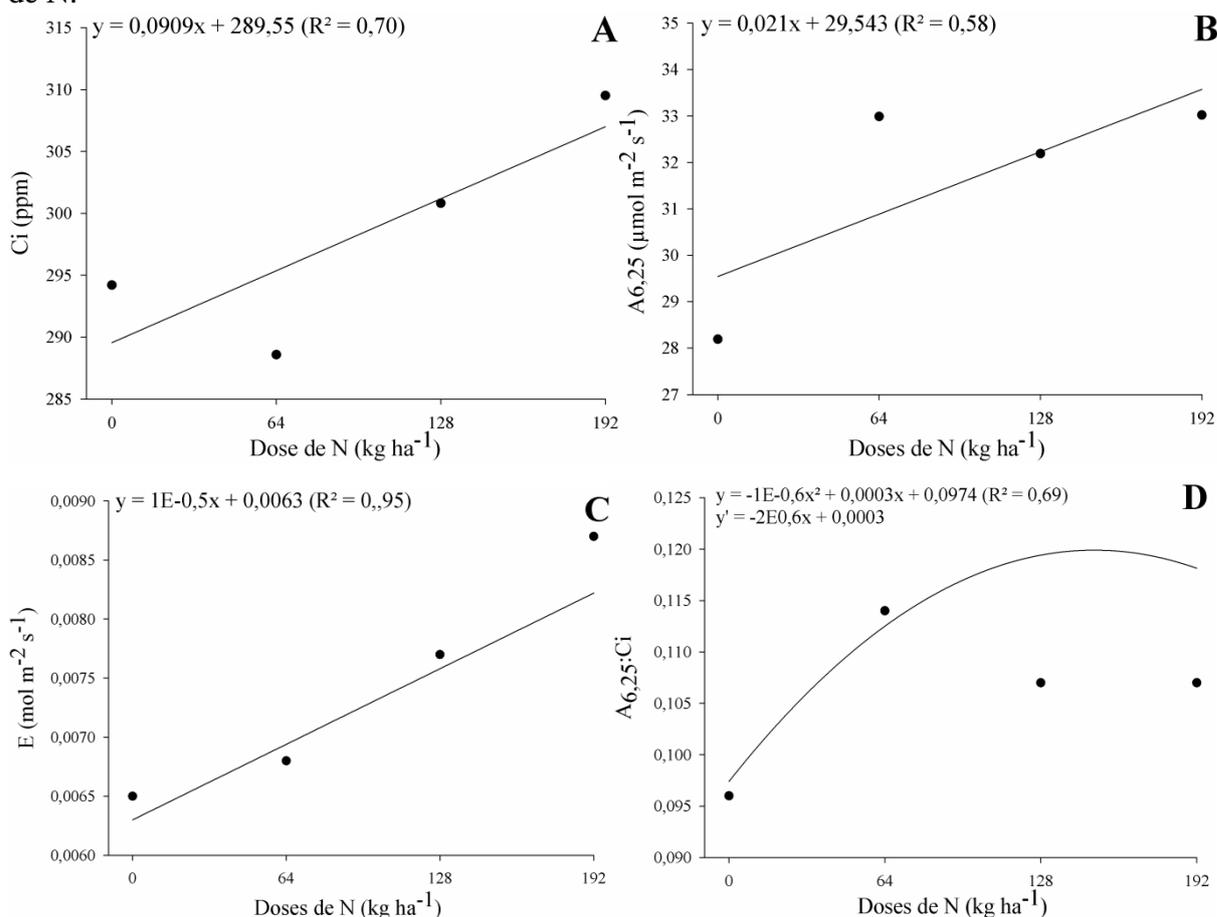
A variável C_i apresentou resposta positiva à aplicação de N, sendo seu maior valor verificado na maior dosagem aplicada (192 kg ha^{-1}). É importante observar que apesar do aumento significativo observado na C_i com o aumento das dosagens de N, o mesmo comportamento não foi verificado na variável taxa fotossintética líquida referente a $6,25 \text{ cm}^2$ da folha analisada ($A_{6,25}$, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Resultado parcialmente similar, foi observado por Cruz *et al.* (2007) em que verificaram redução da taxa fotossintética correlacionada com a manutenção das taxas de concentração interna de CO_2 na cultura do mamoeiro. Desta forma, o fato de a variável $A_{6,25}$ não ter apresentado o aumento esperado com o aumento de C_i , pode está relacionado, entre outros fatores, a algum efeito negativo do nitrogênio sobre a condutância do mesófilo e não por efeito negativo nas características dos estômatos, fato este evidenciado pelo aumento observado na C_i com o aumento das doses de N.

As taxas fotossintéticas observadas nas doses de 64, 128 e 192 kg ha^{-1} , foram superiores ao tratamento sem adubação nitrogenada, indicando o papel essencial do nitrogênio para a obtenção de maiores taxas fotossintéticas na cultura do rabanete. Comportamento semelhante já foi relatado em outras culturas, como pode ser observado em Cruz *et al.* (2007), que verificou aumento das taxas fotossintéticas na cultura do mamoeiro mediante aumento na concentração de N foliar.

A taxa de transpiração verificada na cultura do rabanete apresentou valores maiores mediante o aumento das doses de N. Essa tendência está de acordo com Sousa *et al.* (2016), em que avaliaram trocas gasosas de citros cultivado em dois níveis de adubação nitrogenada e verificaram aumento significativo neste parâmetro na maior dose de N aplicada. Outro resultado semelhante pode ser verificado em Fernandes *et al.* (2010), em que os autores estudaram o efeito da aplicação de nitrato de cálcio na cultura do meloeiro cultivado sob estresse salino, verificaram que o N diminui os danos da salinidade sobre a transpiração, fotossíntese e condutância estomática das plantas.

O efeito das doses de N sobre variáveis fisiológicas C_i , $A_{6,25}$, A_t e $A_{6,25}:C_i$, podem ser observados na figura 7.

Figura 7 – Concentração interna de CO_2 (A), Taxa fotossintética líquida referente a $6,25\text{ cm}^2$ da folha analisada (B), Transpiração (C), Razão entre a taxa fotossintética líquida de $6,25\text{ cm}^2$ e a concentração interna de CO_2 (D) em plantas de rabanete submetidas à diferentes dosagens de N.



Fonte: Elaborado pelo Autor

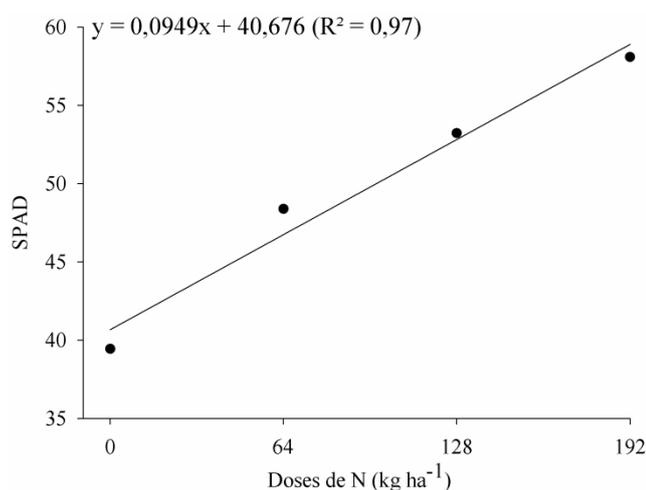
Conforme podemos observar na figura 7, apenas a variável razão entre a taxa fotossintética líquida de $6,25\text{ cm}^2$ e concentração interna de CO_2 ($A_{6,25}:C_i$) foi ajustada em um modelo quadrático em relação às doses de N, as demais variáveis (C_i ; $A_{6,25}$ e E) apresentaram ajustes lineares.

A variável $A_{6,25}:C_i$ representa a eficiência de carboxilação e constitui-se em um indicativo da eficiência fotossintética das plantas. A carboxilação, conforme Taiz e Zeiger (2013), é a etapa inicial do Ciclo de Calvin-Benson, processo que se constitui na mais importante forma de fixação de dióxido de carbono atmosférico, e, conseqüentemente, de incorporação do carbono nas estruturas celulares. Corroborando com os valores verificados

para as variáveis C_i e $A_{6,25}$, a $A_{6,25}:C_i$ apresentou valores menores nas maiores doses de N, decorrente do aumento da C_i e manutenção dos valores de $A_{6,25}$. Como citado anteriormente, a eficiência de carboxilação possui estreita relação com a concentração interna de CO_2 e com a taxa de assimilação de CO_2 . A redução da eficiência de carboxilação, no presente estudo, estar mais associada à redução da taxa de assimilação de CO_2 . Resultado semelhante foi observado por Tabatabaei (2006) em que verificou que o aumento da concentração de N no meio de cultivo induziu a redução das taxas de assimilação de CO_2 e nas taxas de transpiração em oliveira.

A figura 8 apresenta a relação índice SPAD versus doses de N, onde o modelo ajustado à curva foi o linear crescente.

Figura 8 – Índice SPAD em rabanete submetido a diferentes dosagens de N.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Silva *et al.* (2011) enfatizaram que o índice SPAD pode ser utilizado como indicativo da necessidade de aplicação de N, desde que seja conhecido o nível crítico (NC), isto é, abaixo do qual a planta responderá à adubação nitrogenada. Uma vez que em diversas culturas a concentração de clorofila ou o esverdeamento das folhas se correlaciona positivamente com a concentração foliar de nitrogênio, a medida da intensidade do verde nas folhas torna-se um índice de grande aplicação para verificação do estado de N nas plantas.

Obteve-se o valor de 58,09 para o índice SPAD na maior dose de N aplicada (192 kg ha⁻¹). Moreira e Vidigal (2011) definiram o nível ótimo do índice SPAD para a cultura do repolho aos 50 DAS, como 60,8. Bonfim-Silva *et al.* (2015) estudando o desenvolvimento do rabanete sob doses de cinza vegetal, encontrou o valor máximo de 44,7, valor intermediário aos verificados no presente trabalho, para o índice SPAD.

6.1.2 Caracteres agronômicos

Na tabela 7 observa-se o resumo do resultado da análise de variância realizada para as variáveis agronômicas das plantas colhidas aos 31 DAS.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância para as variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca de parte aérea (MSPA), comprimento da túbera (CT), diâmetro da túbera (DT), massa fresca da túbera (MFT), produtividade (PROD) e grau brix em rabanete em função de diferentes doses de N na ausência e presença de biofertilizante.

FV	GL	NF	AF	MFPA	MSPA	CT	DT	MFT	PROD	Brix
B	1	33,74**	2,23 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0,04 ^{ns}	4,93*	11,56**	11,56**	156,48**
DN	3	8,60**	4,86**	4,94**	7,76**	2,56 ^{ns}	14,03**	86,13**	86,13**	41,02**
B x DN	3	1,03 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,16 ^{ns}	2,49 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,87 ^{ns}	4,57*	4,37*	32,92**
Trat.	7	8,94**	2,67**	2,27*	4,63*	1,17 ^{ns}	7,09**	40,52**	40,52	54,05**
Res.	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	-	5,78	325,68	19,35	4,07	50,01	39,47	38,57	15,43	3,68
CV%	-	6,38	24,70	24,47	20,15	17,03	15,44	8,30	8,30	2,50

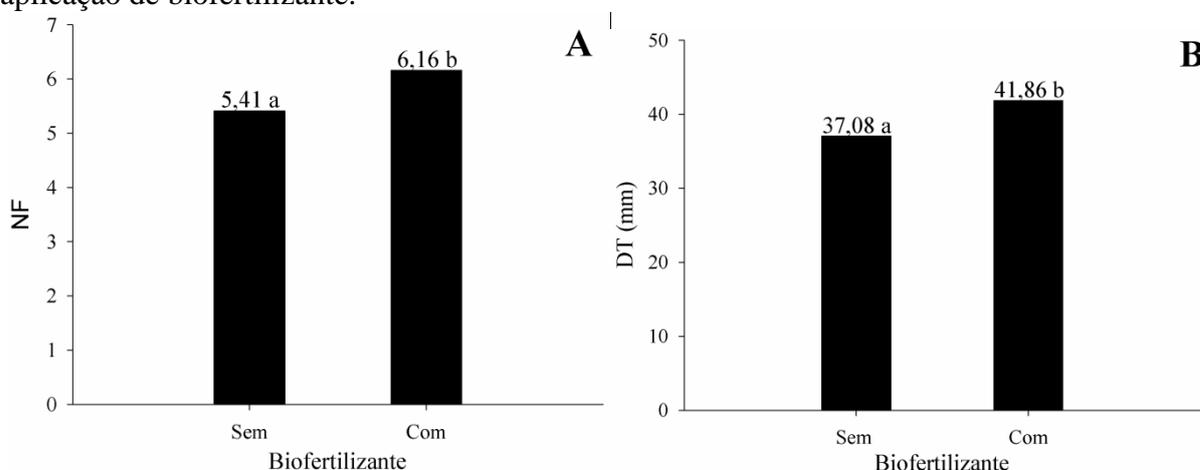
Fonte: Elaborado pelo Autor.

FV - Fontes de Variação; GL - grau de liberdade; Trat. – Tratamento; Res. – Resíduo; (B) - Biofertilizante; (DN) – Doses de N; CV - coeficiente de variação; **, *, ns – significativo pelo teste Tukey ao nível de 1%, 5% de significância e não significativo, respectivamente.

Observa-se que o fator biofertilizante propiciou efeito isolado significativo apenas nas variáveis NF, DT, MFT, PROD e Brix. O fator Doses de N apresentou efeito significativo em todas as variáveis agronômicas analisadas, com exceção da variável CT. A interação Biofertilizante x Doses de N (B x DN) apresentou efeito significativo MFT, PROD e Brix, indicando que nestas variáveis o efeito de um fator depende da ocorrência do outro fator, sendo inadequada, neste caso, a análise de efeitos principais nestas variáveis.

O resultado do teste de comparação de médias para as variáveis NF e DT, em relação ao fator biofertilizante, está apresentando na figura 9. Conforme pode ser observado na figura 9A, a aplicação de biofertilizante de esterco bovino potencializou a expressão da variável número de folhas, propiciando uma média significativamente superior (6,16) ao valor verificado para a condição sem aplicação de biofertilizante (5,51).

Figura 9 – Número de folhas (A) e diâmetro da túbera (B) em rabanete cultivado sem e com a aplicação de biofertilizante.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Efeito semelhante de insumos orgânicos já foi observado por outros autores em outras culturas agrícolas. Costa *et al.* (2014), por exemplo, verificaram um aumento na média dessa variável em amendoineiro em resposta à aplicação de biofertilizante bovino. Pereira *et al.* (2011) verificaram efeito positivo da incorporação de húmus de minhoca sobre o valor médio dessa variável na cultura do rabanete.

Na figura 9B pode-se observar que a variável diâmetro da túbera apresentou comportamento semelhante à variável número de folhas no que se refere à resposta ao fator biofertilizante, isto é, a média verificada para esta variável na condição com aplicação de biofertilizante foi estatisticamente maior (41,86 mm) que a observada para a condição sem aplicação de biofertilizante (37,08 mm).

Resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues *et al.* (2013), onde esses autores ao estudarem o potencial de utilização de insumos orgânicos em substituição à adubação mineral na cultura do rabanete, verificaram um incremento de 5% no diâmetro das raízes quando a cultura foi adubada com esterco bovino, em comparação à condição sem adubação. Aspectos relacionados ao conteúdo de nutrientes nestes insumos, assim como os benefícios físicos potenciais que esses materiais podem ocasionar no solo em que são aplicados, conforme Alencar (2014), Cavalcante *et al.* (2011) e Sousa *et al.* (2012), justificam as respostas positivas das culturas agrícolas a aplicação desses insumos, a exemplo do observado na presente pesquisa.

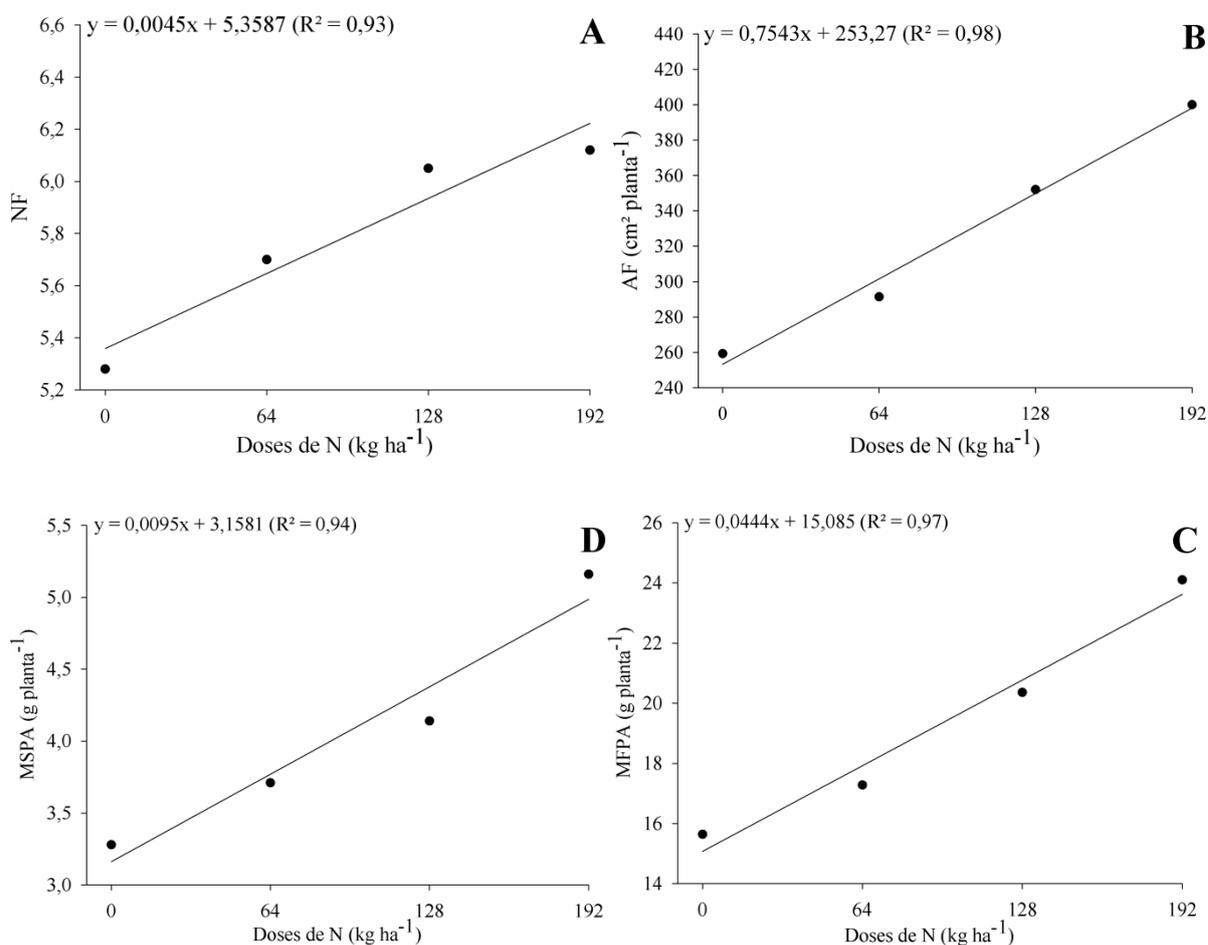
Como descrito anteriormente, foi verificado efeito isolado do fator doses de N nas variáveis NF, AF, MFPA, MSPA e DT. A maior média verificada para a variável número de folhas foi obtida com a aplicação da maior dose (192 kg ha⁻¹). Nas doses de 64, 128 e 192 kg ha⁻¹ verificou-se médias superiores em relação à dose 0, este resultado corrobora com as observações feitas por Singh *et al.* (1995) e Cardoso e Hiraki (2001) em que relataram resposta positiva da variável número de folhas na cultura do rabanete até doses de N de 300 kg ha⁻¹.

A variável área foliar apresentou comportamento semelhante à variável número de folhas descrita anteriormente, isto é, observou-se aumento nas médias desta variável mediante o aumento dos níveis de N. Cortez *et al.* (2010) verificou comportamento semelhante quando avaliou o efeito de diferentes níveis de N no solo sobre a variável área foliar na cultura do rabanete. Esse efeito positivo sobre a AF das plantas de rabanete causado pelo aumento dos níveis de N no solo está relacionado ao fato de esse elemento mineral ser constituinte de várias enzimas e hormônios que atuam na divisão e multiplicação celular, conforme Engels e Marschner (1995) e Malavolta (2006). É importante ressaltar nesse aspecto que, embora não observado tal efeito no presente trabalho, o desenvolvimento excessivo da parte aérea pode estabelecer competição entre as plantas em campo, especialmente por luz solar, podendo, desta forma, ocasionar diminuição da taxa líquida de fotossíntese, e conseqüentemente, propiciar efeito negativo sobre as variáveis de produção, conforme citou Cortez *et al.* (2010).

As variáveis MFPA e MSPA apresentaram comportamento semelhante às variáveis NF e AF, uma vez que estão estreitamente relacionadas entre si. A dose de 192 kg ha⁻¹ propiciou as maiores médias para estas variáveis, 24,10 g planta⁻¹ para MFPA e 5,16 g planta⁻¹ para MSPA, respectivamente. Esse resultado concorda com os resultados observados por El-Desuki *et al.* (2005) que verificaram incremento na massa fresca de folhas na cultura do rabanete, em resposta ao aumento das doses de doses N.

A figura 10 apresenta o efeito da aplicação de doses de N nas variáveis NF, AF, MFPA e MSPA. Observe que todas as variáveis apresentaram resposta linear em relação à elevação das doses de N. Modelos de resposta com correlação semelhante para estas variáveis podem ser verificados em Moreira *et al.* (2011), na cultura do repolho.

Figura 10 – Número de folhas (A), Área foliar (B), Massa fresca de parte aérea (C), Massa seca de parte aérea (D) em plantas de rabanete submetidas a diferentes doses de N.



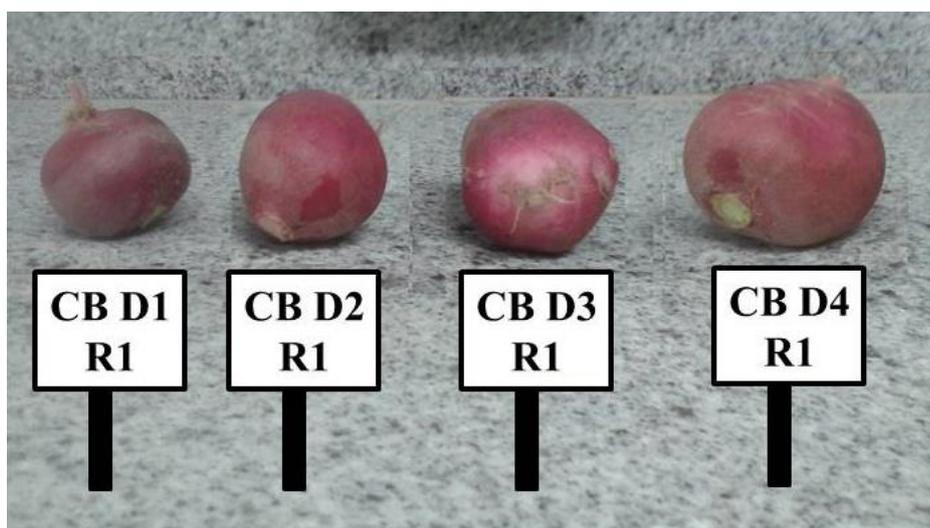
Fonte: Elaborado pelo Autor

Diversos outros trabalhos corroboram com os resultados verificados na presente pesquisa com relação às variáveis MFPA e MSPA, mostrando efeito positivo da adubação nitrogenada sobre a produção de fitomassa na cultura do rabanete. Ganthi *et al.* (1989) e Cardoso e Hiraki (2001), por exemplo, verificaram aumento na produção de folhas em resposta à aplicação de N até a dose de 150 kg ha⁻¹. Em outras culturas, resposta semelhante tem sido observada para esta variável em resposta ao incremento dos níveis de adubação nitrogenada. Moreira *et al.* (2011) verificaram esse efeito estudando o crescimento da cultura do repolho em função de níveis de aplicação de N, observando resposta positiva das variáveis massa fresca e massa seca da parte aérea com a elevação dos níveis de N no solo.

A variável diâmetro da túbera (DT) foi influenciada significativamente pelo fator Doses de N. A média máxima obtida para este parâmetro (47,93 mm) foi obtida em resposta à

aplicação da maior dose de N (192 kg h^{-1}). A figura 11 mostra as túberas obtidas para as doses de N na presença de biofertilizante.

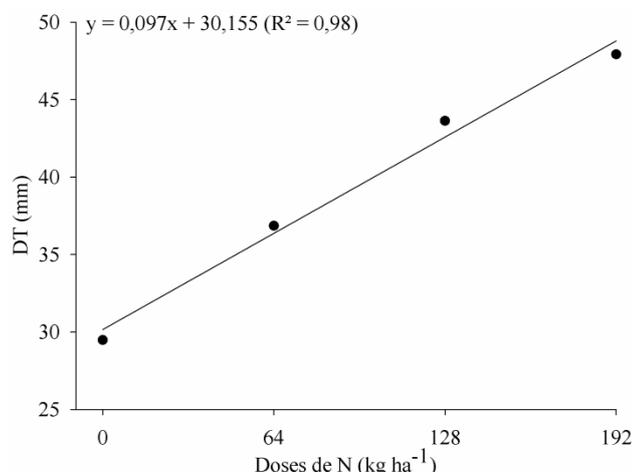
Figura 11 – Túberas de rabanete obtidas sob diferentes dosagens de N. CB – Com Biofertilizante; D1 – Dose de N (0 kg ha^{-1}); D2 – Dose de N (64 kg ha^{-1}); D3 – Dose de N (128 kg ha^{-1}); D4 – Dose de N (192 kg ha^{-1}); R- Repetição.



Fonte: Elaborado pelo Autor

A variável diâmetro da túbera apresentou resposta linear em relação à elevação dos níveis de N aplicado com correlação de 98% ($R^2 = 0,98$) entre a fonte de variação e a variável resposta, conforme a figura 12. Malavolta *et al.* (1997) destaca entre os papéis do nitrogênio na planta, sua função estrutural (constituente de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, clorofila ADP e ATP), além de seu papel nos processos de absorção iônica, multiplicação e diferenciação celular, justificando o aumento do diâmetro das raízes mediante o aumento da disponibilidade de N. Damasceno *et al.* (2011), que verificaram aumento do diâmetro com o aumento dos níveis de aplicação de N na cultura da beterraba, justificaram tal efeito pela maior capacidade de realização de fotossíntese pelas plantas adubadas com os maiores níveis de N, uma vez que constataram que as plantas submetidas a tais dosagens apresentaram as maiores médias para a variável massa fresca da parte aérea, provavelmente causada por incrementos no número de folhas e na área foliar, comportamento semelhante verificado no presente trabalho.

Figura 12 – Diâmetro da túbera em rabanete submetido à diferentes dosagens de N.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Os resultados verificados para esta variável diferem dos resultados verificados por Quadros *et al.* (2010), onde verificaram que o aumento nas doses de N não influenciaram essa variável de produção da cultura do rabanete. Caetano *et al.* (2015) também verificou resultados discordantes dos apresentados no presente trabalho ao avaliarem o efeito da aplicação de doses crescente de N sobre esta variável na cultura do rabanete. El-Desuki *et al.* (2005), todavia, encontraram resultados semelhantes ao presente trabalho, onde verificaram aumento no diâmetro das raízes mediante a aplicação de N. Outros resultados semelhantes podem ser verificado em Guvenc (2002) e em Vitti *et al.* (2007), ambos em estudos com a cultura do rabanete.

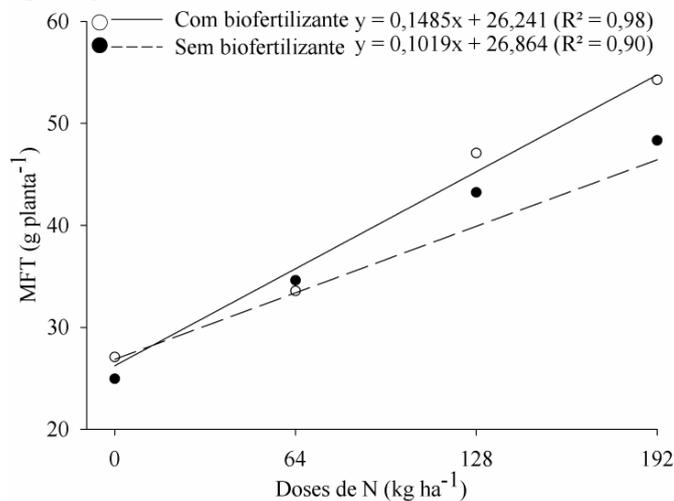
Verificou-se efeito de interação (Biofertilizante x Doses de N) para as variáveis MFT, PROD e Brix, indicando que a ação de um fator influenciou no potencial do outro fator expressar seu efeito sobre as variáveis resposta.

A maior média para a variável MFT (54,26 g) foi verificada na maior dosagem de N (192 kg ha⁻¹) na condição em que foi aplicado biofertilizante. Na condição sem aplicação de N e sem aplicação de biofertilizante verificou-se a menor média para este parâmetro (24,95 g planta⁻¹). Os resultados indicam que a aplicação de biofertilizante potencializa o efeito da aplicação do nitrogênio na cultura do rabanete. Esse efeito pode ser visualizado mais claramente na figura 13 onde estão traçadas curvas de respostas para a variável MFT em função da aplicação de doses de N, na condição sem aplicação de biofertilizante e na condição com aplicação de biofertilizante.

Os maiores valores de MFT verificados na condição com aplicação de biofertilizante está relacionado a função primária da aplicação de biofertilizantes, que é o

fornecimento de nutrientes. Nesse sentido têm-se verificado aumento nos teores de nutrientes no solo tratado com biofertilizante, justificando o incremento nas variáveis produtivas das culturas de interesse agrícola, isto é, o conteúdo nutricional desse material orgânico combinado com aplicação de fertilizantes químicos possibilita incremento nas médias dos parâmetros de crescimento. Esse efeito positivo pode ser constatado em Campos *et al.* (2008), na cultura do maracujazeiro amarelo, e Borges *et al.* (2016), na cultura do pimentão, por exemplo.

Figura 13 – Massa fresca da túbera submetida a diferentes doses de N sem aplicação de biofertilizante e com aplicação de biofertilizante.

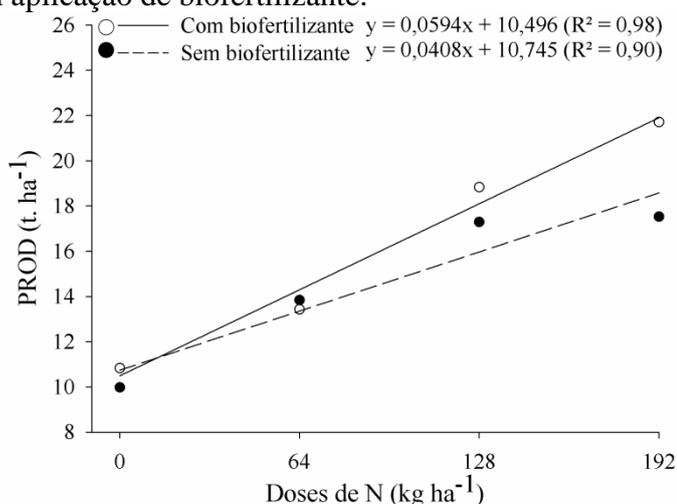


Fonte: Elaborado pelo Autor

Esse efeito positivo da aplicação de biofertilizante sobre a variável MFT pode estar relacionado aos efeitos benéficos que este material propicia nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. A aplicação de biofertilizante favorece o processo de agregação das partículas do solo, conforme Alves *et al.* (2009), melhorando a aeração do solo e o armazenamento de água (BETTIOL *et al.* 1998). Esses efeitos em conjunto possibilitam menor perda de N por lixiviação e maior disponibilização de nutrientes para a planta, conduzindo desta forma, à obtenção de melhores índices de crescimento. Resultados nesse aspecto foi observado por Silva Júnior *et al.* (2013) que atribuíram a maior absorção de Ca pela cultura do maracujazeiro amarelo cultivado sob aplicação de biofertilizante e adubação com N e K em solo arenoso, ao fato de este insumo orgânico afetar positivamente o potencial de lixiviação desse nutriente no solo e ao efeito aditivo desse nutriente pela aplicação do biofertilizante. Adicionalmente, Sangoi *et al.* (2003) verificaram redução da lixiviação de N em Nitossolo Vermelho, em função da incorporação de matéria orgânica ao solo.

Outra variável que apresentou significância para a interação B x DN foi a produtividade (PROD). A produtividade máxima observada (21,71 t ha⁻¹) foi obtida na condição com aplicação de biofertilizante quando se aplicou a maior dose de N (192 kg ha⁻¹). Em contrapartida, a menor produtividade (9,98 t ha⁻¹) foi obtida na condição sem aplicação de biofertilizante quando não foi aplicado N nas parcelas experimentais (figura 14).

Figura 14 – Produtividade de rabanete cultivado sob diferentes doses de N sem aplicação de biofertilizante e com aplicação de biofertilizante.



Fonte: Elaborado pelo Autor

À exemplo das observações feitas para a variável MFT, a aplicação de biofertilizante potencializou o efeito da aplicação de doses de N sobre a variável produtividade da cultura do rabanete. O efeito descrito está de acordo com Cortez *et al.* (2010) que obteve produtividade máxima da cultura do rabanete (20,3 t ha⁻¹) quando utilizou a combinação da aplicação de 75 t ha⁻¹ de esterco com 139 kg ha⁻¹ de N, evidenciando o efeito positivo da interação adubação orgânica com a mineral na cultura do rabanete.

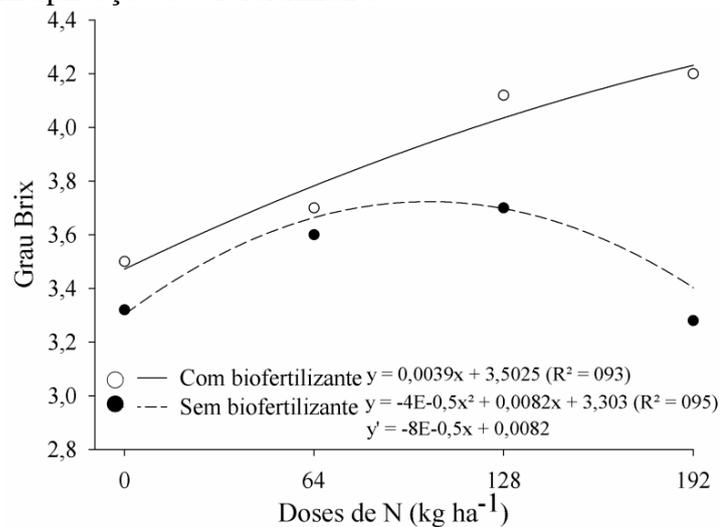
O efeito positivo da utilização de biofertilizante sobre a produtividade de culturas agrícolas já foi documentado por outros autores, concordando com o descrito no presente trabalho. Santos *et al.* (2014), por exemplo, obteve produtividade de 25,87 t ha⁻¹ na cultura do melão quando empregou doses de biofertilizante bovino 1,41 semana⁻¹ planta⁻¹, valor próximo ao obtido por produtores tradicionais que é de 30 t ha⁻¹. Santos *et al.* (2012), avaliando o rendimento da abóbora em função de doses de biofertilizante suíno, obtiveram produtividade máxima (7,54 t ha⁻¹) quando aplicaram a dose de 35,34 L ha⁻¹. Os autores salientaram ainda que para a obtenção de melhores resultados para a cultura da abóbora, é recomendado a

combinação da aplicação do biofertilizante com a adubação mineral, para suprir, principalmente, a demanda de P.

A variável Grau Brix também apresentou interação significativa para a combinação das fontes de variação testadas no presente trabalho. O valor máximo para esta variável foi observado na dose de 192 kg ha⁻¹ de N na condição com aplicação de biofertilizante.

De maneira semelhante ao observado para as demais variáveis que apresentaram interação significativa para os fatores analisados, a variável Grau Brix apresentou médias superiores quando as doses de N foram combinadas com a aplicação de biofertilizante, conforme pode ser observado na figura 15.

Figura 15 – Grau Brix de rabanete cultivado sob diferentes doses de N sem aplicação de biofertilizante e com aplicação de biofertilizante.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Efeitos positivos da aplicação de N sobre o teor de sólidos solúveis na cultura do rabanete podem ser verificados em El-Desuki *et al.* (2005). O potencial aditivo de N e outros nutrientes com a aplicação do biofertilizante ocasionou elevação dos valores médios verificados na combinação DN x B. Efeito semelhante da aplicação de biofertilizante sobre o teor de sólidos totais foi verificado por Santos *et al.* (2012) na cultura do melão, onde encontrou significância para a interação tipos e doses de biofertilizante combinada com a aplicação de adubação mineral. Contraopondo-se à explicação dada anteriormente ao efeito positivo do aumento de níveis de nutrientes na variável Grau Brix, na condição sem aplicação de biofertilizante observou-se um decréscimo na expressão desse parâmetro a partir da aplicação de 102,5 kg ha⁻¹. Bénard *et al.* (2011) verificaram um comportamento parcialmente

semelhante, analisando a expressão dessa variável na cultura do tomateiro, verificando uma redução neste parâmetro com o aumento do fornecimento de N.

Nas condições em que foi realizado o presente trabalho, essa redução no teor de sólidos solúveis é de difícil interpretação visto o comportamento oposto verificado para a condição com aplicação de biofertilizante e ao aumento verificado até a dosagem de 102,5 kg ha⁻¹ de N na condição sem aplicação de biofertilizante. Esse efeito provavelmente pode estar relacionado à ausência dos efeitos benéficos da aplicação do biofertilizante com relação aos aspectos de armazenamento de água no solo, por exemplo, que mesmo em condições adequadas de manejo da irrigação, pode ter influenciado negativamente este parâmetro na cultura do rabanete.

6.1.3 Teores de macronutrientes

A tabela 8 a seguir resume a análise variância realizada para os teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas aos 31 DAS.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg (g kg⁻¹) para os fatores de tratamento (Biofertilizante e Doses de N) e sua interação na cultura do rabanete.

FV	GL	N	P	K	Ca	Mg
B	1	0,54 ^{ns}	10,02**	1,26 ^{ns}	5,62*	1,49 ^{ns}
DN	3	4,24*	2,02 ^{ns}	1,37 ^{ns}	4,89**	2,61 ^{ns}
B x DN	3	0,13 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Trat.	7	1,95 ^{ns}	2,56*	0,83 ^{ns}	3,66**	1,39 ^{ns}
Res.	24	-	-	-	-	-
Total	31	-	-	-	-	-
Média	-	51,47	4,54	42,95	26,24	7,86
CV%	-	16,68	13,96	8,64	8,89	25,27

Fonte: Elaborado pelo Autor.

FV - Fontes de Variação; GL - grau de liberdade; Trat. – Tratamento; Res. – Resíduo; (B) - Biofertilizante; (DN) – Doses de N; CV - coeficiente de variação; **, *, ns – significativo pelo teste Tukey ao nível de 1%, 5% de significância e não significativo, respectivamente.

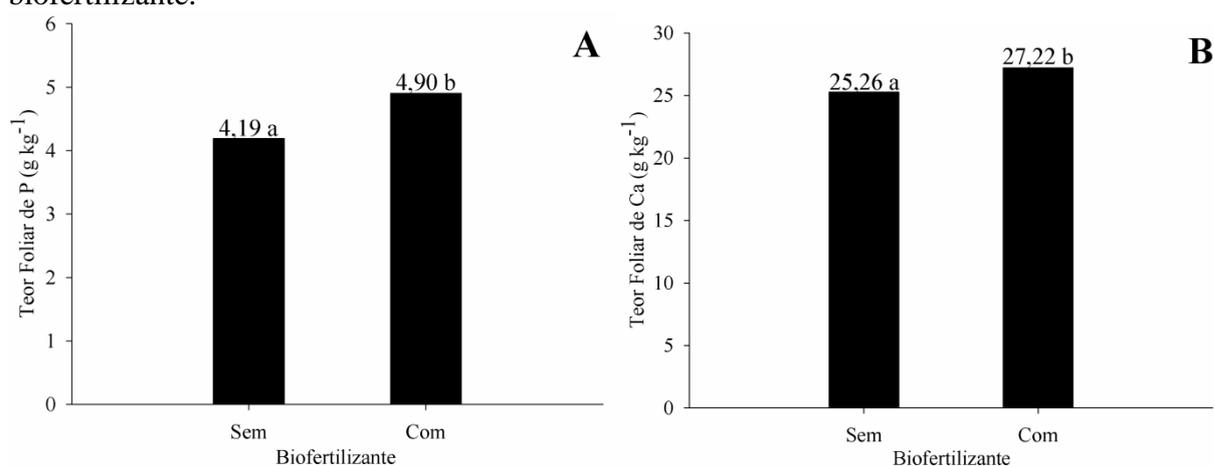
Conforme pode ser observado, não se verificou interação significativa dos fatores analisados para nenhum dos macronutrientes avaliados. Todavia, verificou-se efeito principal do fator Biofertilizante sobre as variáveis teor de P ($\alpha = 1\%$) e teor de Ca ($\alpha = 5\%$). O fator Doses de N influenciou significativamente os teores de N ($\alpha = 5\%$) e Ca ($\alpha = 1\%$). Os teores

de macronutrientes foliar verificados no presente estudo situam-se dentro da faixa ideal para a cultura do rabanete, sugerida por Faquin (2004).

De acordo com a tabela 7, o teor de Mg não foi influenciado significativamente pelos fatores analisados no presente trabalho. Coutinho Neto *et al.* (2010) verificaram que em doses elevadas de N a adubação potássica não influenciou os teores de Mg na planta, atribuindo este fato ao aumento dos sítios de ligação dos íons em função do melhor desenvolvimento da cultura. Conforme Prado (2008) a absorção de Mg^{2+} é afetada pela disponibilidade de K^+ no meio, devido a efeitos de competição iônica na absorção. Assim, considerando que foi aplicada a dose recomendada de K em todas as repetições (78 kg de K_2O ha^{-1}), possivelmente o teor desse nutriente pode ter influenciado a absorção de Mg pela planta.

Na figura 16 pode-se verificar o Teste de Tukey realizado para os teores de P e Ca submetidos a duas condições de aplicação de biofertilizante (com e sem).

Figura 16 – Teor foliar de P (A) e Ca (B) em rabanete cultivado sem e com a aplicação de biofertilizante.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

O teor de P (figura 16A) foi incrementado com a aplicação de biofertilizante de esterco bovino. Efeitos positivos da aplicação de biofertilizante sobre o teor de P foliar já foi relatado para outras culturas de interesse agrícola. Borges *et al.* (2016), por exemplo, verificou maiores teores de fósforo ao aplicar biofertilizante de fermentação aeróbia na cultura do pimentão cultivada em vaso. Efeito similar foi verificado por Sedyama *et al.* (2009) na cultura do quiabeiro quando realizou a aplicação de biofertilizante suíno. Semelhante ao efeito observado no presente estudo, Santos *et al.* (2017) estudando a nutrição de mudas micropropagadas de bananeiras Prata Catarina adubadas com biofertilizantes verificaram maior teores foliares de P em mudas adubadas com biofertilizante bovino

mediante o aumento das doses desse insumo orgânico. Já Viana *et al.* (2013) avaliaram o efeito da adubação com biofertilizante sobre os teores foliares de N, P e K na cultura do melão e verificaram que o biofertilizante bovino proporcionou maiores teores foliares de P na cultura, em relação ao biofertilizante misto (esterco bovino e de aves). Esse efeito aditivo da aplicação de biofertilizante sobre o teor de P pode ser explicado pelo aumento do fornecimento desse nutriente mediante a aplicação daquele material, em virtude da concentração de P nesse insumo orgânico ($1,4 \text{ g L}^{-1}$ de P). A aplicação do biofertilizante, desta forma, incrementou o potencial da aplicação da adubação mineral.

Outra explicação para o aumento do teor de P verificado com a aplicação de biofertilizante pode está relacionada ao efeito sinérgico do Mg na absorção de P. Esse efeito já foi descrito por Prado (2008), onde o autor afirma que o Mg funciona como um carregador do P, atuando na ativação da ATPase nas membranas, contribuindo, desta forma, com o processo de absorção, além disso, contribuindo para a geração de ATP na fotossíntese e respiração.

Embora a aplicação de biofertilizante não tenha influenciado significativamente o teor de Mg, a média, em termos absolutos, para esta variável foi superior quando houve aplicação ($8,29 \text{ g kg}^{-1}$) em relação à condição sem aplicação ($7,44 \text{ g kg}^{-1}$). Esse aumento na concentração de Mg pode ter exercido efeito significativo na absorção de P, verificado pelos maiores teores de P foliar na cultura.

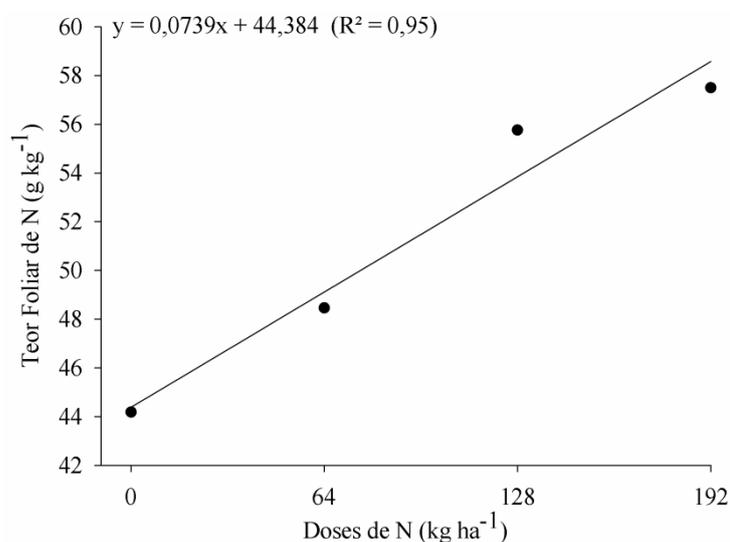
O teor foliar de Ca foi incrementado pela aplicação de biofertilizante bovino. A aplicação desse insumo elevou em 8% o teor foliar de Ca na cultura do rabanete (figura 18B). A elevada concentração de Ca na matéria seca do biofertilizante bovino ($2,5 \text{ g L}^{-1}$, tabela 2) explica a maior absorção deste elemento pela cultura em resposta à maior disponibilização deste no meio de cultivo. Esse resultado difere do efeito verificado por Santos (2012). Essa autora verificou uma tendência decrescente do teor de Ca em plantas de meloeiro com o aumento das doses de biofertilizante, associando esse efeito ao aumento da disponibilidade de Mg com aplicação do biofertilizante no solo, inibindo, por competição, a absorção de Ca. Esse efeito não foi observado na presente pesquisa, onde o teor de Mg nas folhas não apresentou significância em relação à aplicação de biofertilizante, sendo o comportamento do teor de Ca explicado pelo conteúdo deste elemento na composição do biofertilizante, como citado anteriormente.

Conforme a tabela 8 houve efeito significativo do fator Doses de N sobre o teor de N e Ca. Para a variável teor de N, o valor máximo ($57,50 \text{ g kg}^{-1}$) foi obtido quando se aplicou

a maior dose (192 kg de N ha⁻¹), observando-se resposta crescente dessa variável mediante o aumento das dosagens aplicadas. Efeito semelhante foi observado por Coutinho Neto *et al.* (2010) ao avaliarem o estado nutricional da cultura do rabanete submetido à adubação nitrogenada e potássica. Neste trabalho, os autores verificaram influência significativa do aumento das doses de N sobre o teor foliar desse nutriente na cultura do rabanete, sendo a média máxima igual a 51 g kg⁻¹. Comportamento semelhante nesse aspecto também pode ser verificado em Quadros *et al.* (2010), onde estudando doses de nitrogênio na produção de rabanete fertirrigado constataram que o teor de N foliar aumentou de forma linear à medida que aumentaram-se os níveis de N aplicados. Essa maior quantidade de N absorvida corrobora com as observações feitas nas variáveis de crescimento apresentadas anteriormente, onde o aumento nas doses de N propiciou elevação nas médias de grande parte destas variáveis, evidenciando o papel fundamental desse elemento no crescimento das plantas.

O teor de N respondeu de maneira linear à aplicação de N, conforme pode ser observado na figura 17.

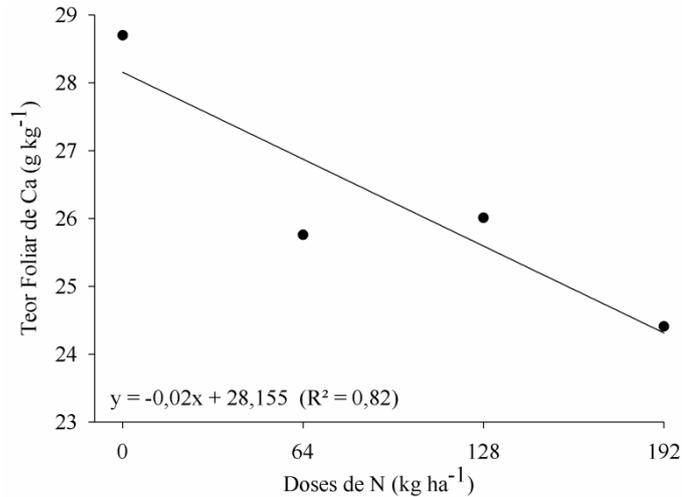
Figura 17 – Teor foliar de N em rabanete submetido à diferentes doses de N.



Fonte: Elaborado pelo Autor

A variável teor de Ca apresentou comportamento linear decrescente em função do aumento das Doses de N, conforme figura 18.

Figura 18 – Teor foliar de Ca em rabanete submetido à diferentes doses de N.



Fonte: Elaborado pelo Autor

A maior média para a variável teor de Ca ($28,70 \text{ g kg}^{-1}$) foi obtida quando não foi realizada aplicação de N. Essa redução no teor de Ca pode estar relacionado à ocorrência de um efeito de diluição ocasionado pelo aumento da MFPA em resposta ao aumento das doses de N. Prado (2008) salienta que esse efeito diluição do nutriente pela formação de material orgânico é também conhecido por efeito Steembjerg. Em Adell *et al.* (1999a) pode-se verificar um exemplo de efeito de diluição na cultura do feijoeiro, onde as plantas adubadas com N apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea e, desta forma, menores teores de N aos 38 dias após a germinação.

6.2 Resultados – experimento com doses de K

6.2.1 Caracteres fisiológicos

A tabela 9 contém o resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas medidas em plantas de *Raphanus sativus L.* cultivadas sob diferentes doses de K com e sem aplicação de biofertilizante.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para Concentração interna de CO₂ (Ci, ppm), Taxa fotossintética líquida referente a 6,25 cm² da folha analisada (A_{6,25}, μmol m⁻² s⁻¹), Transpiração (E, mol m⁻² s⁻¹), Razão entre a taxa fotossintética líquida de 6,25 cm² e a concentração interna de CO₂ (A_{6,25}:Ci) e Índice SPAD para os fatores de tratamento (Biofertilizante e Doses de K) e sua interação em rabanete.

FV	GL	Ci	A _{6,25}	A _{6,25} :Ci	E	SPAD
B	1	9,26**	0,80 ^{ns}	0,18 ^{ns}	7,30*	9,28**
DK	3	6,20**	3,82*	2,56 ^{ns}	2,92 ^{ns}	2,29 ^{ns}
B x DK	3	1,07 ^{ns}	2,60 ^{ns}	2,86 ^{ns}	0,31 ^{ns}	2,55 ^{ns}
Trat.	7	4,44**	2,86*	2,35 ^{ns}	2,42*	2,54*
Res.	24	-	-	-	-	-
Total	31	-	-	-	-	-
Média	-	307,81	28,04	0,091	0,0083	47,40
CV%	-	2,88	17,90	18,06	19,98	17,04

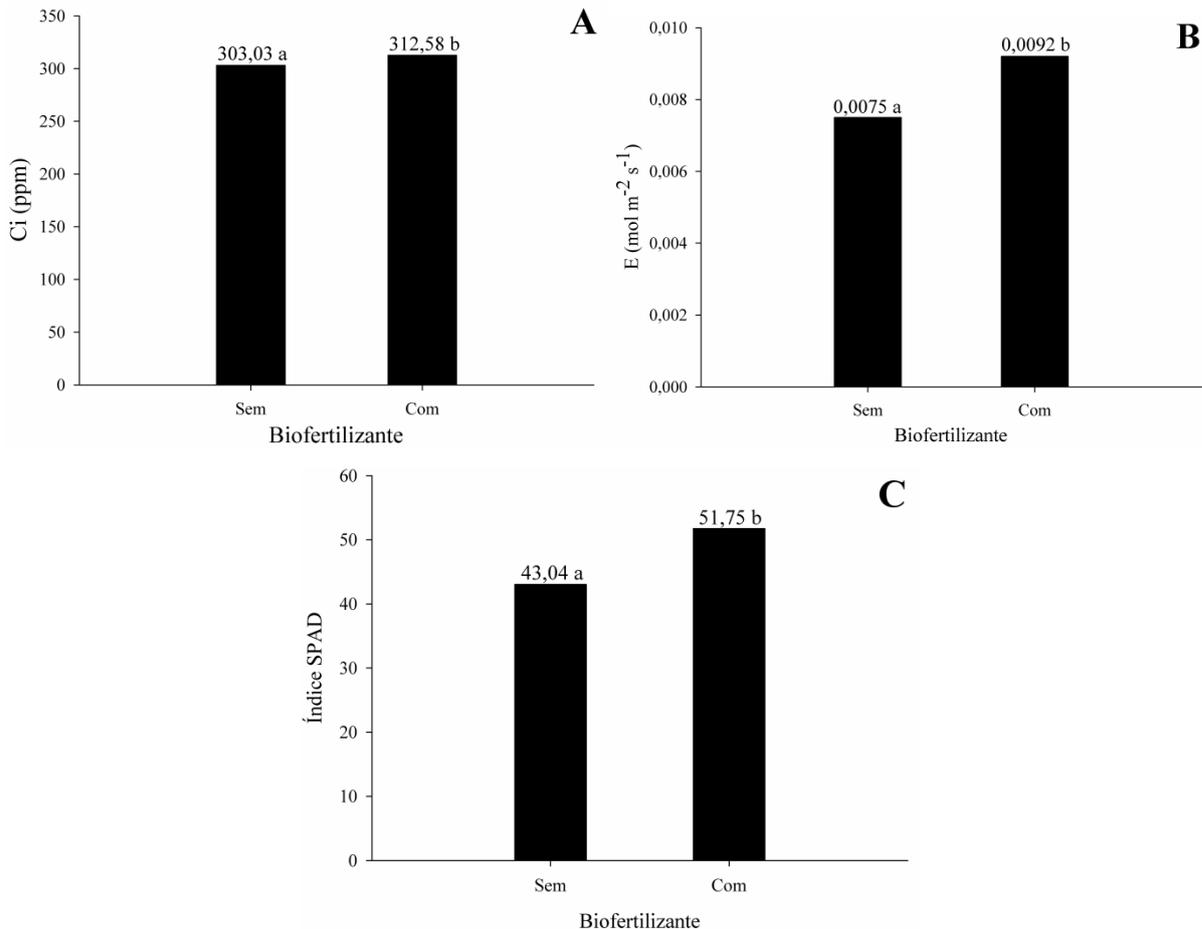
Fonte: Elaborado pelo Autor.

FV - Fontes de Variação; GL - grau de liberdade; Trat. – Tratamento; Res. – Resíduo; (B) - Biofertilizante; (DK) – Doses de K; CV - coeficiente de variação; **, *, ns – significativo pelo teste Tukey ao nível de 1%, 5% de significância e não significativo, respectivamente.

Conforme se pode observar na tabela 9 não se verificou efeito significativo de interação para nenhuma das variáveis analisadas. O fator biofertilizante influenciou significativamente as variáveis Ci (F_{1%} = 9,26), E (F_{5%} = 7,30) e Índice SPAD (F_{1%} = 9,28). O fator doses de K apresentou efeito principal significativo sobre as variáveis Ci (F_{1%} = 6,20) e A_{6,25} (F_{5%} = 3,82).

Observa-se na figura 19 o resumo do teste de comparação de médias realizado para as variáveis Ci (figura 19A), E (figura 19B) e Índice SPAD (figura 19C) de *Raphanus sativus L.* com e sem aplicação de biofertilizante.

Figura 19 – Concentração interna de CO₂ (A), Transpiração (B) e Índice SPAD (C) em rabanete cultivado sem e com a aplicação de biofertilizante.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

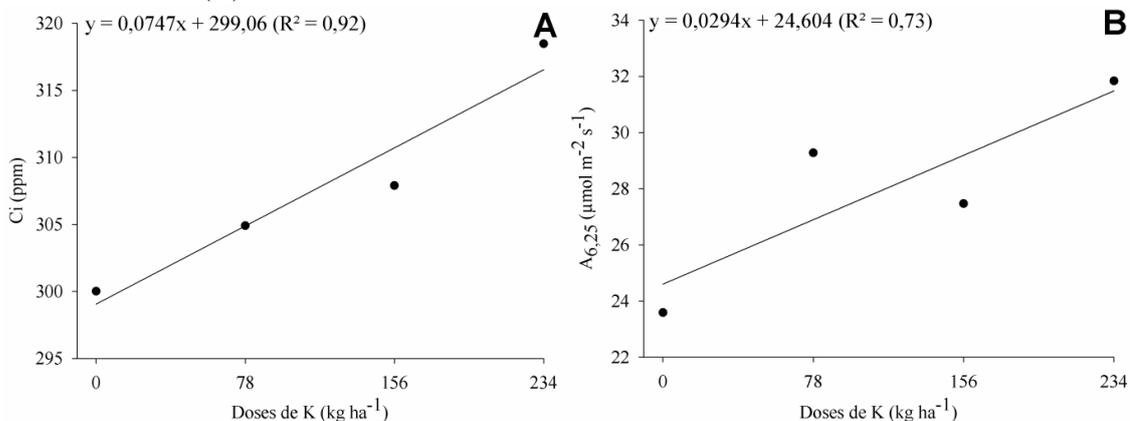
A concentração interna de CO₂ foi incrementada em 3,15% pela aplicação de biofertilizante ao solo. Estudando a cultura do maracujazeiro amarelo, Freire *et al.* (2014) verificaram efeito positivo sobre a variável concentração interna de CO₂ em função da aplicação de biofertilizante, associada a utilização de cobertura morta. Neste trabalho os autores atribuíram o efeito observado a melhoria na condição nutricional propiciada pela aplicação de biofertilizante e pelas boas condições hídricas em função da utilização de cobertura morta no solo.

A aplicação de biofertilizante elevou a taxa de transpiração da cultura do rabanete. Tendências semelhantes foram observadas em Viana *et al.* (2013), onde os autores verificaram efeito positivo da aplicação de doses de biofertilizante bovino sobre a taxa de transpiração da cultura do meloeiro aos 60 DAT. Freire *et al.* (2014) observou um aumento na transpiração na cultura do maracujazeiro amarelo ao aplicar biofertilizante bovino em condições de campo. O efeito aditivo da aplicação de biofertilizante sobre a fertilidade e outros efeitos positivos sobre os atributos do mesmo que possibilitam maior absorção de água, justificam esse efeito positivo sobre esta variável.

O Índice SPAD foi influenciado positivamente pela aplicação de biofertilizante de esterco bovino, apresentando aumento de 20,24% em relação à condição sem aplicação de biofertilizante (figura 21C). Conforme citado anteriormente, há uma forte correlação entre o índice SPAD e a concentração foliar de N. Assim, maior valor médio para o índice SPAD nas parcelas em que foi realizada a aplicação de biofertilizante era esperado pelo efeito aditivo no fornecimento de N às plantas, já que nesta parte do experimento a dose de N aplicada foi a mesma para todas as parcelas (64 kg N ha^{-1}).

O fator doses de K influenciou significativamente as variáveis C_i e $A_{6,25}$. A média da concentração interna de CO_2 apresentou valores maiores mediante o aumento das doses de K, atingindo valor máximo de 318,48 ppm na dose máxima (234 kg ha^{-1} de K). Comportamento parcialmente semelhante foi observado para a variável fotossíntese líquida referente a $6,25 \text{ cm}^2$ da folha analisada, onde se verificou média máxima de $31,84 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na dosagem máxima de K ($234 \text{ kg de K ha}^{-1}$). A figura 20 a seguir representa o efeito das doses de K sobre as variáveis C_i e $A_{6,25}$.

Figura 20 – Concentração interna de CO_2 (A) e taxa fotossintética líquida referente a $6,25 \text{ cm}^2$ da folha analisada (B) em rabanete submetido à diferentes doses de K.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme pode ser observado na figura 20A, a variável C_i apresentou modelo linear em relação às doses de K. O potássio possui diversas funções na planta, destacando-se seu efeito sobre a abertura e fechamento estomático, conforme Maia *et al.* (2011). Dado esse importante papel mencionado referente ao potássio, a correta nutrição das culturas agrícolas com relação a esse nutriente é imprescindível para a obtenção de adequados níveis de trocas gasosas, assimilação e concentração de CO_2 .

A variável $A_{6,25}$, à exemplo da variável C_i , apresentou comportamento linear com relação às doses de K, com $R^2 = 0,73$. Esse comportamento justifica-se pelo papel que o K desempenha em vários sistemas enzimáticos que participam do metabolismo na planta, dentre estes sistemas destaca-se a fotossíntese, conforme destaca Taiz e Zeiger (2004), Malavolta (2006) e Filgueira (2008). Além da função de ativador enzimático, o papel do K como elemento osmorregulador também possui grande influência sobre o processo fotossintético na planta. Corroborando com o efeito linear crescente verificado para a taxa fotossintética mediante o aumento dos níveis de K, Prado (2008) destaca que em condições de baixo suprimento de K^+ os estômatos não se abrem regularmente, conduzindo a menor entrada de CO_2 e, portanto, menor intensidade fotossintética.

6.2.2 Caracteres agronômicos

Na tabela 10 observa-se o resumo da análise de variância realizada para as variáveis agronômicas das plantas de rabanete colhidas aos 31 DAS.

Tabela 10 – Resumo da análise de variância para as variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca de parte aérea (MSPA), comprimento da túbera (CT), diâmetro da túbera (DT), massa fresca da túbera (MFT), produtividade (PROD) e grau brix em rabanete.

FV	GL	NF	AF	MFPA	MSPA	CT	DT	MFT	PROD	Brix
B	1	0,86 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,56 ^{ns}	2,58 ^{ns}	8,20 ^{**}	8,20 ^{**}	7,14 [*]
DK	3	0,78 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,23 ^{ns}	3,59 [*]	3,44 [*]	3,44 [*]	7,37 ^{**}
B x DK	3	0,13 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,02 ^{**}	0,28 ^{ns}	0,04 [*]	0,29 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,35 ^{ns}
Trat.	7	0,51 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,10 ^{**}	0,30 ^{ns}	1,92 ^{ns}	2,77 [*]	2,77 [*]	4,33 ^{**}
Res.	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	-	6,39	336,79	18,87	4,05	52,94	43,03	45,69	18,27	4,54
CV%	-	11,90	16,59	21,12	19,52	14,59	13,64	21,41	21,41	4,22

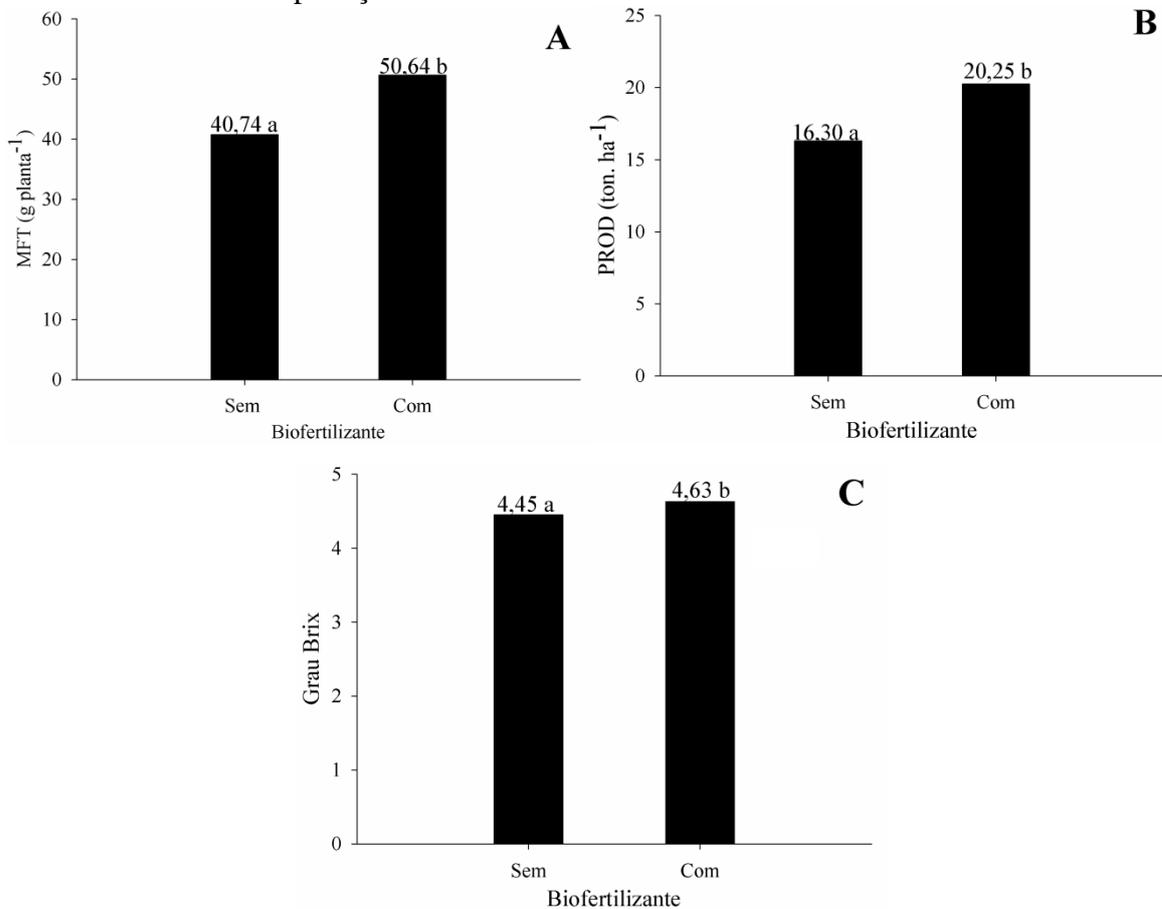
Fonte: Elaborado pelo Autor.

FV - Fontes de Variação; GL - grau de liberdade; Trat. – Tratamento; Res. – Resíduo; (B) - Biofertilizante; (DN) – Doses de N; CV - coeficiente de variação; **, *, ns – significativo pelo teste Tukey ao nível de 1%, 5% de significância e não significativo, respectivamente.

Conforme pode ser observado na tabela 11, houve efeito de interação entre os fatores Doses K x Biofertilizante apenas nas variáveis MSPA e DT. O fator Biofertilizante influenciou significativamente as variáveis MFT, PROD e Brix. As variáveis DT, MFT, PROD e Brix apresentaram efeito principal do fator Doses de K.

A figura 21 resume o teste de Tukey realizado para as variáveis MFT, PROD e Grau Brix da cultura do rabanete cultivado com e sem a aplicação de biofertilizante.

Figura 21 – Massa fresca da túbera (A), produtividade (B) e grau brix (C) em rabanete cultivado sem e com a aplicação de biofertilizante.



Fonte: Elaborado pelo Autor

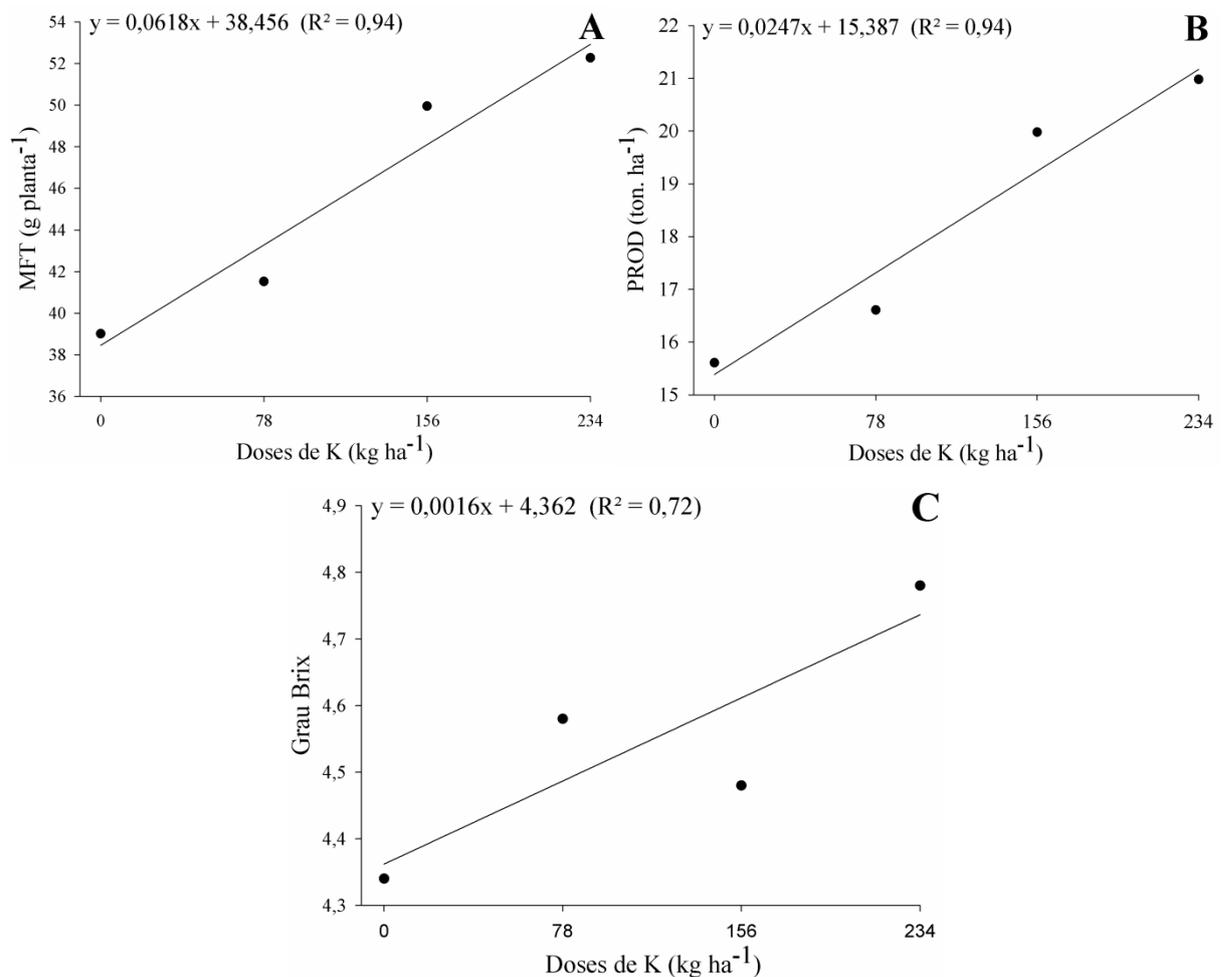
Médias seguidas por letras diferentes minúsculas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Conforme se pode observar na figura 21 a aplicação de biofertilizante incrementou em 24,30; 24,23 e 4,04% as médias das variáveis MFT, PROD e Grau Brix, respectivamente. Os efeitos positivos da aplicação de biofertilizantes sobre o desenvolvimento de culturas agrícolas são ocasionados pelos benefícios como seu potencial de melhorar a capacidade de retenção de água no solo, por exemplo. Esses efeitos positivos da aplicação de materiais orgânicos sobre o crescimento de plantas já foram observados por diversos autores como Pereira *et al.* (2011) que estudaram o efeito da aplicação de húmus de minhoca, esterco bovino e biofertilizante na cultura do rabanete, Rodrigues *et al.* (2013) que analisaram o potencial de utilização de esterco bovino e de aves em substituição à fertilização mineral na cultura do rabanete, e Costa *et al.* (2014) que ao estudarem o crescimento inicial de amendoineiro irrigado com águas salinas em diferentes substratos, verificaram efeito

positivo da aplicação de biofertilizante (bovino e caranguejo) sobre várias variáveis de crescimento.

O fator Doses de K influenciou significativamente as variáveis MFT, PROD e Grau Brix. Na figura 22 está representado o efeito das diferentes doses de K sobre as médias das variáveis agrônômicas significativas para este fator.

Figura 22 – Massa fresca da túbera (A), Produtividade (B) e Grau Brix (C) em rabanete submetidos doses de K.



Fonte: Elaborado pelo Autor

A variável MFT respondeu positivamente ao aumento dos níveis de K no solo (figura 22A), representado por um modelo linear crescente com $R^2 = 0,94$. A importância do K na produção de raízes de rabanete foi descrita por Cecílio Filho *et al.* (1998) onde os autores indicaram maior redução de produção de raízes em resposta à deficiência de K que em relação à deficiência de N. Essa resposta positiva para o ganho de massa da raiz explicita a importância da adequada nutrição com esse nutriente para a produção de plantas

armazenadoras de reservas em órgãos subterrâneos, o que faz deste elemento, o nutriente mais extraído pela cultura, muito em função de função no transporte de açúcares, conforme salientaram Alves *et al.* (2008).

Resultados semelhantes aos verificados no presente trabalho para a variável MFT foram descritos por Gouveia (2016), em que verificou crescimento linear da média da variável massa fresca de raiz em resposta ao aumento das doses de K.

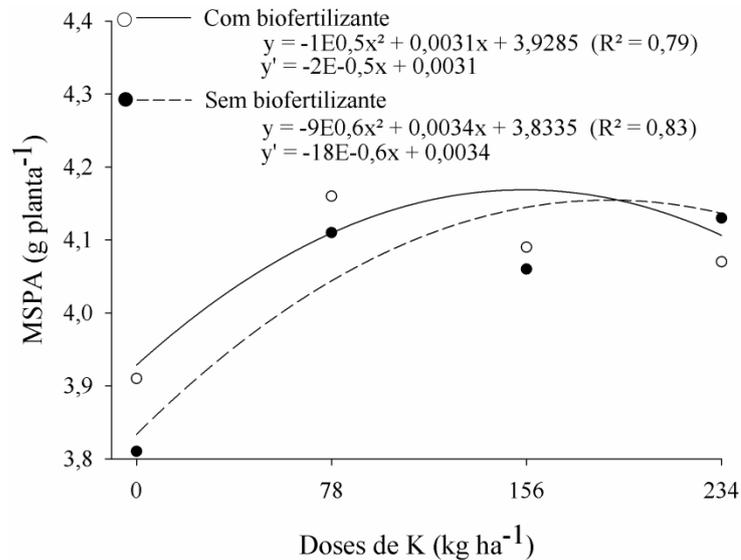
A variável produtividade (figura 22B) foi ajustada em um modelo linear crescente em relação à doses de K. Gouveia (2016) verificou efeito similar sobre os ganhos em produção na cultura do rabanete com o aumento das doses de K, obtendo produtividade de 24,12 t ha⁻¹ na dose 0 e 33,57 t ha⁻¹ na dose máxima (90 kg ha⁻¹). Taiz e Zeiger (2004) afirmaram que o efeito do potássio no transporte de carboidratos da fonte (folhas) para os drenos (raiz) justifica a resposta positiva da produtividade e qualidade de raízes das culturas à aplicação de níveis crescentes de K. Outras funções do potássio, já salientadas anteriormente, como uso eficiente da água, controle da turgidez do tecido vegetal, ativação enzimática e entre outras, justificam a importância desse nutriente para a produção de rabanete (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006; FILGUEIRA, 2008).

A variável Grau Brix, à exemplo das variáveis MFT e PROD, respondeu significativamente ao aumento de níveis de K no solo. Esse resultado corrobora com Chitarra e Chitarra (2005) que verificaram aumento no teor de sólidos solúveis de batata doce mediante o aumento nos níveis de adubação potássica. Avaliando o efeito da adubação potássica no crescimento da cultura do melão, Aydin *et al.* (2009) concluíram que a adubação potássica propicia aumento nos teores de sólidos solúveis em função do papel importante deste nutriente na translocação de fotoassimilados e na ativação de diversas enzimas. Gouveia (2016), entretanto, observou redução nos teores de sólidos solúveis em raízes de rabanete em resposta ao aumento das doses de K.

Outros autores verificaram resultados diferentes dos verificados na presente pesquisa trabalhando com culturas diferentes, como Godoy *et al.*, (2012) estudando a cultura do couve-flor e Magro (2012) avaliando a cultura de beterraba, onde o aumento nos níveis de K não afetou nos teores de sólidos solúveis.

Conforme observado na tabela de análise variância (tabela 9) verificou-se interação significativa dos fatores B x DK para as variáveis MSPA e DT. A figura 23 representa o comportamento da variável MSPA sob diferentes doses de K na presença e ausência de biofertilizante.

Figura 23 – Massa seca da parte aérea (MSPA) de rabanete cultivado sob diferentes doses de K sem aplicação de biofertilizante e com aplicação de biofertilizante.

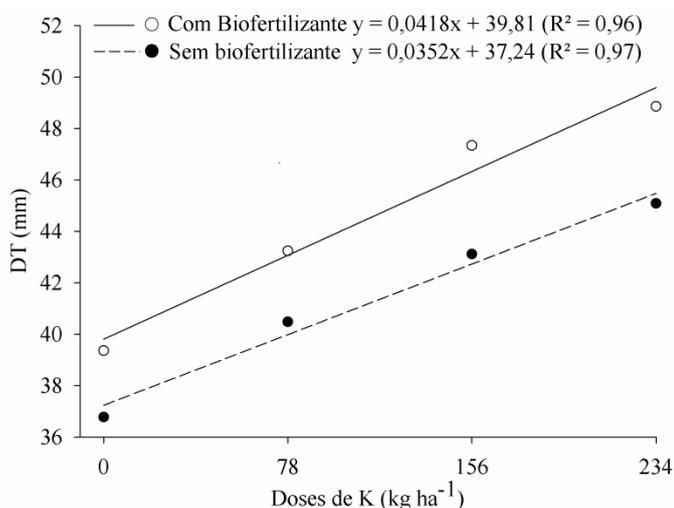


Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme pode ser observado, a condição em que foi realizada aplicação de biofertilizante apresentou níveis predominantemente superiores em relação às médias observadas na condição sem aplicação. Com base nos gráficos apresentados, na presença de biofertilizante, a média máxima verificada para esta variável é obtida na aplicação de K na dose de 155 kg ha⁻¹. A partir desse ponto, a média apresentou tendência decrescente. Na condição sem aplicação de biofertilizante, a dose de K de 188,89 kg ha⁻¹ propiciou a maior média desta variável (4,15 g planta⁻¹). Orioli Júnior *et al.* (2014) estudando a produção de massa seca na cultura da alfafa, em resposta a níveis crescentes de aplicação de potássio em um Latossolo Vermelho, verificaram comportamento semelhante ao encontrado no presente estudo para esta variável, isto é, ajustes das curva em modelos polinomiais.

Verificou-se que em todas as doses avaliadas, as médias da variável DT na condição com a aplicação de biofertilizante foram superiores às observadas na condição sem aplicação de biofertilizantes. A maior média verificada (48,86 mm) foi obtida na condição com aplicação de biofertilizante combinada com a aplicação da maior dosagem de K (234 kg ha⁻¹). Na figura 24 esse efeito positivo das doses de K associadas à aplicação de biofertilizante pode ser visualizado mais claramente.

Figura 24 – Diâmetro da túbera (DT) de rabanete cultivado sob diferentes doses de K sem aplicação de biofertilizante e com aplicação de biofertilizante.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Esse resultado difere dos observados por Gouveia (2016), onde a autora não verificou influência significativa das doses de K sobre essa variável na cultura do rabanete. Castro *et al.* (2016) verificaram influência significativa de doses de K quando esta foi combinada com doses de nitrogênio sobre o diâmetro de raízes na cultura do rabanete, todavia, os autores obtiveram ajuste de modelo quadrático, diferente do modelo ajustado no presente trabalho.

Um aspecto importante da aplicação de biofertilizante ao solo é que este aumenta a capacidade de retenção de água no solo, fator de grande importância para o melhor desenvolvimento das plantas, pois dentre outros aspectos, possui potencial de atenuar os processos de lixiviação dos íons K^+ , sendo este um dos elementos que apresenta grande propensão a este processo (FERNANDES, 2006; PRADO, 2008). O efeito aditivo no teor de K^+ que esse material proporciona ao solo favorece maior absorção desse nutriente pelas plantas, favorecendo a obtenção de incrementos nas variáveis agrônomicas. Essa influência do potássio sobre aspectos produtivos (massa seca, diâmetro, etc.) e sobre a qualidade de frutos justifica-se pela sua função na síntese de fotossintatos e o transporte destes para os frutos, grãos tubérculos e outros órgãos de armazenamento conforme destacou MENGEL e KIRKBY (1987).

6.2.3 Teores de macronutrientes

A tabela 11 refere-se a análise de variância realizada para os teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de *Raphanus sativus* cultivado sob diferentes doses de K sem e com aplicação de biofertilizante, aos 31 DAS.

Tabela 11 – Análise de variância dos teores foliares de N, P, K, Ca e Mg para os fatores Biofertilizante e Doses de K e suas interações em rabanete.

FV	GL	N	P	K	Ca	Mg
B	1	3,17 ^{ns}	2,30 ^{ns}	35,69**	0,77 ^{ns}	0,18 ^{ns}
DK	3	2,49 ^{ns}	3,79*	2,75 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,26 ^{ns}
B x DK	3	1,07 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Trat.	7	1,98 ^{ns}	2,49*	6,44**	0,21 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Res.	24	-	-	-	-	-
Total	31	-	-	-	-	-
Média	-	53,81	4,41	49,13	11,04	25,66
CV%	-	12,12	18,74	19,77	31,08	7,58

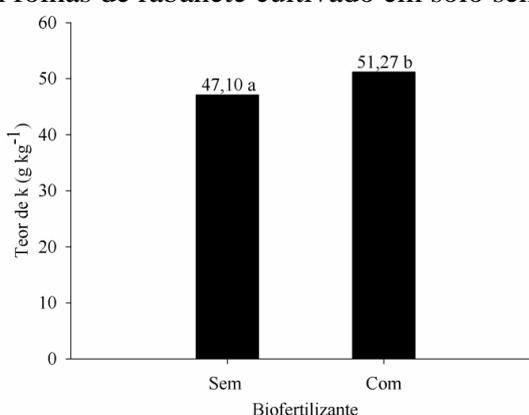
Fonte: Elaborado pelo Autor.

FV - Fontes de Variação; GL - grau de liberdade; Trat. – Tratamento; Res. – Resíduo; (B) - Biofertilizante; (DK) – Doses de K; CV - coeficiente de variação; **, *, ns – significativo pelo teste Tukey ao nível de 1%, 5% de significância e não significativo, respectivamente.

Conforme pode ser observado na tabela, os teores de N, Ca e Mg não foram influenciados significativamente pelos fatores de tratamentos nem por suas interações. É importante frisar que, embora não significativo, os teores de N, Ca e Mg verificados, estão situados dentro das faixas adequadas concentração foliar sugerida por Faquin (2004). A variável teor de P foi influenciado pelas doses de K e o teor foliar de K foi influenciado significativamente pelo fator biofertilizante.

O teste de comparação de médias para os teores de K nas condições sem e com aplicação de biofertilizante está apresentado na figura 25.

Figura 25 – Teor de K em folhas de rabanete cultivado em solo sem e com biofertilizante.



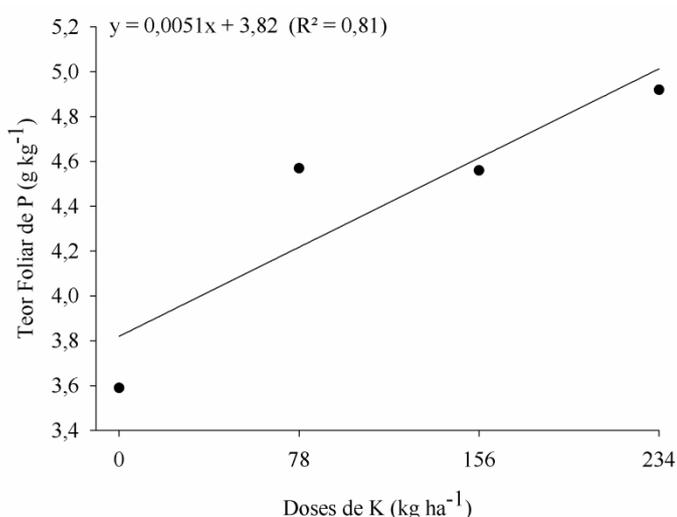
Fonte: Elaborado pelo Autor

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Conforme pode ser observado na figura 25, a aplicação de biofertilizante elevou o teor de K nas folhas de rabanete, propiciando incremento de 8,64% em relação à condição sem aplicação de biofertilizante. Efeito semelhante pode ser observado em Silva Júnior *et al.* (2013), onde os autores verificaram que o teor de K foliar na cultura do maracujazeiro amarelo foi incrementado pela adição de biofertilizante ao solo. Vale salientar que os níveis de K foliar verificado nas folhas das plantas de rabanete encontra-se dentro da faixa adequada para a cultura (40 – 75 g kg⁻¹), conforme Faquin (2004).

A figura 26 ilustra o efeito da aplicação de níveis crescente de K sobre o teor de P foliar na cultura do rabanete. Como se pode observar, obteve-se um modelo linear com crescimento do teor de P foliar em resposta à aplicação de níveis crescentes de K no solo. Esse resultado discorda de trabalhos com a cultura do rabanete e outras espécies, como em Gouveia (2016) e H. Filho *et al.* (2006), em que o aumento dos níveis de potássio no cultivo não influenciou o teor de P verificado nas plantas em estudo. Na literatura não se verifica relatos referentes à interações positiva ou competitiva com relação à K e P, todavia, Lima *et al.* (2001), verificaram influência positiva da aplicação de doses de N e K sobre a concentração de P foliar em feijoeiro. As médias verificadas para esta variável no presente trabalho estão parcialmente dentro da faixa adequada para a cultura (4 – 7 g kg⁻¹, Faquin, 2004), todavia na condição em que não foi aplicado K às plantas, verificou média de 3,59 g kg⁻¹, ligeiramente abaixo da faixa adequada.

Figura 26 – Teor de P foliar em rabanete submetidos a diferentes doses de K.



Fonte: Elaborado pelo Autor

7. CONCLUSÃO

A adubação com N influencia positivamente todas as variáveis fisiológicas estudadas (concentração interna de CO₂, taxa fotossintética, relação entre taxa fotossintética e concentração interna de CO₂, transpiração e índice SPAD) na cultura do rabanete.

A aplicação de biofertilizante bovino influencia positivamente a concentração interna de CO₂ na cultura do rabanete.

A aplicação de biofertilizante potencializa a expressão das variáveis agronômicas (massa fresca da túbera, produtividade e Brix) da cultura do rabanete submetida a níveis crescentes de adubação com N.

As variáveis fisiológicas concentração interna de CO₂ e taxa fotossintética respondem positivamente ao aumento dos níveis de K no solo.

A aplicação de biofertilizante influencia positivamente as variáveis concentração interna de CO₂ e índice SPAD.

A adubação potássica melhora os caracteres agronômicos diâmetro e massa fresca da túbera, produtividade e Brix.

As doses de potássio afetam o teor foliar de P na cultura do rabanete em vaso.

REFERÊNCIAS

- ADELL, J. J. C.; MONNERAT, P. H.; ROSA, R. C. C. Alterações nos teores foliares de nitrogênio ao longo do desenvolvimento do feijoeiro submetido à deficiência de nitrogênio. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. **Resumos Expandidos**. Goiânia: Embrapa, 1999a. p.741-744.
- ALENCAR, T. L. **Alterações físicas em um Cambissolo tratado com biofertilizante: indicadores de qualidade e refinamento do método de avaliação pelo $S_{relativo}$** . 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará.
- ALVES, G. S.; SANTOS, D.; SILVA, J. A.; NASCIMENTO, J. A. M. N.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G. Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, p. 661-665, 2009.
- ALVES, S. B.; MEDERIOS, M. B.; TAMAI, M. A.; LOPES, R. B. Trofobiose e microrganismos na proteção de plantas: Biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. **Biociência**, n. 21, p. 16-21, 2001.
- ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; FONSECA, I. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n.2, p.292-295, 2008.
- ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M.; NEVES, C. M. L.; SILVA, E. E. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 466–470, 2007.
- ARAÚJO, H. S.; QUADROS, B. R.; CARDOSO, A. I. I.; CORRÊA, C. V. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 469-475, 2012.
- BARBOSA, F. A. **Utilização de cama de frango na produção de rúcula e rabanete**. 2011. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Agronomia) - Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá-MT.
- BÉNARD, C.; GAUTIER, H.; BOURGAUD, F.; GRASSELLY, D.; NAVEZ, B.; CARISVAYRAT, C.; WEISS, M.; GENARD, M. Effect of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugar, acids ascorbate, carotenoids and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 4112-4123, 2009.
- BETTIOL, W.; TRATCH, R.; GALVÃO, J. A. H. Circular Técnica 02, **Controle de doenças de plantas com biofertilizantes**. EMBRAPA-CNPMA. Jaguariúna, 1998. 22 p.
- BRASIL. Ministério da agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Legislação para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 195p.

- BONFIM-SILVA, E. M.; CLÁUDIO, A. A.; RÊGO, V. M.; SILVÉRIO, A. T. Características produtiva do rabanete submetido a doses de cinza vegetal. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 421, 2015.
- BORGES, F. R. M.; VIANA, T. V. A.; MARINHO, A. B.; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M. Gas exchange and leaf contents in bell pepper under energized water and biofertilizer doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 533-538, 2016.
- CABRAL, E. C.; SCHIEDCK, G.; ARAÚJO, J. M. G.; GONÇALVES, M. M.; SCHWENGBER, J. E. Efeito de biofertilizante no crescimento de rabanete. In: EMBRAPA, Clima Temperado. Documento 167. **Ideias, tecnologia e inovação**, 2006. p. 21.
- CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, L. F.; MORAES, T. A.; MENEZES JÚNIOR, J. C.; PRAZERES, S. S. Potássio, biofertilizante bovino e cobertura do solo: efeito no crescimento do maracujazeiro-amarelo. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 1, n. 3, p. 78-86, 2008.
- CARDOSO, A. I. I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio em cobertura na cultura do rabanete. **Horticultura brasileira**, v. 19, p. 328-331, 2001.
- CAETANO, A. O.; DINIZ, R. L. C.; BENETT, C. G. S.; SALOMÃO, L. C. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na cultura do rabanete. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 4, p. 55-59, 2015.
- CAKMAK, I.; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiology Plantarum**, v. 133, p. 692-704, 2008.
- CASTRO, B. F.; SANTOS, L. G.; BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; BEBÉ, F. V. Produção de rabanete em função da adubação potássica e com diferentes fontes de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39(3), p. 341-348, 2016.
- CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, G. D.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; GONDIM, S. C.; CAVALCANTE, M. Z. B. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo em solo de baixa fertilidade tratado com biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 15-19, 2007.
- CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010a.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; SOUZA, R. J. Deficiência nutricional e seu efeito na produção de rabanete. **Científica**, São Paulo, v. 26, p. 231-241, 1998.
- CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO CEARÁ – CEASA. Disponível em: <<http://www.ceasa-ce.com.br/index.php/historicoofertas>>. Acesso em: 19 dez. 2016.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. 2. ed. Lavras: ESAL, 783 p. 2005

- CORTEZ, J. W. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; COUTINHO, E. L.; ALVES, A. Cattle manure and N-urea in radish crop (*Raphanus sativus*). **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 37, p. 45-53, 2010.
- COSTA, F. R. B.; GOMES, K. R.; SOUSA, G. G.; AZEVEDO, B. M.; MONTEIRO, F. J. F.; VIANA, T. V. A. Crescimento inicial do amendoinzeiro irrigado com águas salinas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 6, p. 466 - 475, 2014.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.
- CRAWFORD, N. M. et al. Nitrogen and sulphur. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. **American Society of Plant Physiologists**: Rockville, 2000. p. 786-849.
- COUTINHO NETO, A. M.; ORIOLI JÚNIOR, V.; CARDOSO, S. S.; COUTINHO, E. L. M. Produção de matéria seca e estado nutricional do rabanete em função da adubação nitrogenada e potássica. **Nucleus**, v. 7, n. 2, 2010.
- 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
- CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. 1992. **Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas**. In: BERGAMASCHI, H. (ed). Agrometeorologia aplicada à irrigação. Porto Alegre: UFRGS, 1992. cap. 6, p. 85-96.
- EL-DE SUKI, M.; SALMAN, S. R.; EL-NEMR, M. A.; A.M.R. ABDEL-MAWGOUD, A. M. R. Effect of plant density and nitrogen application on the growth, yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.). **Journal of Agronomy**, v. 4, p. 225-229, 2005.
- ENGELS, C.; MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, E. P. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.41-71.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2013. 353p.
- FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006. 432 p.
- FERNANDES, O. B.; PEREIRA, F. H. F.; ANDRADE JÚNIOR, W. P.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de cálcio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 93-103, 2010.
- FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

FERREIRA, R. L. F.; GALVÃO, R. O.; MIRANDA JUNIOR, E. B.; ARAUJO NETO, S. E.; NEGREIROS, J. R. S.; PARMEJANI, R. S. Produção orgânica de rabanete em plantio direto sobre cobertura morta e viva. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 299-303, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2ª ed., 2008. 421 p.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 421p.

FLORES, R. A.; PRADO, R. M.; POLITI, L. P.; ALMEIDA, T. B. F. Potássio no desenvolvimento inicial da soqueira de cana crua. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 106-111, 2012.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; GOMES, L. A. G.; ALMEIDA, K.; MORAES, S. R. G.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; ANDRADE, R. R.; MOTA, F. S. B.; AQUINO, B. F. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1031–1039, 2012.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C. Adubação orgânica. **Revista Cultivar**, v. 2, n. 9, p. 38-41, 1999.

GHANTI, P.; SOUNDA, G.; GHATAK, S. Effect of levels of nitrogen and soil moisture regimes on growth and yield of radish. **Environment and Ecology**, v. 7, p. 957-959, 1989.

GHANTI, P.; SOUNDA, G.; GHATAK, S. Effect of levels of nitrogen and soil moisture regimes on growth and yield of radish. **Environment and Ecology**, v. 7, p. 957-959, 1989.

GODOY, A. R.; SALATA, A. C.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M.; KANO, C.; HIGUTI, A. R. O. Produção e qualidade pós-colheita de couve-flor em função de doses de potássio em cobertura. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 11, n. 2, p. 33-42, 2012.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. B.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 378-386, 2010.

GOUVEIA, A. M. S. Adubação potássica na produção e qualidade pós-colheita do rabanete. Botucatu, 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

GUIMARÃES, M. A.; FEITOSA, R. F. C. Rabanete: condições ideais para o cultivo. **Campo & Negócio**, n. 106, 2014.

GURGEL, M. T.; UYEDA, C. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande – PB, v. 14, n. 1, p. 3 – 10, 2010b.

GUVENC, I. Effect of nitrogen fertilization on growth, yield and nitrogen contents of radishes. **Gartenbauwissenschaft**, Stuttgart, v. 67, n. 1, p. 23-27, 2002.

HAAG, H. P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças. LXXIV. Marcha de absorção de nutrientes pela cultura do rabanete. **Anais da Escola Superior Agrícola “Luiz de Queiroz”**, v. 44, p. 409- 418, 1987.

HEGDE, D. M. Effect of soil matric potential, method of irrigation and nitrogen fertilization on yield, quality, nutrient uptake and water use of radish (*Raphanus sativus* L.). **Irrigation Science**, v. 8, n. 1, p. 13-22, 1987.

H. FILHO, R. S. F.; SOUSA, V. F.; AZEVEDO, B. M.; ALCANTARA, R. M. C. M.; RIBEIRO, V. Q.; ELOI, W. M. Efeitos da fertirrigação de N e K₂O na absorção de macronutrientes pela gravioleira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.43–49, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo agropecuário 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 777 p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf> Acesso em: 20 dez. 2016.

ITO, H.; HORIE, H. A. A. Chromatographic method for separating and identifying intact 4-methylthio-3-butenyl glucosinolate in japanese radish (*Raphanus sativus* L.). **Japan Agricultural Research Quarterly**, v. 42, n. 2, p. 109-114, 2008.

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.

LANNA, N. B. L. **Doses de composto orgânico na produção de chicória e rabanete**. 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 489-496, 1997.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 1. ed. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LIMA, E. V.; ARAGÃO, C. A.; MORAIS, O. M.; TANAKA, R.; GRASSI FILHO, H. Adubação nk no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.125-129, 2001

LIMA, F. A.; SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M.; CARVALHO, C. M. Irrigação da cultura do gergelim em solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 2, p. 102 - 111, 2013.

LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; OLIVEIRA, B. S.; HENRIQUES, G. P. S. A.; MARACAJÁ, P. B. Produtividade de Rabanete em Sistema Orgânico de Produção. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 5 (número especial), p. 94 – 101, 2010.

LIRA, J. L. C. B. **Produtividade, índice de equivalência de área e incidência de espontâneas em cultivo consorciado de alface**. 2013. 31 f. Monografia de graduação – Universidade de Brasília – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília.

LUZ, J. M. Q.; SHINZATO, A. V.; SILVA, M. A. D. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 2, p. 7-15, 2007.

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1161- 1170, 2005.

MAGRO, F. O. **Efeito do composto orgânico e adubação potássica em atributos do solo e da beterraba**. 2012. 109 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

MAIA, P. M. E.; AROUCHA, E. M. M.; SILVA, O. M. P.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A. Desenvolvimento e qualidade do rabanete sob diferentes fontes de potássio. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v. 6, n. 1, p. 148-153, 2011.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba-SP: Potafos, 1997. 319 p.

MAROULLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. **EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças** – 5ª ed., revisada e ampliada - Brasília: Embrapa-SPI, 1996.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ª Ed. Academic Press, London. 1995.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Berne: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MOREIRA, M. A.; VIDIGAL, S. V. Evolução das características da planta associadas à nutrição nitrogenada de repolho. **Revista Ceres**, v. 58 n. 2, 2011

MOREIRA, M. A.; VIDIGAL SM; SEDIYAMA MAN; SANTOS MR. 2011. Crescimento e produção de repolho em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 117-121, 2011.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETTO, J. **Rabanete: Cultura rápida, para temperaturas amenas e solos areno-argiloso**. Piracicaba: ESALQ, 1997 (Serie Produtor Rural, 4). 27 p.

OLIVEIRA, A. P.; PAES, R. A.; SOUZA, A. P.; DORNELAS C. S. M.; SILVA R. A. Produção de pimentão em função da concentração de urina de vaca aplicada via foliar e da adubação com NPK. **Agropecuária Técnica**, v. 25, p. 37-43, 2004.

OLIVEIRA, J. T. L.; CHAVES, L. H. G.; CAMPOS, V. B.; SANTOS JÚNIOR, J. S.; GUEDES FILHO, D. H. Fitomassa de girassol cultivado sob adubação nitrogenada e níveis de água disponível no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 1, p. 23-32, 2012.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

ORIOLI JÚNIOR, V.; COUTINHO, E. L. M.; COUTINHO NETO, A. M.; CARDOSO, S. S. Estado nutricional e produção de massa seca da alfafa em função de doses de potássio em dois solos. **Bioscience Journal**, v. 30, supplement 1, p. 31-38, 2014.

PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; MARTINAZZO, E. G.; VILLELA, F. A.; LOPES, N. F.; MAUCH, C. R. Análise de crescimento de plantas de rabanete submetidas a doses de adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 1-7, 2014.

PENTEADO, S. R. **Adubação orgânica: Compostos orgânicos e biofertilizantes**. Campinas: 1ª Ed., 2007. 162p.

PEREIRA, A. R. Aspectos fisiológicos da produtividade vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, vol. 1, p. 139-142, 1989.

PEREIRA FILHO, J. V. **Cultivo do melão sob diferentes frequências de irrigação e parcelamento da adubação nitrogenada no Vale do Curu, CE**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade federal do Ceará, Fortaleza.

PEREIRA, K. S.; SANTOS, C. H. B; NASCIMENTO, W. A.; ARMOND, C.; SILVA, F.; CASA, J. 2011. Crescimento de rabanete (*Raphanus sativus* L.) em resposta a adubação orgânica e biofertilizantes em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2 (Suplemento - CD ROM), 2011.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 191p. 2004.

PÔRTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, v. 71, n. 2, p. 190-195, 2012.

PÔRTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, v. 71, n. 2, p. 190-195, 2012.

PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**, São Paulo: Editora Unesp, 407p, 2008.

PRAZERES, S. S. **Respostas biométricas e fisiológicas de duas cultivares de feijão-de-corda sob irrigação com água salina e potássio no solo.** 2012. 95 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

QUADROS, B. R.; SILVA, E. S.; BORGES, L. S.; MOREIRA, C. A.; MORO, A. L.; VILLAS BÔAS, R. L. Doses de nitrogênio na produção de rabanete fertirrigado e determinação de clorofila por medidor portátil nas folhas. **Irriga**, v. 15, n. 4, p. 353-360, 2010.

RABÊLO, F. H. S.; REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; AMORIM, F. A. Características agronômicas e bromatológicas do milho submetido a adubações com potássio na produção de silagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 635-643, 2013.

RODRIGUES, J. F.; REIS, J. M. R.; REIS, M. A. Utilização de esterco em substituição a adubação mineral na cultura do rabanete. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 7, n. 2, 2013.

RÖMHELD, V.; KIRKBY, E. A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. **Plant and Soil**, v. 335, p. 155–180, 2010.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C.; Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, 2003.

SANTOS, M. R.; SEDIYAMA, M. A. N.; MOREIRA, M. A.; MEGGUER, C. A.; VIDIGAL, S. M. Rendimento, qualidade e absorção de nutrientes pelos frutos de abóbora em função de doses de biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 160-167, 2012.

SANTOS, A. C. V. **A ação múltipla do biofertilizante líquido como fertifitoprotetor em lavouras comerciais.** In: Encontro de processos de proteção de plantas: controle ecológico de pragas e doenças, 2001, Botucatu. Anais... Botucatu: Agroecológica, 2001. p. 91-96

SANTOS, A. P. G.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; Ó, L. M. G.; AZEVEDO, B. M.; SANTOS, A. M. Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro em função de tipos e doses de biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 409-416, 2014.

SANTOS, P. C.; LOPES, L. C.; FREITAS, S. J.; SOUSA, L. B.; CARVALHO, A. J. C. Crescimento inicial e teor nutricional do Maracujazeiro amarelo submetido à adubação com diferentes fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. Especial, p. 722-728, 2011.

SANTOS, A. P. G. **Influências de biofertilizantes nos teores foliares de macronutrientes, nas trocas gasosas, na produtividade e na pós-colheita da cultura do melão.** 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará.

SANTOS, E. O.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; CARVALHO, A. C. P. P.; AZEVEDO, B. M. Biomass accumulation and nutrition in micropropagated plants of the banana 'Prata Catarina' under biofertilisers. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 901–911, 2017.

SCHACHTMAN, D. P.; SHIN, R. Nutrient sensing and signaling: nPKS. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, p. 47–69, 2007.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; CLÁUDIA L. O. PINTO, C. L. O.; JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 588–594, 2014.

SEDIYAMA M. A. N.; SANTOS M. R. DOS SANTOS; VIDIGAL S. M.; SALGADO L. T.; PEDROSA M. W.; JACOB L. L. Produtividade e estado nutricional do quiabeiro em função da densidade populacional e do biofertilizante suíno. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p. 913 – 920, 2009.

SENGIK, E.; KIEHL, J. C. Controle da volatilização em terra tratada com uréia e turfa pelo emprego de sais inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 19, p. 455-461, 1995a.

SENGIK, E.; KIEHL, J. C. Efeito dos resíduos orgânicos e do fosfato monocálcico na volatilização da NH₃ em terra tratada com uréia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 19, p. 321-326, 1995b.

SILVA, A. F. A.; SOUZA, E. G. F.; SANTOS, M. G.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, F.; SILVEIRA, L. M. Rentabilidade do rabanete adubado com flor-de-seda em duas épocas de cultivo no semiárido de Pernambuco. **Revista Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 198-207, 2015.

SILVA, F. C. et al. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2^a ed. Revisada e ampliada. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 275-374, 2007.

SILVA JÚNIOR, G. B.; CAVALCANTE, I. H. L.; ALBANO, F. G.; OSAJIMA, J. A. Estado nutricional e clorofila foliar do maracujazeiro-amarelo em função de biofertilizantes, calagem e adubação com N e K. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, 2013.

SILVA, L. F. O.; CAMPOS, K. A.; MORAIS, A. R.; COGO, F. D.; ZAMBON, C. R. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 5, p. 624-629, 2012.

SILVA, M. C. S.; COELHO, F. S.; BRAUN, H.; FONTES, P. C. R. Índice SPAD em função de diferentes horários e posições no folíolo da batata sob fertilização nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 971-977, 2011.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011

- SILVA, T. O. DA; MENEZES, R. S. C.; ALVES, R. N.; PRIMO, D. C.; SILVA, G. B. M. S. Produtividade de grãos e frações nitrogenadas do milho submetido a manejo de adubos orgânicos na região semiárida. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1735 – 1744, 2011.
- SILVA, M. C.; SILVA, T. J. A.; SILVA, E. M. B.; FARIAS, L. N. Características produtivas e qualitativas de melão rendilhado adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 581–587, 2014.
- SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, F. A.; TARGINO, I. S. O.; SILVA, M. L. N. Tolerância do rabanete ao encharcamento do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 25-33, 2012.
- SILVA, F. A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res*, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.
- SILVA, F. L.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; COSTA, S. C.; AZEVEDO, B. M. Yield of common fig fertigated with bovine biofertilizer in the semiarid region of Ceará. **Revista Caatinga (Online)**, v. 29, p. 425-434, 2016.
- SINGH, V. B.; KAR, P. L.; TATUNG, T. Effect of nitrogen and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake of radish cv. Meghalaya selection. **Advances Horticulture and Forestry**, v. 4, p. 127-132, 1995.
- SONNENBERG, P. E. **Olericultura especial**. Goiânia, UFG, 1980. 143 p.
- SOUSA, G. G.; AZEVEDO, B. M.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; VIANA, T. V. A. Características agronômicas do amendoineiro sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes. **Revista Agroambiente**, v. 6, n. 2, p. 124-132, 2012a.
- SOUSA, G. G.; MARINHO, A. B.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.
- SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; DIAS, C. N.; SILVA, G. L. AZEVEDO, B. M. Lâminas de irrigação para cultura do gergelim com biofertilizante bovino. **Magistra**, v. 26, n. 3, p. 347 – 356, 2014.
- SOUZA, G. P.; LIMA, L. G. F.; BORGES, I. A.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S. Manejo da adubação potássica para a cultura do rabanete. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 4, p. 60-64, 2015.
- SOUZA, T. R.; SALOMÃO, L. C.; ANDRADE, T. F.; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J. A. Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 993-1003, 2011.
- TABATABAEI, S. J. Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. **Scientia Horticulturae**, v. 108, n. 04, p. 432-438, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Ed Artmed, 2009. 848 p.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.
- TEDESCO, M. J.; BOHNEM, H.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2ª ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
- THEISEN, G. **Aspectos botânicos e relato a resistência de nabo silvestre aos herbicidas inibidores de ALS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 26 p. (Documento, 239).
- UCHÔA, S. C. P.; IVANOFF, M. E. A.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T.; MARTINS, S. A. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 8-15, 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, n. 1, p. 11–20, 2013
- VIANA, T. V. A.; SANTOS, A. P. G.; SOUSA, G. G.; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M.; AQUINO, B. F. Trocas gasosas e teores foliares de NPK em meloeiro adubado com biofertilizantes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 4, p. 595-601, 2013.
- VITTI, M. R.; VIDAL, M. B.; MORSELLI, T. B. G. A.; FARIA, J. L. C. Resposta do rabanete a adubação orgânica em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Rio Grande do Sul, v.2, n.1, p.1158-1161, 2007.
- VU, D. T.; TANG, C.; ARMSTRONG, R. D. Changes and availability of P fractions following 65 years of P application to a calcareous soil in a Mediterranean climate. **Plant and soil**, v. 304, p. 21 - 34, 2008.
- WANG, Y.; WU W. H. Potassium transport and signaling in higher plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 64, p. 451–476, 2013.
- WIETHÖLTER, S.; CERETTA, C. A.; FREIRE, C. J. S.; SCHERER, E. E.; ANGHINONI, I.; FIOREZE, I.; FIORIN, J. E.; VAHL, L. C.; ERNANI, P. R.; SCIVITTARO, W. B. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10ª ed. – Porto Alegre, 2004. 400 p.