

CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DE RABANETE

[Raphanus Sativus L.]

SOB USO E REUSO DE SUBSTRATO

FERTILIZADO COM FONTES

E DOSES DE NITROGÊNIO

ADRIANO SALVIANO LOPES

THIAGO JARDELINO DIAS

Organizadores

EU Editora
UFPB





UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Terezinha Domiciano Dantas Martins

Reitora

Mônica Nóbrega

Vice-Reitora



Editora UFPB

Geysa Flávia Câmara de Lima Nascimento

Diretora Geral da Editora UFPB

Aline dos Santos Deiró

Vice-Diretora da Editora UFPB

Rildo Coelho

Coordenador de Editoração

CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DE RABANETE

[Raphanus Sativus L.]

SOB USO E REUSO DE SUBSTRATO

FERTILIZADO COM FONTES

E DOSES DE NITROGÊNIO



1ª Edição – 2026

Esta obra integra a publicação de livros digitais (e-books) do Edital 01/2025 da Editora UFPB, em regime de fluxo contínuo. A chamada pública visa fomentar a divulgação da produção científica, literária, artística e didático-pedagógica da comunidade acadêmica da Universidade Federal da Paraíba, contemplando obras de autoria individual, coautoria ou coletâneas.

Direitos autorais 2026 - Editora da UFPB



Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada.

O CONTEÚDO DESTA PUBLICAÇÃO, SEU TEOR, SUA REVISÃO E SUA NORMALIZAÇÃO SÃO DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES.

OS DIREITOS DE PROPRIEDADE DESTA EDIÇÃO SÃO RESERVADOS À:



Cidade Universitária, Campus I – Prédio da Editora Universitária, s/n

João Pessoa – PB CEP 58.051-970

Site: www.editora.ufpb.br

Instagram: @editoraufpb

E-mail: atendimento@editora.ufpb.br

Fone: (83) 3216.7147

Editora filiada à



Adriano Salviano Lopes
Thiago Jardelino Dias
Organizadores

CRESCIMENTO E FISILOGIA DE RABANETE

[Raphanus Sativus L.]

SOB USO E REUSO DE SUBSTRATO
FERTILIZADO COM FONTES
E DOSES DE NITROGÊNIO

Editora UFPB
João Pessoa, 2026

CONSELHO EDITORIAL – Editora UFPB

Portaria N° 202, de 08 de agosto de 2025 – Reitoria

Geysa Flávia Câmara de Lima Nascimento – Presidente | Editora UFPB

Alexandre Coelho Serquiz | Ciências da Saúde

Daniel Araújo de Macedo | Engenharias

Eduardo Rodrigues Viana de Lima | Ciências Exatas e da Natureza

Franklin Kaic Dutra-Pereira | Ciências Biológicas

José Ferrari Neto | Linguística, Letras e Artes

Maurício Rombaldi | Ciências Humanas

Milton César Costa Campos | Ciências Agrárias

Tiago Bernardon de Oliveira | Ciências Humanas

Márcia Félix da Silva | Interdisciplinar

Viviane da Costa Freitag | Ciências Sociais Aplicadas

Catálogo na fonte: **Biblioteca Central da Universidade Federal da Paraíba**

C919 Crescimento e fisiologia de rabanete (*Raphanus Sativus L.*) : sob uso e reuso de substrato fertilizado com fontes e doses de nitrogênio / Adriano Salviano Lopes, Thiago Jardelino Dias (organização). - João Pessoa : Editora UFPB, 2026.

1 recurso online (98 p.) : il.

Publicação digital (e-book) no formato PDF.

ISBN 978-65-5942-320-0

Modo de acesso: editora.ufpb.br/sistema/press/

1. Rabanete. 2. Fisiologia vegetal. 3. Crescimento vegetal.
4. Nitrogênio - nutriente. I. Lopes, Adriano Salviano. II. Dias, Thiago Jardelino. III. Título.

UFPB/BC

CDU 635.15

Como citar a publicação no todo (ABNT 6023:2018):

LOPES, Adriano Salviano; DIAS, Thiago Jardelino (org.). Crescimento e fisiologia de rabanete (*Raphanus sativus L.*): sob uso e reuso de substrato fertilizado com fontes e doses de nitrogênio. João Pessoa: Editora UFPB, 2026. ebook. ISBN 978-65-5942-320-0. Disponível em: editora.ufpb.br/sistema/press/. Acesso em: DIA do MÊS, ANO.



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	02
RESUMO DA OBRA	03
LISTA DE ABREVIações	06
INTRODUÇÃO	07
CAPÍTULO I	15
Doses e Fontes de Nitrogênio Influenciam o Crescimento, Fisiologia e Produção de <i>Raphanus sativus</i> L.	15
» Adriano Salviano Lopes » Thiago Jardelino Dias » Juliane Maciel Henschel » Toshik Iarley da Silva	
CAPÍTULO II	53
Resíduo De Substrato Fertilizado Com Fontes E Doses De Nitrogênio No Crescimento E Fisiologia De Rabanete (<i>Raphanus Sativus</i> L.)	53
» Adriano Salviano Lopes » Thiago Jardelino Dias » Juliane Maciel Henschel » Toshik Iarley da Silva	
Sobre os autores e as Autoras	96



APRESENTAÇÃO

Este livro é resultado de um trabalho de dissertação que buscou compreender de forma aprofundada os efeitos de diferentes fontes e doses de nitrogênio no crescimento, na fisiologia e na produtividade do rabanete (*Raphanus sativus* L.), bem como o potencial de reuso de substratos previamente fertilizados. A pesquisa partiu da necessidade de oferecer respostas científicas e práticas para um dos principais desafios da olericultura: a nutrição mineral adequada, especialmente no manejo do nitrogênio, nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas e para a obtenção de elevadas produtividades.

A obra foi construída com base em experimentos conduzidos no Setor de agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias – UFPB, Bananeiras, Paraíba,

Brasil, avaliando variáveis fisiológicas, de crescimento e de produtividade. Os resultados evidenciaram que a escolha da fonte e da dose de nitrogênio não apenas influencia diretamente o desempenho da cultura, mas também abre novas perspectivas para a reutilização eficiente de substratos, reduzindo desperdícios e promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis.

O livro, portanto, não se limita à apresentação de dados experimentais. Ele procura integrar conhecimento científico e aplicabilidade prática, de modo a oferecer subsídios tanto para pesquisadores e estudantes da área de Ciências Agrárias quanto para agricultores, técnicos e demais profissionais envolvidos na produção de hortaliças. A obra reforça a importância da inovação e do manejo responsável dos recursos, mostrando que é possível aliar produtividade, qualidade e sustentabilidade.

Os autores desejam que esta publicação inspire novas investigações, estimule reflexões críticas e contribua para o fortalecimento de sistemas agrícolas mais resilientes, eficientes e ambientalmente conscientes, consolidando-se como uma referência para o cultivo do rabanete e para a construção de práticas de manejo sustentável em diferentes contextos da agricultura.



RESUMO DA OBRA

Um dos principais problemas que afetam a produção comercial do rabanete é a nutrição mineral inadequada, sendo o nitrogênio um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pela cultura. Nesse contexto, é necessário realizar estudos sobre fontes e doses de nitrogênio, a fim de compreender o desenvolvimento da cultura sob essas condições, já que, para alcançar alta produtividade, é essencial que o estado nutricional da planta esteja adequado. Assim, o uso de resíduos de adubação com o intuito de suprir as necessidades das culturas vem crescendo nos sistemas de produção agrícola; entretanto, os efeitos dessa prática ainda são pouco elucidados. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento, a fisiologia e a produtividade de *Raphanus sativus* L. sob

uso e reuso de substrato fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. Os experimentos foram realizados no Setor de agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias – UFPB, Bananeiras, Paraíba, Brasil. No primeiro ciclo, adotou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 3×5 (três fontes de nitrogênio – ureia, sulfato de amônio e fosfato monoamônico – e cinco doses de nitrogênio – 0, 15, 30, 45 e 60 kg ha^{-1}), com três blocos compostos por três plantas cada. No segundo ciclo experimental, foi utilizado o resíduo do substrato previamente fertilizado com as fontes e doses de N do ciclo anterior. As variáveis de crescimento, fisiológicas e de produtividade foram avaliadas. Foi possível observar que o crescimento das plantas de rabanete foi influenciado positivamente pelas fontes e doses de nitrogênio. A adubação com a fonte fosfato monoamônico, na dose de 30 kg ha^{-1} , mostrou-se adequada para o cultivo do rabanete, pois resultou em maior eficiência nas trocas gasosas, maiores índices de clorofila, melhor rendimento quântico do fotossistema II, além de maior número de folhas e maior massa fresca da raiz tuberosa, quando o substrato foi reutilizado em um segundo cultivo. Assim, destaca-se que a reutilização do substrato fertilizado com sulfato de amônio e fosfato monoamônico é uma estratégia promissora para o cultivo do rabanete.



LISTA DE ABREVIÇÕES

N: nitrogênio

AT: altura de planta

DC: diâmetro da coroa

NF: número de folhas

AF: área foliar

CTR: comprimento da raiz tuberosa

LRT: largura da raiz tuberosa

MFF: massa fresca da folha

MSF: massa seca da folha

MFRT: massa fresca da raiz tuberosa

MSRT: massa seca da raiz tuberosa

UR: ureia

SA: sulfato de amônio

FM: fosfato monoamônico

A: taxa de assimilação de CO₂

PCA: análises de componentes principais

gs: condutância estomática

E: transpiração

Ci/Ca: relação concentração de CO₂ interna e externa

Ci: concentração de carbono interno

TF: temperatura foliar

EUA: eficiência no uso da água

EiUA: eficiência intrínseca no uso da água

DPV: déficit de pressão de vapor

EiC: eficiência intrínseca de carboxilação

Cloa: clorofila *a*

Clob: clorofila *b*

Clot: clorofila total

F₀: fluorescência inicial

F_v: fluorescência variável

F_m: fluorescência máxima

F_v/F_m: relação fluorescência variável e fluorescência máxima



INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L. – Brassicaceae) é uma espécie originária da região mediterrânea, sendo cultivada em diversas regiões ao redor do mundo. No Brasil, o rabanete é produzido principalmente por pequenos e médios produtores, nos cinturões verdes das grandes cidades (ARAÚJO et al., 2019). O ciclo dessa olerícola é relativamente curto, com colheita realizada entre 25 e 30 dias após a semeadura (DAS). Tal característica faz do rabanete uma boa opção para a rotação e diversificação de culturas em áreas hortícolas. Sua raiz tuberosa pode apresentar formato alongado, globular ou oval, com coloração escarlate-brilhante, branca, amarela ou rosa. Com variações de tamanho e sabor, a raiz do rabanete apresenta propriedades medicinais e vitamínicas, sendo rica

em fósforo, cálcio, potássio, ácido fólico, fibras alimentares e com baixo teor calórico (CAMARGO et al., 2007; SANTOS et al., 2017; LIM et al., 2019; LOPES et al., 2020).

Assim como a maioria das hortaliças, o rabanete é bastante exigente em termos nutricionais, necessitando de elevadas quantidades de nutrientes em um curto período de tempo. Dentre os principais nutrientes requeridos em maior quantidade pela cultura, destacam-se o potássio e o nitrogênio. O nitrogênio é um elemento essencial para o desenvolvimento e crescimento das plantas, sendo um dos fertilizantes minerais mais utilizados nos sistemas de produção agrícola, devido à sua importância na formação dos tecidos vegetais (HAN, 2014). Na planta, o N está diretamente relacionado ao metabolismo fisiológico, contribuindo para a formação de bases nitrogenadas, biossíntese de proteínas, composição de aminoácidos, enzimas, pigmentos clorofilianos, DNA, RNA, ADP, ATP, atuando também nos processos de fotossíntese, respiração, multiplicação e divisão celular, proporcionando o desenvolvimento vegetativo e a expansão foliar (CAETANO et al., 2015; CASTRO et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2017; HUANG, 2018).

A deficiência de nitrogênio pode afetar diretamente a produtividade e a qualidade das hortaliças, levando à redução da área foliar, do índice de clorofila e da taxa fotossintética. Por isso, é necessário realizar um manejo

adequado para se obter maior produção de biomassa e rendimento de compostos de armazenamento (TEGEDER & RENTSCH, 2010; NASCIMENTO et al., 2017). Além disso, a carência desse nutriente pode causar clorose nas folhas mais velhas, com remobilização de N para as folhas mais jovens. Por outro lado, o excesso de nitrogênio, quando fornecido na forma de amônio, pode provocar efeitos prejudiciais ao crescimento das plantas (HACHIYA & SAKAKIBARA, 2017). Dessa forma, tanto a deficiência quanto o excesso de nitrogênio podem comprometer o desenvolvimento do rabanete, especialmente devido ao seu ciclo curto, o que dificulta correções nutricionais durante o cultivo (CASTRO et al., 2016; COSTA et al., 2020).

Em função disso, o nitrogênio deve ser aplicado em doses adequadas, de modo a favorecer o crescimento vegetativo. Todavia, o fornecimento em excesso pode provocar alterações nos processos fisiológicos das plantas, como crescimento desordenado, retardo na maturação dos frutos e maior suscetibilidade ao ataque de patógenos (GIANQUINTOA et al., 2011; HAN et al., 2014). Atualmente, cerca de 60% do N sintético é utilizado na adubação de culturas de cereais, sendo que apenas cerca de 50% desse nutriente é efetivamente assimilado pelas plantas. Assim, além de prejudicar as plantas, o excesso de N pode contaminar o solo e os lençóis freáticos por meio

da lixiviação de nitrato, acarretando impactos negativos nos sistemas de produção agrícola (SANTI et al., 2013).

Apesar de a adubação nitrogenada ser amplamente empregada nos sistemas agrícolas, pouco se sabe sobre a reutilização de resíduos de substratos adubados com diferentes fontes e doses de N. Nesse contexto, estudos sobre o aproveitamento de resíduos agrícolas vêm ganhando espaço nos sistemas de produção. Ao avaliarem a reutilização de resíduos agrícolas como substrato alternativo para a produção de plântulas de berinjela (*Solanum melongena* L.), Almeida et al. (2020) concluíram que a moinha de café, proveniente do processo de beneficiamento a seco, pode substituir parcialmente o substrato comercial, apresentando potencial para o cultivo de mudas de berinjela. Essa técnica reduz os problemas ambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos e pode se mostrar eficiente também para o cultivo do rabanete, considerando que, devido ao seu ciclo curto, a cultura não consegue absorver completamente os nutrientes aplicados em um único ciclo.

Assim, a escolha da fonte de nitrogênio é um fator determinante para o cultivo das plantas, podendo influenciar diretamente o desenvolvimento e a produtividade das culturas. Dentre as principais fontes de N, a ureia destaca-se como a mais utilizada na agricultura em escala global, sendo considerada a principal fonte de N assimilável no

solo pelas plantas (WITTE, 2011). Suas vantagens incluem o elevado teor de N (46%), facilidade de manuseio e custo relativamente baixo (ARTOLA et al., 2011). Além da ureia, o sulfato de amônio é amplamente utilizado nos sistemas agrícolas, apresentando 21% de N e 24% de enxofre; trata-se de um fertilizante cristalino, higroscópico e com boa solubilidade em água (CHIEN et al., 2011). Outra fonte de N é o fosfato monoamônico, ainda pouco explorado como fonte nitrogenada, contendo 12% de N e de 46 a 50% de P_2O_5 (RAIJ et al., 1997).

O uso de diferentes fontes e doses de N no cultivo de plantas visa identificar qual combinação oferece melhor desempenho, com menor risco de perdas por lixiviação e menores impactos ambientais. Embora o nitrogênio seja considerado o nutriente mais requerido para o desenvolvimento das plantas (COSTA et al., 2015), ainda se conhece pouco sobre as fontes e doses mais adequadas para se obter altos rendimentos na cultura do rabanete no Brasil.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, a fisiologia e a produtividade do rabanete (*Raphanus sativus* L.) sob uso e reuso de substrato fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, K. M.; VIEIRA LO MONACO, P. A.; KRAUSE, M. R.; SILVA DE OLIVEIRA, D. L.; MERLO MENEGHELLI, L. A.; MERLO MENEGHELLI, C.; PINTO GUIOLFI, L. Reuse of agricultural waste as an alternative substrate in the production of eggplant (*Solanum melongena* L.) seedlings. **Agronomía Colombiana**, v. 38, n. 1, p. 29-35, 2020.
- ARAÚJO, F. M. L.; RODRIGUES, A. M. G.; FERNANDES, C. N. V.; SOBREIRA, A. E. A.; DE SOUZA ALVES, J. L.; DA SILVA, A. R. A. Cultivo de rabanete sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3327, 2019.
- CAMARGO, G. A.; CONSOLI, L.; LELLIS, I. C. S.; MIELI, J.; SASSAKI, E. K. Bebidas naturais de frutas perspectivas de mercado, componentes funcionais e nutricionais. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, n. 2, p. 181-195, 2007.
- CHIEN, S. H.; GEARHART, M. M.; VILLAGARCÍA, S. Comparison of ammonium sulfate with other nitrogen and sulfur fertilizers in increasing crop production and minimizing environmental impact: a review. **Soil Science**, v. 176, n. 7, p. 327-335, 2011.
- COSTA, A. R.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. **Irriga**, v.20, p.105-127, 2015.
- COSTA, K. C.; DAMASCENO, F. A.; SILVA, D. S.; BARBOSA, A. H. P.; DA SILVA, J. C.; DOS SANTOS, M. A. L. Resposta do rabanete (*Raphanus sativus* L.) à lâminas de água e doses de nitrogênio. **Revista Ambientale**, v. 12, n. 1, p. 34–39, 2020.
- GIANQUINTO, G.; ORSINI, F.; FECONDINI, M.; MEZZETTI, M.; SAMBO, P.; BONA, S. A methodological approach for defining spectral indices for assessing tomato nitrogen status and yield. **European Journal of Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 135-143, 2011.

HAN, P.; LAVOIR, A. V.; LE BOT, J.; AMIENS-DESNEUX, E.; DESNEUX, N. Nitrogen and water availability to tomato plants triggers bottom-up effects on the leafminer *Tuta absoluta*. **Scientific Reports**, p. 1-8, 2014.

LIM, H. W.; SONG, K. Y.; CHON, J. W.; JEONG, D.; SEO, K. H. Antimicrobial action of *Raphanus raphanistrum* subsp. sativus (radish) extracts against foodborne bacteria present in various milk products: a preliminary study. **Journal of Dairy Science and Biotechnology**, v. 37, n. 3, p. 187-195, 2019.

LINHARES, P. C. F.; DE MELO, F. N. B.; DA SILVA, E. B. R.; NEGREIROS, A. M. P.; NETO, J. B. D. Desempenho produtivo do rabanete sob diferentes quantidades de palha de carnaúba mais esterco bovino em cobertura. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 10, n. 3, p. 53-59, 2014.

LOPES, F. A. DA S.; DA SILVA, C. A.; LOPES, S. G.; FERREIRA, M. M.; DOS REIS, L. L. Frequência de irrigação e adubação nitrogenada na produção de rabanete no nordeste de Mato Grosso. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 1, p. 55–65, 2020.

NASCIMENTO, M. V.; JUNIOR, R. L. S.; FERNANDES, L. R.; XAVIER, R. C.; BENETT, K. S. S.; SELEGUINI, A.; BENETT, C. G. S. Manejo da adubação nitrogenada nas culturas de alface, repolho e salsa. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 65-71, 2017.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

HACHIYA, T.; SAKAKIBARA, H. Interactions between nitrate and ammonium in their uptake, allocation, assimilation, and signaling in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 10, p. 2501-2512, 2017.

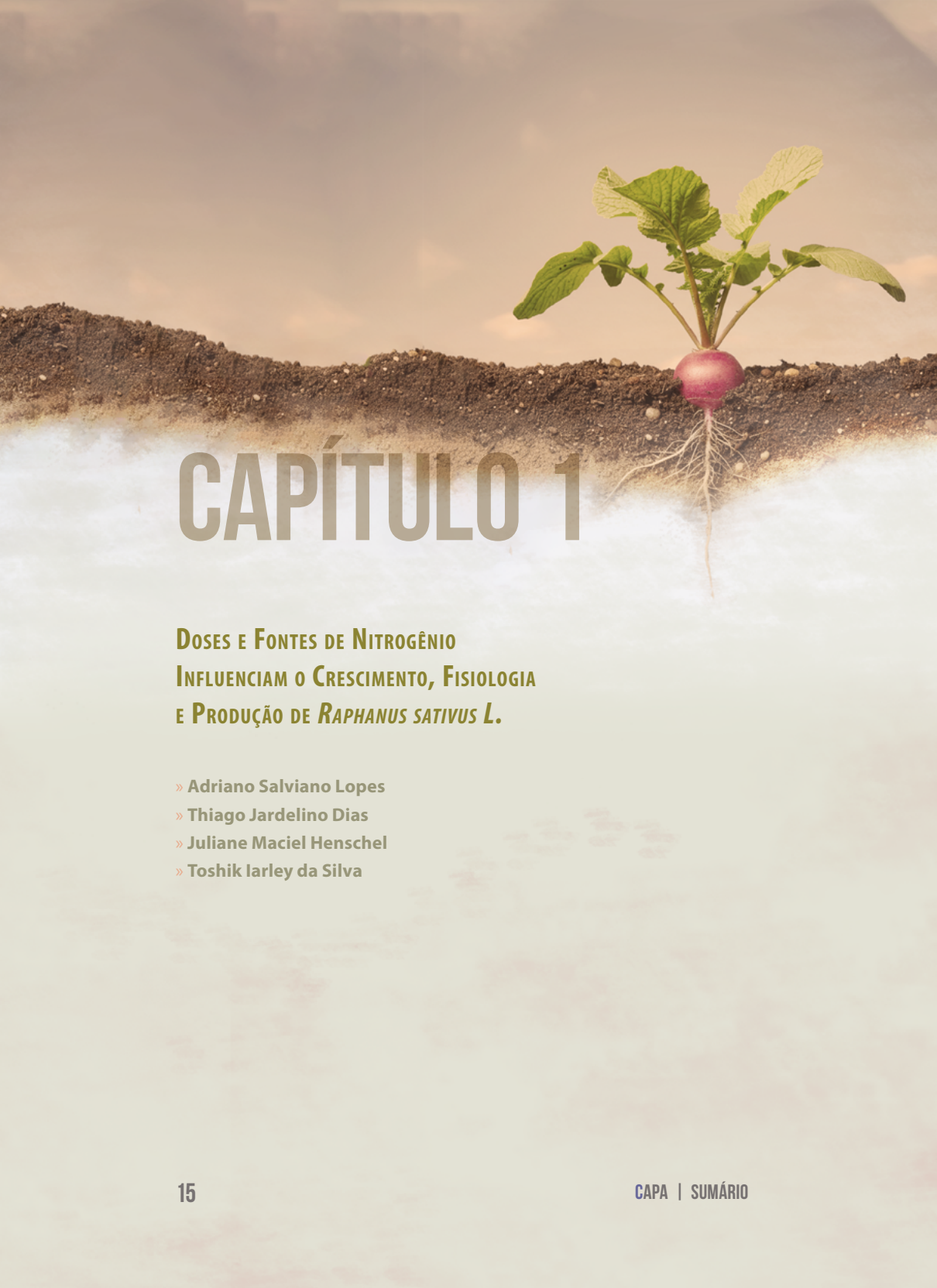
SANTI, A. L.; BASSO, C. J.; LAMEGO, F. P.; FLORA, L. P. D.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R. Épocas e parcelamentos da adubação nitrogenada aplicada em cobertura na cultura do feijoeiro, grupo

comercial preto e carioca, em semeadura direta. **Ciência Rural**, v.43, n. 5, p. 816– 822, 2013.

SANTOS, A. R.; SILVA, T. O.; BLANK, A. F.; SILVA, J. O.; F FILHO, R. N. A. Produtividade de clones de batata doce em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 445– 452, 2017.

TEGEDER, M.; RENTSCH, D. Uptake and partitioning of amino acids and peptides. **Molecular Plant**, v. 3, n. 6, p. 997-1011, 2010.

WITTE, CLAUS-PETER. Urea metabolism in plants. **Plant Science**, v. 180, n. 3, p. 431-438, 2011.



CAPÍTULO 1

**DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO
INFLUENCIAM O CRESCIMENTO, FISIOLOGIA
E PRODUÇÃO DE *RAPHANUS SATIVUS L.***

- » Adriano Salviano Lopes
- » Thiago Jardelino Dias
- » Juliane Maciel Henschel
- » Toshik larley da Silva

1. INTRODUÇÃO

As hortaliças são altamente exigentes em nutrientes, o que torna as técnicas de adubação essenciais para o aumento da produtividade. No entanto, a adubação em excesso pode acarretar custos desnecessários ao produtor, além de causar danos ao meio ambiente (MASCLAUX-DAUBRESSE et al., 2010). Dessa forma, é de suma importância que a adubação seja realizada de forma adequada para cada cultura.

O rabanete é uma hortaliça que demanda altos níveis de nutrientes em um período relativamente curto. Por isso, a aplicação deve ser feita de maneira eficiente, utilizando fontes e doses adequadas, principalmente de nitrogênio e potássio, pois tanto o excesso quanto a deficiência desses nutrientes comprometem o desenvolvimento da cultura, ocasionando perdas irreversíveis (CASTRO et al., 2016). Em culturas tuberosas, doses excessivas de nitrogênio comprometem o desenvolvimento da raiz devido ao crescimento excessivo da parte aérea e à redução na absorção de potássio. Por outro lado, a deficiência de nitrogênio provoca o encurtamento da parte aérea e, como consequência, reduz a produção de carboidratos e a produtividade da cultura (ALVES et al., 2010; GALERIANI et al., 2020; COSTA et al., 2020).

O nitrogênio (N) é considerado um elemento essencial, necessário para a biossíntese de proteínas, ácidos

nucleicos, aminoácidos e hormônios. Atua no metabolismo das plantas, em funções estruturais, enzimáticas e na formação de RNA, DNA, ATP, clorofila, entre outras moléculas, sendo, portanto, de extrema importância para o desenvolvimento vegetal (CASTRO et al., 2016; HUANG, 2018). Além disso, o N também participa da resposta das plantas ao estresse, pois é requerido para a síntese de osmólitos, como prolina, glicina betaína e açúcares, promovendo melhor fotoproteção e manutenção hídrica dos tecidos vegetais (OSORIO, 2016; SOLIMAN et al., 2020).

A utilização de diferentes fontes e doses de nitrogênio pode favorecer o desenvolvimento das plantas, além de maximizar a produção. Uma parte do nitrogênio mineral aplicado no solo é absorvida pelas plantas; a outra parte é perdida por lixiviação, processo que consiste no movimento vertical de íons ou moléculas no perfil do solo para camadas mais profundas, não exploradas pelas raízes (MOTA et al., 2015).

Embora o nitrogênio seja considerado o nutriente mais requerido para o desenvolvimento das plantas (COSTA et al., 2015), pouco se conhece sobre as fontes e doses mais adequadas para alcançar maiores rendimentos na cultura do rabanete no Brasil. Quadros et al. (2010), ao avaliarem a produção e o índice de clorofila em plantas de rabanete (*Raphanus sativus* L.) sob adubação nitrogenada, concluíram

que as doses de N não interferiram significativamente na produção de clorofilas.

Considerando a grande importância da adubação nitrogenada para o aumento da produtividade das hortaliças, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, as trocas gasosas, os índices de clorofila, a fluorescência da clorofila a e a produção do rabanete (*Raphanus sativus* L.) sob diferentes fontes e doses de nitrogênio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente aberto (viveiro) do Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias – UFPB, Bananeiras, Paraíba, Brasil,. O clima da região é quente e úmido, com temperaturas variando entre 18 e 36 °C e precipitação média anual de 1.200 mm (IBGE, 2019). A precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar nos meses de execução do experimento foram: novembro – 0,9 mm, 28,18 °C e 72,43%, respectivamente; dezembro – 5,3 mm, 30,50 °C e 73%, respectivamente. Os dados foram coletados na Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias – UFPB.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 × 5, sendo três fontes

de nitrogênio (ureia – 45% de N, sulfato de amônio – 21% de N, e fosfato monoamônico – 12% de N) e cinco doses de nitrogênio (0, 15, 30, 45 e 60 kg ha⁻¹), com três repetições. As unidades experimentais foram vasos de polietileno com capacidade volumétrica de 5,0 dm³, dispostos em espaçamento de 0,3 m × 0,3 m.

O substrato utilizado foi uma mistura de solo franco-argilo-arenoso e areia lavada na proporção de 7:3 (v/v).

Tabela 1. Resultados da análise química e fertilidade do substrato.

CARACTERÍSTICA	RESULTADO	UNIDADE
Ph	5,52	-
Matéria orgânica	28,72	g kg ⁻¹
Fósforo (P)	18,72	mg kg ⁻¹
Potássio (K ⁺)	35,88	mg kg ⁻¹
Cálcio (Ca ²⁺)	4,80	cmolc dm ⁻³
Magnésio (Mg ²⁺)	1,20	cmolc dm ⁻³
Sódio (Na ⁺)	0,04	cmolc dm ⁻³
Saturação por bases	6,13	cmolc dm ⁻³
H ⁺ + Al ³⁺	1,16	cmolc dm ⁻³
Alumínio (Al ³⁺)	0,00	cmolc dm ⁻³
Capacidade de troca de cátions (CTC)	7,29	cmolc dm ⁻³
Saturação por bases (V)	84,15	%
Saturação por alumínio (m)	0,00	%
Carbono orgânico	16,66	g kg ⁻³
Condutividade elétrica	0,41	dS m ⁻¹

A adubação de fundação foi realizada durante a preparação dos substratos, com aplicação de 0,50 g vaso⁻¹

de P_2O_5 e $0,04 \text{ g vaso}^{-1}$ de K_2O . A adubação nitrogenada foi aplicada aos 10 dias após a semeadura (DAS), utilizando-se as fontes e doses correspondentes a cada tratamento.

As sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L. cv. Vip Crimson – Feltrin®) foram semeadas por plantio direto, utilizando-se três sementes por vaso, a uma profundidade de aproximadamente 2 cm. O desbaste foi realizado aos nove DAS, mantendo-se uma planta (a mais vigorosa) por vaso. A irrigação foi feita manualmente, conforme a necessidade hídrica das plantas, mantendo-se a umidade do solo em 40% da capacidade de campo, determinada pelo método de lisimetria de drenagem (ALVES et al., 2017).

As variáveis altura de planta, diâmetro da coroa, número de folhas e área foliar foram determinadas aos 10, 20 e 30 DAS. A altura foi medida da superfície do solo até a extremidade superior da planta com régua graduada. O diâmetro da coroa foi mensurado com paquímetro digital, com os valores expressos em milímetros. O número de folhas foi obtido por contagem direta. A área foliar foi estimada pela seguinte equação:

$$AF = C \times L \times N \times f$$

Em que: AF = área foliar (cm²), C = comprimento da folha (cm), L = largura da folha (cm), N = número de folhas por planta, e f = fator de correção para rabanete (0,57), adimensional (AQUINO et al., 2011).

As avaliações de trocas gasosas, fluorescência da clorofila a e índices de clorofila a, b e total foram realizadas aos 20 e 30 DAS. As trocas gasosas foram medidas com um analisador de gás por infravermelho (IRGA, LI-COR, modelo LI-6400XT – Inc. Lincoln, Nebraska, EUA). As medições ocorreram entre 8h e 10h da manhã, utilizando luz artificial com intensidade de 1000 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, concentração de referência de CO₂ de 385 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de ar e temperatura ambiente. Foram avaliados: condut\u00e2ncia estom\u00e1tica (g_s – $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), fotoss\u00edntese l\u00edquida (A – $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpira\u00e7\u00e3o (E – $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), efici\u00eancia no uso da \u00e1gua ($EUA = A/E$), efici\u00eancia intr\u00ednseca no uso da \u00e1gua ($EiUA = A/g_s$), concentra\u00e7\u00e3o interna de CO₂ (C_i – $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ de ar), d\u00e9ficit de press\u00e3o de vapor (DPV – folha-ar), e efici\u00eancia intr\u00ednseca de carboxila\u00e7\u00e3o ($EiC = A/C_i$).

A fluoresc\u00eancia inicial (F_0), m\u00e1xima (F_m) e vari\u00e1vel (F_v), bem como o rendimento qu\u00e2ntico do fotossistema II (F_v/F_m), foram determinados com fluor\u00f4metro modulado (Sciences Inc., modelo OS-30p, Hudson, EUA), em uma folha

intermediária por planta, previamente adaptada ao escuro por 30 minutos. Os índices de clorofila a, b e total foram medidos com clorofilômetro eletrônico ClorofiLOG® (Falker, modelo CFL 1030, Porto Alegre, RS).

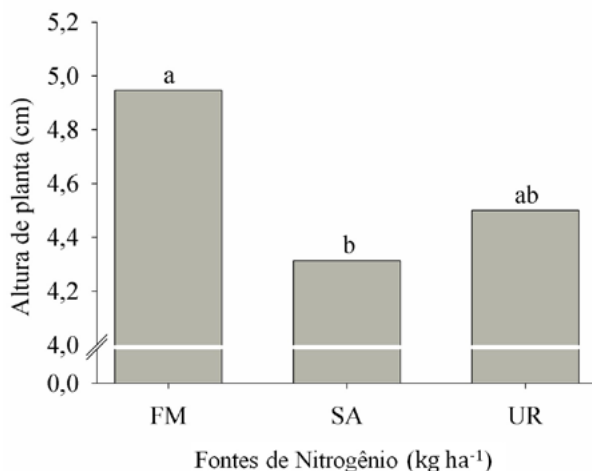
Ao final do experimento (30 DAS), as plantas foram colhidas e foram determinados o comprimento e o diâmetro da raiz tuberosa com auxílio de paquímetro digital. Em seguida, as plantas foram separadas em parte aérea e raiz, para determinação da massa fresca, utilizando balança analítica com precisão de 0,001 g. O material vegetal foi então seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, por 72 horas, até atingir peso constante. A massa seca foi determinada com a mesma balança analítica.

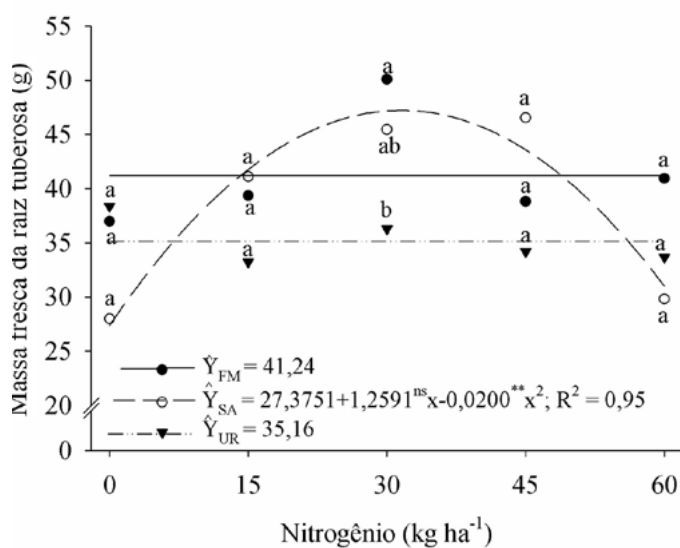
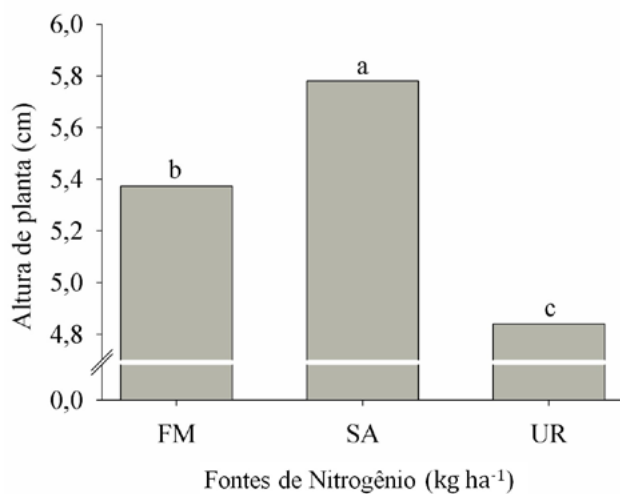
Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, quando significativos, foi realizada análise de regressão para o fator quantitativo (doses de N) e teste de médias (Tukey) para o fator qualitativo (fontes de N). A análise de componentes principais (PCA) foi realizada com as variáveis medidas aos 30 DAS, para explicar a contribuição de cada componente, com base nos fatores e variáveis analisadas. As análises estatísticas foram conduzidas com o software R (R Core Team, 2020).

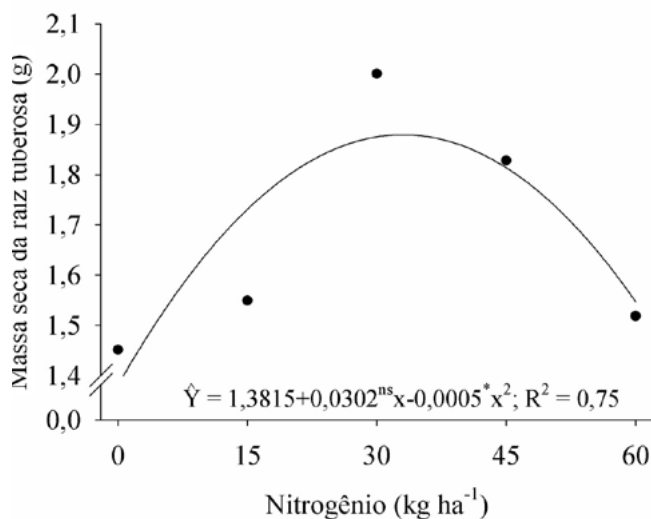
3. RESULTADOS

A altura de plantas, a massa fresca da raiz tuberosa, as trocas gasosas, os índices de clorofila *a*, *b* e total, e a fluorescência foram afetadas pela adubação nitrogenada (N). A altura de plantas foi maior em rabanete adubado com fosfato monoamônico aos 20 DAS (4,94 cm) e com sulfato de amônio aos 30 DAS (5,78 cm). As plantas adubadas com ureia apresentaram menor altura (4,84 cm) aos 30 DAS (Figura 1).

Figura 1. Altura de plantas aos 20 DAS (A), 30 DAS (B), massa fresca (C) e massa seca da raiz tuberosa (D) de plantas de rabanete submetidas a diferentes fontes e doses de nitrogênio. Fosfato monoamônico (FM); Sulfato de amônio (AS); Ureia (UR). As diferenças entre as doses de nitrogênio são representadas por letras.



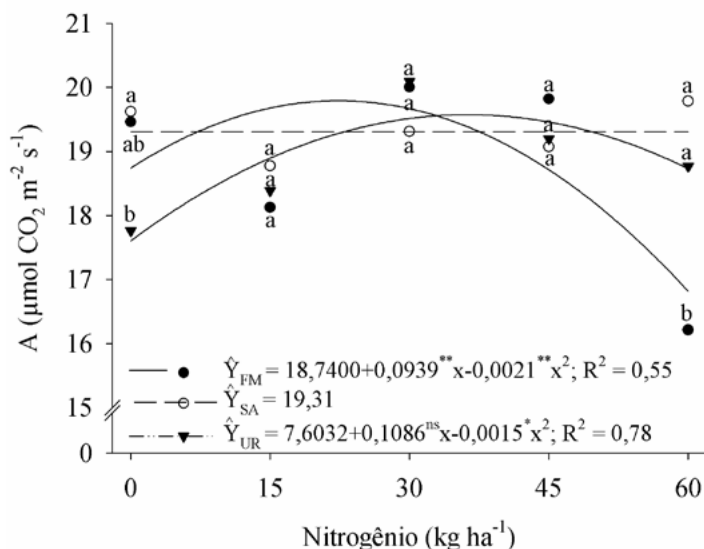


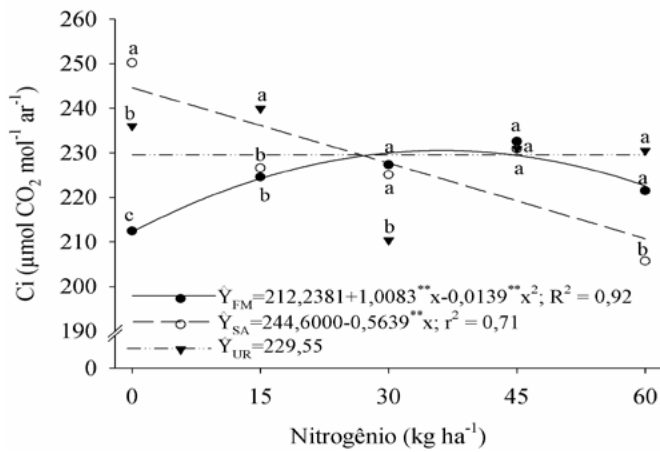
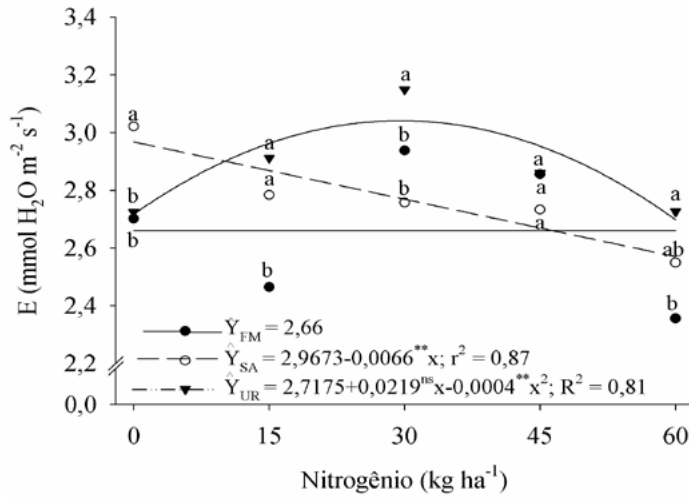


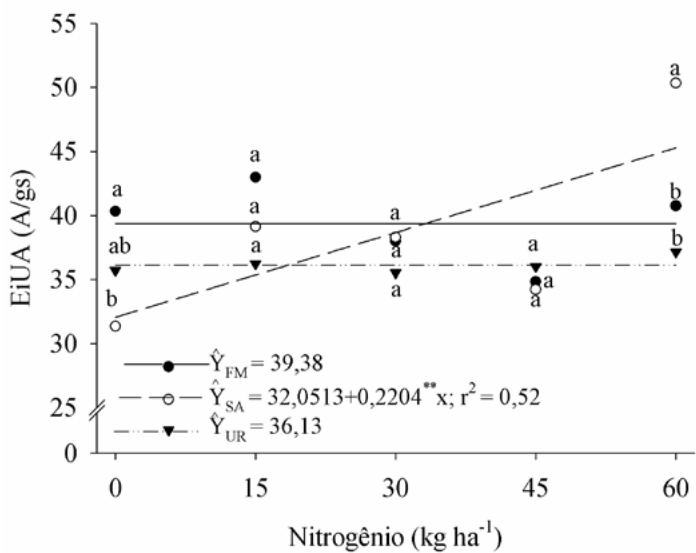
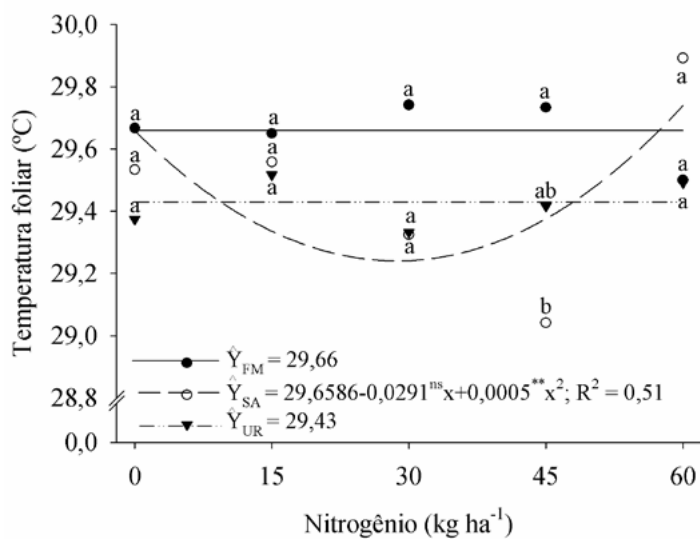
O maior ganho de massa fresca da raiz tuberosa do rabanete (47,19 g) foi obtido com a dose estimada de 31,38 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. As demais fontes de N não apresentaram variação significativa com o aumento das doses, mantendo valores médios de 41,24 g e 35,16 g para fosfato monoamônico e ureia, respectivamente (Figura 1C). Para a massa seca da raiz tuberosa, houve efeito isolado das doses de N nas plantas adubadas com fosfato monoamônico. De acordo com o modelo de regressão quadrática, a maior massa seca da raiz (1,84 g) foi observada com a dose estimada de 30,20 kg ha⁻¹ (Figura 1D). No entanto, a massa seca reduziu-se com o aumento das doses de N.

A condutância estomática (g_s) foi reduzida aos 30 DAS com o aumento das doses de sulfato de amônio, atingindo o menor valor ($0,30 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) na dose de $59,32 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (Figura 2A). A maior g_s ($0,36 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi registrada na dose de $29,53 \text{ kg ha}^{-1}$ de fosfato monoamônico. A ureia não influenciou a condutância estomática (Figura 2A).

Figura 2. A condutância estomática (g_s) foi reduzida aos 30 DAS com o aumento das doses de sulfato de amônio, atingindo o menor valor ($0,30 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) na dose de $59,32 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (Figura 2A). A maior g_s ($0,36 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi registrada na dose de $29,53 \text{ kg ha}^{-1}$ de fosfato monoamônico. A ureia não influenciou a condutância estomática (Figura 2A).







A fotossíntese líquida (*A*) aumentou até as doses de 22,36 kg ha⁻¹ e 36,20 kg ha⁻¹ de N, com fosfato monoamônico e ureia, respectivamente, resultando em valores de 19,79 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e 19,57 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. As doses de sulfato de amônio não influenciaram a fotossíntese das plantas com o aumento da concentração de N (Figura 2B).

A transpiração (*E*) diminuiu 10,9% com o aumento das doses de sulfato de amônio. Segundo o modelo de regressão quadrática, a maior taxa de transpiração (3,02 mmol H₂O m⁻² s⁻¹) foi observada com a ureia, na dose estimada de 27,38 kg ha⁻¹ de N. A aplicação de fosfato monoamônico não influenciou significativamente a *E*. Houve diferença entre as fontes de N nas doses de 0, 15, 30 e 60 kg ha⁻¹ (Figura 2C).

A concentração interna de carbono (*Ci*) diminuiu 7,9% com o aumento das doses de sulfato de amônio. O acréscimo de ureia não influenciou a *Ci*. De acordo com o modelo de regressão quadrática, o aumento das doses de fosfato monoamônico até 36,27 kg ha⁻¹ elevou a *Ci* (230,52 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), seguido de redução posterior (Figura 2D).

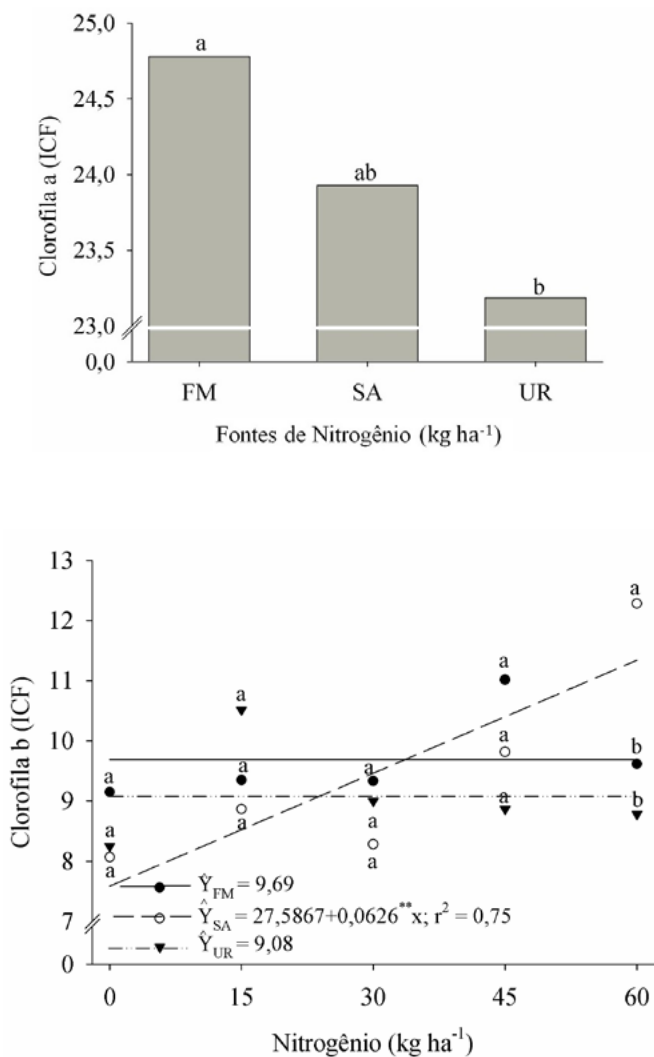
A temperatura foliar das plantas de rabanete foi reduzida com o aumento das doses de sulfato de amônio até 29,24 kg ha⁻¹, com aumento posterior atingindo 29,24 °C na dose de 60 kg ha⁻¹. As fontes ureia e fosfato monoamônico

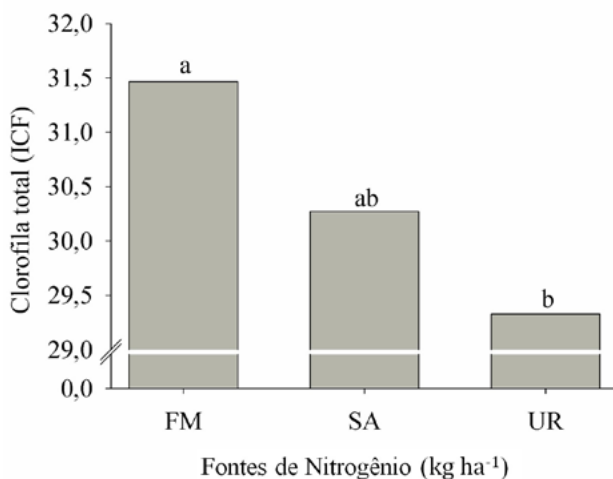
não influenciaram a temperatura foliar. O sulfato de amônio se destacou estatisticamente (Figura 2E).

Em relação à eficiência no uso da água (*EUA*) e à eficiência intrínseca no uso da água (*EiUA*), observou-se que o uso do sulfato de amônio promoveu incrementos de 19,4% e 60,5%, respectivamente, a cada unidade adicional de N (Figuras 2F e 2G). As demais fontes nitrogenadas não influenciaram essas variáveis em função das doses aplicadas. Houve diferenças significativas entre as fontes nas doses de 0, 15, 30 e 60 kg ha⁻¹ (Figura 2F). Na eficiência intrínseca, o fosfato monoamônico superou estatisticamente a ureia na dose de 0 kg ha⁻¹ e o sulfato de amônio na dose de 60 kg ha⁻¹ (Figura 2G).

O índice de clorofila *a* foi maior (24,8 ICF) em plantas adubadas com fosfato monoamônico, não diferindo estatisticamente daquelas adubadas com sulfato de amônio (23,94 ICF). A menor média foi observada com a ureia (23,20 ICF), aos 20 DAS (Figura 3A).

Figura 3. Índices de clorofila *a* aos 20 DAS (A), clorofila *b* aos 30 DAS (B) e clorofila total aos 30 DAS (C) em rabanete submetido à adubação com diferentes fontes e doses de N. Fosfato monoamônico (FM); Sulfato de amônio (AS); Ureia (UR). As diferenças entre as doses são indicadas por letras.



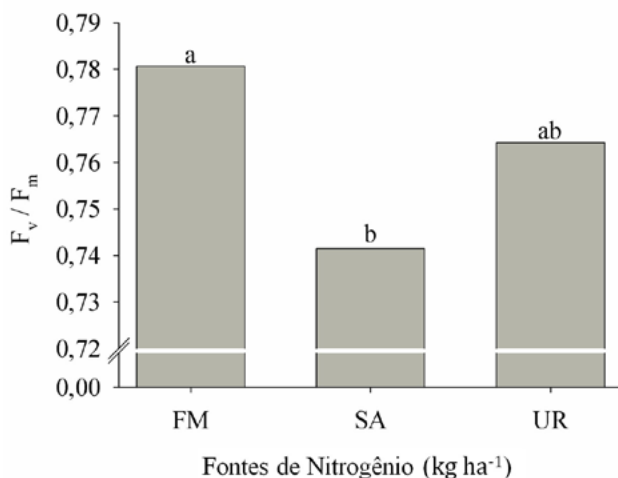


O índice de clorofila *b* aumentou com o incremento das doses de N, nas plantas adubadas com sulfato de amônio, com maior valor (12,3 ICF) na dose de 60 kg ha⁻¹. As aplicações de fosfato monoamônico e ureia não influenciaram esse índice (Figura 3B). Quanto ao índice de clorofila total aos 20 DAS, foram observados maiores valores nas plantas adubadas com fosfato monoamônico (31,4 ICF) e sulfato de amônio (30,13 ICF), enquanto a menor média foi registrada com ureia (29,27 ICF) (Figura 3C).

A fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m) e variável (F_v) não apresentaram diferenças significativas entre fontes e doses de N. No entanto, o rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) foi superior nas plantas adubadas com fosfato monoamônico (0,78) e ureia (0,76). As plantas

adubadas com sulfato de amônio apresentaram menor valor (0,74) (Figura 4).

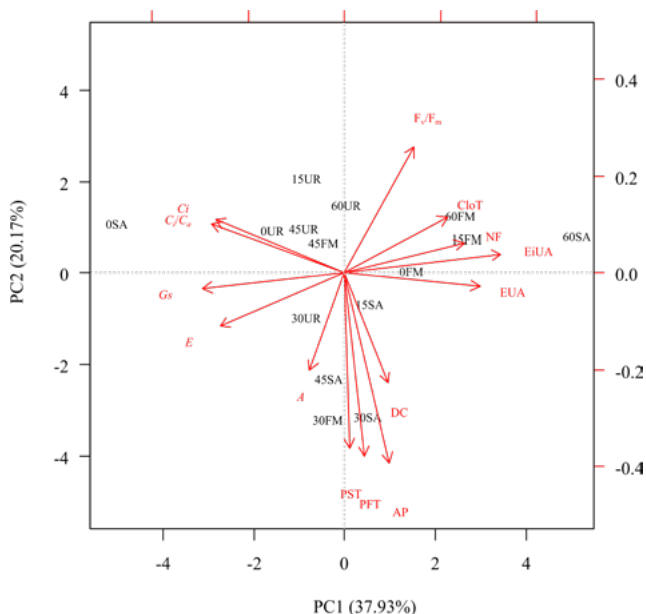
Figura 4. Rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) em rabanete submetido à adubação com diferentes fontes e doses de N. FM: fosfato monoamônico; AS: sulfato de amônio; UR: ureia.



A análise de componentes principais indicou forte correlação entre o índice de clorofila total (CloT), número de folhas (NF), eficiência intrínseca no uso da água ($EiUA$) e eficiência no uso da água (EUA) com a aplicação de fosfato monoamônico nas doses de 0, 15 e 60 kg ha⁻¹ (0FM, 15FM e 60FM). As variáveis fotossíntese líquida (A), peso seco total (PST), peso fresco total (PFT), altura de planta (AP) e diâmetro da coroa (DC) apresentaram forte relação com o sulfato de amônio nas doses de 15, 30 e 45 kg ha⁻¹ (15AS,

30AS e 45AS), além do fosfato monoamônico na dose de 30 kg ha⁻¹ (30FM) e ureia na dose de 30 kg ha⁻¹ (30UR). A condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e fotossíntese líquida (*A*) correlacionaram-se fortemente com 30UR. A concentração interna de carbono (*Ci*) e a razão *Ci/Ca* foram associadas às doses de ureia 0 e 45 kg ha⁻¹ (0UR e 45UR) e fosfato monoamônico na dose de 45 kg ha⁻¹ (45FM).

Figura 5. Análise de componentes principais. Concentração de carbono interno (C_i), relação concentração de CO_2 interna e externa (C_i/C_a), condutância estomática (g_s), transpiração (E), fotossíntese líquida (A), diâmetro da coroa (DC), peso seco (PST) e peso fresco da raiz tuberosa (PFT), altura de planta (AP), eficiência no uso da água (EUA), eficiência intrínseca no uso da água ($EiUA$), número de folhas (NF), índice de clorofila total ($ClOT$), relação fluorescência variável e fluorescência máxima (F_v/F_m). UR: ureia; AS: Sulfato de amônio; FM: Fosfato monoamônico.



4. DISCUSSÃO

A maior altura de plantas de rabanete foi observada com a aplicação de fosfato monoamônico aos 20 dias após a semeadura (DAS). Aos 30 DAS, a maior altura foi registrada em plantas sob adubação com sulfato de amônio, possivelmente devido à menor perda deste no solo. Embora a ureia e o sulfato de amônio sejam as fontes de nitrogênio mais utilizadas na agricultura, são rapidamente assimilados pelas plantas e apresentam altas perdas por volatilização de amônia (ABALOS et al., 2014). Ao contrário dos resultados encontrados neste trabalho, a aplicação de lâminas de irrigação associada à adubação nitrogenada com ureia aumentou a altura de plantas de couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) (OLIVEIRA et al., 2019).

O aumento da massa fresca da raiz tuberosa foi observado em plantas adubadas com sulfato de amônio na dose de 30 kg ha^{-1} . Esse efeito pode ser atribuído à presença de enxofre em sua composição, elemento essencial na formação de proteínas e clorofilas, que favorece a produção de matéria fresca (MENDONÇA & PEIXOTO, 1991). Além disso, essa fonte proporciona benefícios como menor perda de N por volatilização, acidificação do solo e baixo índice de toxidez em solos alcalinos (CHIEN et al., 2011).

O incremento na massa com o aumento do N ocorre devido à estimulação das atividades meristemáticas de

crescimento, contribuindo para o aumento no número e no tamanho das células, além de participar de diversos processos fisiológicos da planta (ŻARSKI et al., 2020). No entanto, doses excessivas de N podem reduzir a biomassa vegetal em virtude de desbalanços nutricionais. O aumento na massa seca da raiz tuberosa com a aplicação de fosfato monoamônico pode ter ocorrido devido à maior lixiviação das demais fontes (MOTA et al., 2015). Em relação à massa seca da raiz tuberosa, resultados similares foram obtidos com fosfato monoamônico na comparação entre fontes (ureia convencional e ureia revestida) e doses (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹) de N em rabanete (CAETANO et al., 2015).

A condutância estomática (*gs*) aumentou nas plantas de rabanete adubadas com fosfato monoamônico na dose de 45 kg ha⁻¹, em contrapartida, o uso do sulfato de amônio reduziu a *gs*. O incremento até 45 kg ha⁻¹ com fosfato monoamônico pode estar relacionado à presença de fósforo em sua composição, elemento que auxilia no ajuste osmótico das plantas (BHARGAVA & SAWANT, 2013). Além disso, o nitrogênio favorece diversos processos fisiológicos e bioquímicos, como mudanças no pH intracelular, metabolismo hormonal, regulação osmótica e no ponto de saturação luminosa, sendo componente essencial na síntese de pigmentos e enzimas fotossintéticas (LI et al., 2014; WANG et al., 2016). A aplicação de doses de N influenciou a

condutância estomática em plantas de melancia (*Citrullus lanatus*) (FURTADO et al., 2012), corroborando os resultados deste trabalho.

A maior taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) foi observada com a dose de 30 kg ha^{-1} de N, utilizando as fontes ureia e fosfato monoamônico, indicando que doses mais elevadas podem resultar em toxidez para as plantas. Isso ocorre especialmente quando o N é fornecido na forma amoniacal, reduzindo o pH intracelular e provocando desequilíbrio osmótico, aumento na produção de espécies reativas de oxigênio, estresse osmótico e oxidativo, afetando negativamente os processos fisiológicos das plantas (BITTSÂNSZKY et al., 2015; NUNES et al., 2016). Em estudo com melancia (*Citrullus lanatus*), plantas adubadas com 50% da dose recomendada de N apresentaram melhores resultados para a taxa de assimilação líquida (SILVA et al., 2019b), devido à maior atividade fotossintética observada nessa dose em comparação com 100%.

A concentração interna de CO_2 (C_i) foi influenciada pelas fontes e doses de N. As fontes fosfato monoamônico e ureia reduziram a A , o que pode ser atribuído à toxidez causada por essas formulações, resultando em menor C_i . Isso, por sua vez, reduz a condutância estomática, pois a abertura estomática regula a difusão de CO_2 para o mesófilo, influenciando a transpiração e, consequentemente, a

eficiência no uso da água (TALEBNEJAD & SEPASKHAH, 2016). Altas concentrações de fertilizantes podem causar toxidez ou reduzir a absorção de outros nutrientes, afetando diretamente os processos fisiológicos e o desenvolvimento das plantas (MARTINS et al., 2017).

A eficiência no uso da água (*EUA*) e a eficiência intrínseca no uso da água (*EiUA*) aumentaram proporcionalmente com as doses de sulfato de amônio, indicando interação positiva com a taxa fotossintética. As demais fontes não apresentaram efeitos significativos. A disponibilidade hídrica no solo influencia diretamente o grau de abertura estomática, afetando a transpiração e a taxa de fotossíntese (SILVA et al., 2010). Além disso, o excesso de N pode reduzir o pH intracelular e gerar desequilíbrio osmótico, aumentando a produção de espécies reativas de oxigênio, o que induz estresse osmótico e oxidativo, prejudicando os processos fisiológicos da planta (BITTSÀNSZKY et al., 2015).

O fator “fontes de N” teve efeito isolado sobre os índices de clorofila a e clorofila total. Como o N é constituinte da molécula de clorofila, é esperado que as fontes de nitrogênio influenciem positivamente o teor de clorofila nas folhas. Em quantidades adequadas, o N promove o aumento da síntese de clorofilas (RAHIMIKHOOB et al., 2020). O índice de clorofila b apresentou comportamento crescente com o aumento das doses de N, especialmente com o uso

de sulfato de amônio. As demais fontes não apresentaram influência significativa, o que pode estar relacionado à baixa disponibilidade de N nessas formulações. O nitrogênio melhora a assimilação de CO_2 , aumenta a eficiência da clorofila e a concentração de íons essenciais como Ca^{2+} e Mg^{2+} no mesofilo foliar (SÁ et al., 2015).

Em estudo com plantas de abobrinha (*Cucurbita pepo* cv. Caserta), doses crescentes de N (sulfato de amônio) aumentaram o teor de clorofila (PÔRTO et al., 2011). O teor de clorofila está diretamente relacionado à taxa fotossintética, produtividade das culturas e concentração de N nas plantas (SILVA et al., 2012). Portanto, a limitação desse teor pode comprometer a produção, o crescimento e os processos fisiológicos. Esse processo está ligado à disponibilidade de N no solo, visto que esse nutriente é um dos componentes básicos dos aminoácidos necessários à síntese da clorofila (SILVA et al., 2019a).

O rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) foi influenciado apenas pelas fontes de N. Plantas adubadas com fosfato monoamônico apresentaram maior F_v/F_m em relação às demais fontes, possivelmente devido à deficiência ou dificuldade de absorção nas outras formulações. A deficiência de N compromete o centro de reação do PSII, dificultando sua restauração e inibindo a fotoinibição, as atividades fotoquímicas e o potencial fotossintético

(WANG et al., 2016). Em estudo com plantas de pepino, a eficiência quântica potencial do PSII (F_v/F_m) não diferiu significativamente entre as fontes testadas (ureia, sulfato de amônio e nitrato de sódio) (SILVA et al., 2017).

5. CONCLUSÕES

A fonte de nitrogênio fosfato monoamônico, na dose de 30 kg ha⁻¹ de N, foi a mais eficiente no favorecimento das trocas gasosas em plantas de rabanete.

A aplicação de nitrogênio por meio do fosfato monoamônico proporcionou maior índice de clorofila *a*, clorofila total e maior rendimento quântico do fotossistema II nas plantas avaliadas.

Plantas de rabanete adubadas com fosfato monoamônico na dose de 30 kg ha⁻¹ apresentaram os melhores resultados experimentais entre os tratamentos testados.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido à pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- ABALOS, D.; JEFFERY, S.; SANZ-COBENA, A.; GUARDIA, G.; VALLEJO, A. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 189, p. 136-144, 2014.
- ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. P. D.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. N. P. D.; CARDOSO, E. D. A.; MATOS, B. F. Manejo da adubação nitrogenada para batata-doce: fontes e parcelamento de aplicação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 6, p. 1554-1559, 2009.
- ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.
- AQUINO, L. A.; DOS SANTOS JÚNIOR, V. C.; GUERRA, J. V. S.; COSTA, M. M. Estimativa da área foliar do girassol por método não destrutivo. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 832-836, 2011.
- BHARGAVA, S.; SAWANT, K. Drought stress adaptation: metabolic adjustment and regulation of gene expression. **Plant breeding**, v. 132, n. 1, p. 21-32, 2013.
- BITTSÁNSZKY, A.; PILINSZKY, K.; GYULAI, G.; KOMIVES, T. Overcoming ammonium toxicity. **Plant Science**, v. 231, n. 4, p. 184-190, 2015.
- 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. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 2, n. 4, p. 55-59, 2015.
- CASTRO, B. F.; SANTOS, L. G. D.; BRITO, C. F.; 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, n. 3, p. 341-348, 2016.
- CHIEN, S. H.; GEARHART, M. M.; VILLAGARCÍA, S. Comparison of ammonium sulfate with other nitrogen and sulfur fertilizers in

increasing crop production and minimizing environmental impact: a review. **Soil Science**, v. 176, n. 7, p. 327-335, 2011.

COSTA, A. R.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. **Irriga**, v.20, p.105-127, 2015.

COSTA, K. C.; DAMASCENO, F. A.; SILVA, D. S.; BARBOSA, A. H. P.; DA SILVA, J. C.; DOS SANTOS, M. A. L. Resposta do rabanete (*Raphanus sativus* L.) à lâminas de água e doses de nitrogênio. **Revista Ambientale**, v. 12, n. 1, p. 34–39, 2020.

FURTADO, G. F.; PEREIRA, F. H. F.; ANDRADE, E. M. G.; PEREIRA FILHO, R. R.; DA SILVA, S. S. Efeito do nitrato de cálcio na redução do estresse salino em melanciaira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 9, 2012.

GALERIANI, T. M.; DE OLIVEIRA, S. L.; PIROLI, V. L. B.; RICETO, M. P.; COSMO, B. M. N. BATATA-DOCE. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 9, n. 19, p. 206-230, 2020.

HUANG, R. D. Research progress on plant tolerance to soil salinity and alkalinity in sorghum. **Journal of Integrative agriculture**, v.17, p. 739–746, 2018.

LI, B.; LI, G.; KRONZUCKER, H. J.; BALUSKA, F.; SHI, W. Ammonium stress in Arabidopsis: signaling, genetic loci, and physiological targets. **Trends in Plant Science**, v.19, p.107-114, 2014.

MARTINS, J. K. D.; DA LUZ, S. R. O. T.; FERREIRA, A. G.; DA SILVA, C. A. aplicação de duas fontes de adubação nitrogenada submetida a doses crescentes na cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.) na Amazônia ocidental. **Agrarian Academy**, v. 4, n. 8, p. 68–75, 2017.

MASCLAUX-DAUBRESSE, C.; DANIEL-VEDELE, F.; DECHORGNAT, J.; CHARDON, F.; GAUFICHON, L.; SUZUKI, A. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. **Annals of botany**, v. 105, n. 7, p. 1141–1157, 2010.

MENDONÇA, A. T. C.; PEIXOTO, N. Efeitos do espaçamento e de níveis de adubação em cultivares de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 9, n. 2, p. 80-82, 1991.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 512– 522, 2015.

NUNES, A. R. A.; FERNANDES, A. M.; LEONEL, M.; GARCIA, E. L.; MAGOLBO, L. A.; CARMO, E. L. Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade de raízes da mandioquinha-salsa. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 242-247, 2016.

OLIVEIRA, R. M. D.; OLIVEIRA, R. A. D.; VIDIGAL, S. M.; OLIVEIRA, E. M. D.; GUIMARÃES, L. B.; CECOM, P. R. Production and water yield of cauliflower under irrigation depths and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 8, p. 561-565, 2019.

OSORIO FILHO, B. D.; BINZ, A.; LIMA, R. F.; GIONGO, A.; SÁ, E. L. S. D. Promoção de crescimento de arroz por rizóbios em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 478-485, 2016.

PÔRTO, M. L.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 311–315, 2011.

QUADROS, B. R.; DA SILVA, E. D. S.; DA SILVA BORGES, L.; DE ARAÚJO MOREIRA, C.; LIMA MORO, A.; BÔAS, R. L. V. 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.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020.

- RAHIMIKHOOB, H.; SOHRABI, T.; DELSHAD, M. Development of a critical nitrogen dilution curve for basil (*Ocimum basilicum* L.) under greenhouse conditions. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1-11, 2020.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. **Comunicata Scientiae**, v.6, p.463-470, 2015.
- SILVA, A. L. P. D.; SILVA, A. P. D.; SOUZA, A. P. D.; SANTOS, D.; SILVA, S. D. M.; SILVA, V. B. D. Resposta do abacaxizeiro 'Vitória' a doses de nitrogênio em solos de tabuleiros costeiros da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 447-456, 2012.
- SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v.23, p.7-13, 2010.
- SILVA, G. D. C. C.; PUIATTI, M.; CECOM, P. R.; JESUS FREITAS, A. R. Crescimento, produtividade e nitrato em frutos de pepino submetidos a fontes de adubos nitrogenados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 179-184, 2017.
- SILVA, J. T.; PEREIRA, R. D.; RODRIGUES, M. G. Adubação da bananeira 'Prata Anã' com diferentes doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 12, p. 1314-1320, 2012.
- SILVA, P. F. D.; MATOS, R. M. D.; PEREIRA, M. D. O.; BORGES, V. E.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. D. Chlorophyll content in beet cv. Early Wonder under nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, v. 66, n. 6, p. 460-469, 2019a.
- SILVA, S. S. D.; LIMA, G. S. D.; LIMA, V. L. A. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. D. A.; LUCENA, R. C. M. Trocas gasosas e produção de melancia sob manejo de salinidade e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, 2019b.

SOLIMAN, M.; ELKELISH, A.; SOUAD, T.; ALHAITHLOUL, H.; FARROQ, M. Brassinosteroid seed priming with nitrogen supplementation improves salt tolerance in soybean. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 26, p. 501–511, 2020.

SUN, J.; YE, M.; PENG, S.; LI, Y. Nitrogen can improve the rapid response of photosynthesis to changing irradiance in rice (*Oryza sativa* L.) plants. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2016.

TALEBNEJAD, R.; SEPASKHAH, A. R. Physiological characteristics, gas exchange, and plant ion relations of quinoa to different saline groundwater depths and water salinity. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 62, n. 10, p. 1347-1367, 2016.

WANG, X.; WANG, L.; SHANGGUAN, Z. Leaf gas exchange and fluorescence of two winter wheat varieties in response to drought stress and nitrogen supply. **Plos One**, v. 11, n. 11, p. e0165733, 2016.

ŻARSKI, J.; KUŚMIEREK–TOMASZEWSKA, R.; DUDEK, S. Impact of irrigation and fertigation on the yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in a moderate climate. **Agronomy**, v. 10, n. 2, 2020.

Tabela 1. Análise de variância das variáveis fisiológicas 20 DAS, condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), transpiração (E), eficiência no uso da água (EUA), eficiência intrínseca no uso da água (EiUA), concentração de carbono interno (Ci), déficit de pressão de vapor (DPV), relação de concentração de CO₂ interna e externa (Ci/Ca) e temperatura foliar (TF), índice de clorofila *a* (ICA), *b* (ICB) e total (ICT) na cultura do rabanete sob adubação com fontes e doses de nitrogênio.

Quadrados médios

Fonte de Variação	GL	gs	A	E	EUA	EiUA	Ci	DPV	Ci/Ca	TF
Bloco	2	0,0007 **	0,0320 **	0,0375 **	0,1620 **	76,050 **	82,69 **	0,1868 **	0,0005 **	0,696 **
Dose	4	0,0107 **	7,0892 **	0,2735 **	0,6952 **	65,590 **	455,66 **	1,9142 **	0,0029 **	0,0927 *
Fonte	2	0,0123 **	10,1180 **	0,5448 **	2,1886 **	27,561 **	65,18 **	1,9908 **	0,0003 **	0,1182 *
Dose x Fonte	8	0,0142 **	10,2061 **	0,1223 **	0,6725 **	57,673 **	999,95 **	2,1700 **	0,0071 **	0,2537 **
Dose: Fonte fmono	4	0,0137 **	176610 **	0,3100 **	1,2416 **	41,8583 **	277,60 **	4,5143 **	0,0023 **	0,1710 **
Dose:Fonte samonio	4	0,0207 **	60310 **	0,0760 **	0,6510 **	57,2776 **	649,18 **	1,3306 **	0,0052 **	0,1200 **

CAPÍTULO 1

Dose: Fonte ureia	4	0,0046 **	38093 **	0,1323 **	0,1476 **	81,7990 **	1528,76 **	0,4093 **	0,0097 **	0,3093 **
Dose: Fonte 0	2	0,0448 **	3,7011 **	0,0233 **	0,2411 **	41,2433 **	1066,97 **	2,4577 **	0,0085 **	0,3433 **
Dose: Fonte 15	2	0,0021 **	3,1677 **	0,1411 **	2,5200 **	4,3477 **	198,11 **	0,1744 **	0,0013 **	0,1077 **
Dose: Fonte 30	2	0,0010 **	7,2100 **	0,1944 **	0,4033 **	25,9811 **	2044,39 **	0,2633 **	0,0133 **	0,5644 **
Dose: Fonte 45	2	0,0004 **	2,8900 **	0,1344 **	0,5733 **	76,7811 **	285,93 **	0,0277 **	0,0023 **	0,0633 **
Dose: Fonte 60	2	0,0206 **	33,9733 **	0,5411 **	1,1411 **	109,8977 **	469,56 **	7,7477 **	0,0034 **	0,0544 **
Resíduo	28	0,0002	0,2615	0,0047	0,0181	8,024	13,12	0,0387	0,00009	0,0054
Total	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV%	-	5,46	2,61	2,41	1,94	8,24	1,7	5,79	1,8	0,24

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$), *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$) e ^{ns} não significativo.

Tabela 2. Análise de variância das variáveis fisiológicas 30 DAS, condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), transpiração (E), eficiência no uso da água (EUA), eficiência intrínseca no uso da água (EiUA), concentração de carbono interno (Ci), déficit de pressão de vapor (DPV), relação de concentração de CO₂ interna e externa (Ci/Ca) e temperatura foliar (TF), índice de clorofila *a* (ICA), *b* (ICB) e total (ICT) na cultura do rabanete sob adubação com fontes e doses de nitrogênio.

Quadrados médios

Fonte de Variação	GL	Gs	A	E	EUA	EiUA	Ci	DPV	Ci/Ca	TF
Bloco	2	0,0030 **	1,4949 **	0,1415 **	1,7015 **	5620,3 **	50,72 **	8,8727 **	0,0006 **	2,6880 **
Dose	4	0,0081 **	3,7586 **	0,1980 *	0,3030 **	87,6 **	365,03 **	9,8000 **	0,0022 **	0,0827 **
Fonte	2	0,0041 **	1,4296 **	0,1815 *	1,033 **	43,3 **	133,44 **	1,0470 **	0,0006 **	0,2340 **
D x F	8	0,0072 **	26,796 **	0,0818 *	0,3030 **	50,1 **	472,12 **	1,5800 **	0,0032 **	0,1392 **
D:F FM	4	0,0074 **	7,6323 **	0,1816 **	0,1193 **	29,0440 **	167,1373 **	0,0004 **	0,0013 **	0,0323 **
D:F SA	4	0,0142 **	0,5243 **	0,0840 **	0,6390 **	157,4216 **	753,8316 **	0,0564 **	0,0049 **	0,3090 **

CAPÍTULO 1

D:F ureia	4	0,0009 **	2,3010 **	0,0960 **	0,1506 **	1,2323 **	388,3066 **	0,0067 **	0,0023 **	0,0200 **
D:F 0	2	0,0254 **	3,2011 **	0,1011 **	0,4677 **	60,7677 **	1085,5511 **	0,8251 **	0,0076 **	0,0677 **
D:F 15	2	0,0019 **	0,2744 **	0,1677 **	0,6577 **	34,2533 **	208,4444 **	0,9654 **	0,0012 **	0,0144 **
D:F 30	2	0,0010 **	0,5411 **	0,1211 **	0,3077 **	6,9144 **	253,4933 **	0,9978 **	0,0018 **	0,1877 **
D:F 45	2	0,0007 **	0,5033 **	0,0177 **	0,0577 **	2,5411 **	2,9544 **	9,3832 **	0,0001 **	0,3333 **
D:F 60	2	0,0040 **	10,3077 **	0,1011 **	0,7544 **	139,1211 **	471,4877 **	0,6908 **	0,0027 **	0,1877 **
Resíduo	28	0,0007	0,8035	0,0103	0,0591	16,8	21,61	5,7900	0,0001	0,0539
Total	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV%	-	7,88	7,73	3,67	3,54	10,77	2,05	6,78	2,05	0,79

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$), *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$) e ^{ns} não significativo. D:F FM = Dose:fonte fosfato monoamônico; D:F AS = Dose:fonte sulfato de amônio

Tabela 3. Análise de variância 20 DAS do índice de clorofila *a* (ICA-20), índice de clorofila *b* (ICB-20), índice de clorofila total (ICT-20) e 30 DAS, índice de clorofila *a* (ICA-30), índice de clorofila *b* (ICB-30), índice de clorofila total (ICT-30) na cultura do rabanete sob adubação com fontes e doses de nitrogênio.

Quadrados Médios							
Fonte de Variação	GL	ICA-20	ICB-20	ICT-20	ICA-30	ICB-30	ICT-30
Bloco	2	0,1136 **	0,4026 **	0,8667 **	0,1556 **	0,3796 **	0,8222 **
Dose	4	3,3476 **	0,4542 **	6,4222 **	7,7244 **	4,5697 **	23,1889 **
Fonte	2	9,5402 **	1,1526 **	17,266 **	2,4976 **	1,4709 **	8,4222 **
Dose x Fonte	8	2,1736 **	0,3640 **	3,6556 **	3,9706 **	4,0778 **	15,1722 **
Resíduo	28	1,9450	0,3667	3,9857	3,3508	1,6846	9,4651
Total	44	-	-	-	-	-	-
CV%		5,82	9,45	6,6	6,89	13,75	8,57

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$), *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$) e ^{ns} não significativo.

Tabela 4. Análise de variância de crescimento 20 DAS, altura de planta (AP-20), diâmetro da coroa (DC-20), número de folhas (NF-20) E 30 DAS, altura de planta (AP-30), diâmetro da coroa (DC-30), número de folhas (NF-30) na cultura do rabanete sob adubação com fontes e doses de nitrogênio.

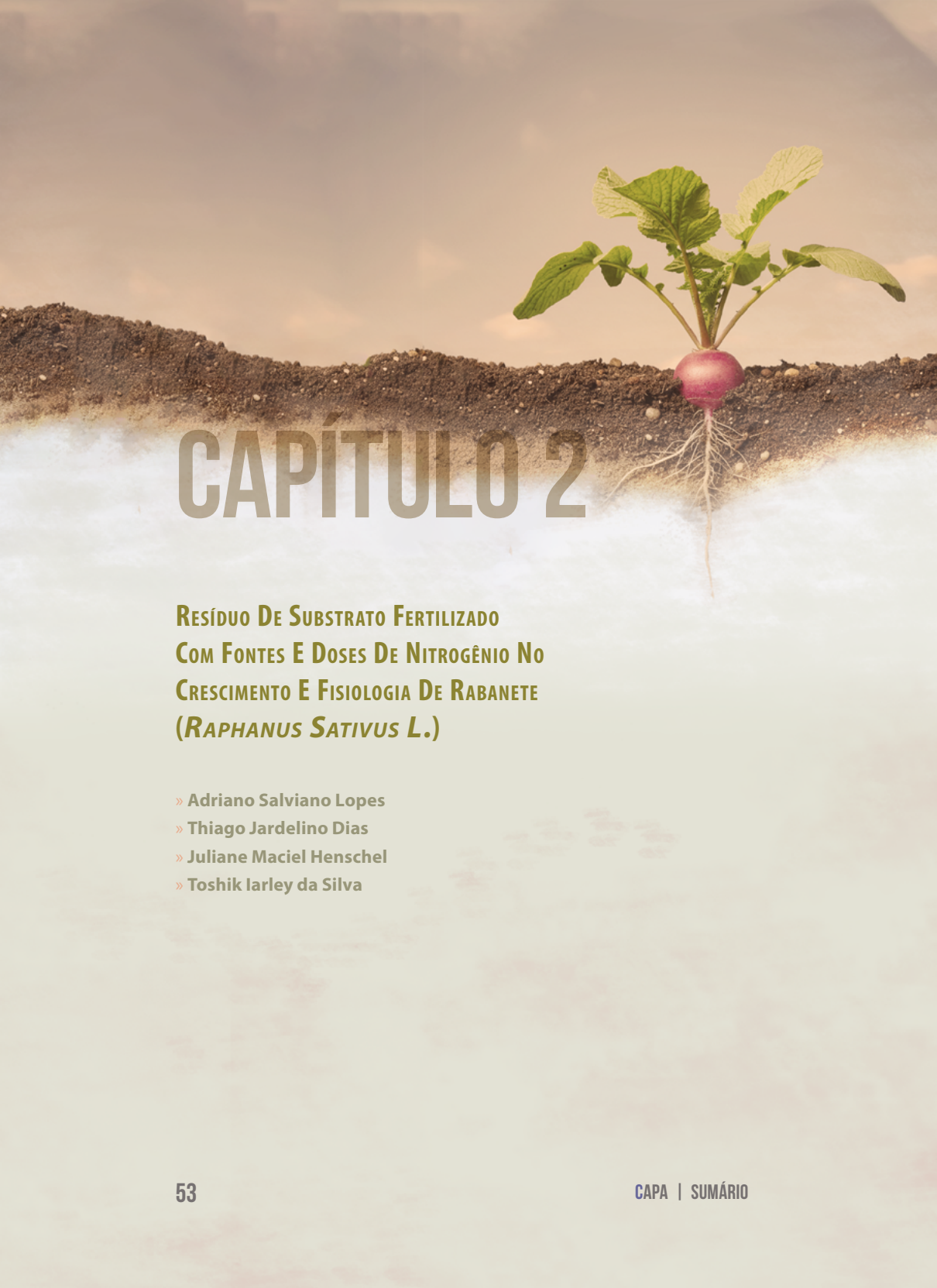
Quadrados Médios							
Fonte de Variação	GL	AP-20	DC-20	NF-20	AP-30	DC-30	NF-30
Bloco	2	0,3606 **	0,7095 **	0,7635 **	0,0062 **	102,827 **	0,8435 **
Dose	4	0,5941 **	0,6888 **	0,1852 **	1,1247 **	1,590 **	0,6372 **
Fonte	2	1,5886 **	0,8222 **	0,0015 **	3,3336 **	0,370 **	0,0648 **
Dose x Fonte	8	0,6631 **	0,3588 **	0,4915 **	2,4773 **	1,239 **	0,1090 **
Resíduo	28	0,3590	0,6505	0,2464	0,1972	1,630	0,2837
Total	44	-	-	-	-	-	-
CV%		13,06	12,24	8,38	8,33	12,01	7,39

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$), *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$) e ^{ns} não significativo.

Tabela 5. Análise de variância, peso fresco da raiz tuberosa (PFRT), peso seco da raiz tuberosa (PSRT), comprimento da raiz (CR), largura da raiz tuberosa (LRT), comprimento da raiz tuberosa (CRT), peso fresco da folha (PFF), peso seco da parte aérea (PSF) e peso seco da parte aérea (PSP), na cultura do rabanete sob adubação com fontes e doses de nitrogênio.

Quadrados Médios								
Fonte de Variação	GL	PFRT	PSRT	CR	LRT	CRT	PFFA	PSPA
Bloco	2	70,982 **	0,1182 **	0,7560 **	30,4576 **	50,625 **	55,874 **	0,4882 **
Dose	4	138,550**	0,4652 **	0,6580 **	19,4886 **	116,370 **	10,894 **	0,1730 **
Fonte	2	138,624**	0,4015 **	0,9456 **	8,7936 **	44,494 **	18,702 **	0,1375 **
Dose x Fonte	8	92,168 **	0,1282 **	0,3368 **	23,0211 **	53,473 **	10,399 **	0,1645 **
Resíduo	28	39,431	0,1706	0,7066	28,3347	53,951	22,958	0,3101
Total	44	-	-	-	-	-	-	-
CV%		16,44	24,65	12,38	13,11	16,09	34,08	45,07

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$), *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$) e ^{ns} não significativo.



CAPÍTULO 2

**RESÍDUO DE SUBSTRATO FERTILIZADO
COM FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NO
CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DE RABANETE
(*RAPHANUS SATIVUS L.*)**

- » Adriano Salviano Lopes
- » Thiago Jardelino Dias
- » Juliane Maciel Henschel
- » Toshik Iarley da Silva

1. INTRODUÇÃO

A produção de rabanete pode constituir uma alternativa economicamente viável para os produtores rurais. Entretanto, para assegurar elevado desempenho da cultura aliado a um custo-benefício favorável, é imprescindível a adoção de práticas de manejo adequadas, dentre as quais se destaca a definição de uma fertilização mineral eficiente. A aplicação de nutrientes deve considerar fontes e doses apropriadas, sobretudo de nitrogênio (N) e potássio (K), uma vez que tanto a deficiência quanto o excesso desses elementos podem comprometer o desenvolvimento da planta. No caso do rabanete, essas inadequações são particularmente críticas devido ao seu ciclo curto, o que dificulta correções e pode ocasionar prejuízos significativos aos produtores (CASTRO et al., 2016; COSTA et al., 2020).

O rabanete é uma hortaliça altamente exigente em relação à adubação nitrogenada, elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo requerido em grandes quantidades pelas culturas em geral (COSTA et al., 2015). O nitrogênio pode ser absorvido pelas plantas de diferentes formas, incluindo a fixação biológica de N_2 e os íons NH_3^+ e NO_3^- , desempenhando papel central na síntese de proteínas, clorofila e outros compostos vitais (SILVA et al., 2012). O N mineral chega as raízes por meio do fluxo de massa, e é assimilado pelas plantas na forma de NO_3^- . Seu

transporte para a parte aérea das plantas é feito via xilema, sendo armazenado nos vacúolos foliares (OLIVEIRA et al., 2017). O nitrogênio possui função estrutural e fotossintética, participando também da respiração, diferenciação e multiplicação celular, processos de absorção iônica, na biossíntese de proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos e hormônios (KANO et al., 2010; CASTRO et al., 2016). Além disso, O N possui várias funções vitais na planta, como na síntese de enzimas e coenzimas (CERQUEIRA et al., 2019). Apesar de ser o nutriente mais requerido para o desenvolvimento das plantas, pouco se sabe sobre a utilização de resíduos de substratos adubados com diferentes fontes e doses de N.

Estudos sobre o aproveitamento de resíduos agrícolas têm ganhado destaque nos sistemas de produção. Brito et al. (2017) investigaram a utilização de resíduos regionais como substratos na produção de mudas de alface e observaram que o resíduo de carnaúba combinado com casca de arroz pode substituir eficazmente o substrato comercial, permitindo a obtenção de mudas de alta qualidade.

A reutilização de substratos minimiza os impactos ambientais ocasionados através do descarte inapropriado no meio ambiente (KRAUSE et al., 2017). E se mostra promissora para o cultivo do rabanete, já que as plantas têm um ciclo curto e os fertilizantes podem não ser totalmente assimilados

pela cultura. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, fisiologia e produtividade do rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivado com resíduos de substratos adubados com fontes e doses de nitrogênio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente aberto (viveiro) do Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias – UFPB, Bananeiras, Paraíba, Brasil. O clima da região é quente e úmido e a temperatura da região varia entre 18 e 36°C, com precipitação média anual de 1.200 mm (IBGE, 2019). A precipitação nos meses de execução experimental foram 19,3 e 25,5 mm respectivamente para os meses de janeiro e fevereiro de 2020, a temperatura média para os meses de janeiro e fevereiro foi 31,0 °C e a umidade média relativa do ar foram de 76,7 e 77,6% nessa ordem para os meses de janeiro e fevereiro de 2020. Os dados foram coletados na Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias - UFPB.

Um delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 3 (fontes de resíduo de adubação nitrogenada – ureia 45% N, sulfato de amônio 21% N e fosfato monoamônico 12% N) x 5 (doses de resíduo de adubação nitrogenada – 0, 15, 30, 45 e 60 kg ha⁻¹) com três

repetições foi utilizado. As unidades experimentais foram vasos de polietileno com capacidade volumétrica de 5,0 dm³, em um espaçamento de 0,3 m x 0,3 m.

O substrato utilizado foi resíduo de solo do tipo Franco Argiloso Arenoso e areia lavada na proporção de 7:3 (v/v) adubados com as fontes e doses nitrogenadas estabelecidas. Aos 20 dias antes do início do segundo ciclo experimental foi feita uma coleta do substrato utilizado no primeiro ciclo nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm para análise química dos substratos foi realizada (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados de análise química e de fertilidade nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm dos substratos reutilizados para os tratamentos estudados.

Tratamento	pH	P	K+	Na+	H+ + Al+3	Al+3	Ca+2	Mg+2	SB	CTC	V	m	M.O.	K+	C. Org.	C.E.
	H2O (1:2,5)	----- cmolc dm-----		----- cmolc dm-3 -----							----- % -----		g Kg-1	cmolc dm-3	g Kg-1	dS m-1 H2O (1:2,5)
T1/0-10	5,86	0.104	0.307	0,15	1,98	0,0	4,30	1,70	6,45	8,43	76,52	0,0	20,48	0,30	11,88	0,30
T1/10-20	5,01	0.141	0.375	0,18	1,65	0,0	4,10	1,80	6,45	8,10	79,63	0,0	24,41	0,37	14,16	0,38
T2/0-10	5,84	0.160	0.381	0,15	0,99	0,0	4,70	2,30	7,52	8,51	88,37	0,0	22,76	0,37	13,20	0,63
T2/10-20	5,82	0.172	0.455	0,18	1,65	0,0	4,80	0,10	5,53	7,18	77,02	0,0	25,24	0,45	14,64	0,81
T3/0-10	5,86	0.109	0.369	0,27	1,32	0,0	4,60	2,00	7,23	8,55	84,56	0,0	17,38	0,36	10,08	0,87
T3/10-20	5,92	0.113	0.379	0,18	2,31	0,0	4,70	2,10	7,35	9,66	76,10	0,0	21,52	0,37	12,48	0,83
T4/0-10	5,06	0.108	0.292	0,22	1,32	0,0	4,10	1,60	6,21	7,53	82,47	0,0	21,72	0,29	12,60	0,60
T4/10-20	5,07	0.103	0.379	0,17	1,65	0,0	4,70	1,60	6,84	8,49	80,57	0,0	23,38	0,37	13,56	0,61
T5/0-10	5,09	0.141	0.320	0,26	1,49	0,0	4,50	1,30	6,37	7,85	81,09	0,0	22,76	0,31	13,20	0,79
T5/10-20	5,10	0.095	0.399	0,16	1,49	0,0	4,80	1,60	6,95	8,44	82,40	0,0	22,96	0,39	13,32	0,78
T6/0-10	5,43	0.002	0.279	0,18	1,65	0,0	4,70	1,50	6,66	8,31	80,13	0,0	21,52	0,27	12,48	0,29
T6/10-20	5,26	0.111	0.402	0,15	1,65	0,0	4,40	2,10	7,04	8,69	81,02	0,0	24,83	0,40	14,40	0,55
T7/0-10	5,13	0.101	0.264	0,22	1,65	0,0	4,90	4,00	9,38	11,03	85,05	0,0	20,69	0,26	12,00	1,08
T7/10-20	5,20	0.116	0.392	0,20	1,16	0,0	4,60	1,30	6,49	7,64	84,89	0,0	24,41	0,39	14,16	0,97

CAPÍTULO 2

T8/0-10	5,44	0.100	0.268	0,22	1,82	0,0	5,00	1,90	7,39	9,20	80,28	0,0	21,10	0,26	12,24	0,42
T8/10-20	5,30	0.086	0.318	0,15	1,49	0,0	4,70	2,30	7,46	8,95	83,40	0,0	24,20	0,31	14,04	0,70
T9/0-10	5,22	0.130	0.231	0,27	2,15	0,0	4,90	2,70	8,09	10,24	79,05	0,0	25,03	0,23	14,52	1,17
T9/10-20	5,26	0.093	0.347	0,18	1,98	0,0	5,10	2,80	8,42	10,40	80,97	0,0	22,55	0,34	13,08	0,92
T10/0-10	5,37	0.133	0.343	0,18	2,31	0,0	4,70	2,10	7,32	9,63	76,01	0,0	21,93	0,34	12,72	0,68
T10/10-20	5,35	0.085	0.456	0,15	1,98	0,0	4,10	3,00	7,70	9,68	79,54	0,0	21,93	0,45	12,72	0,88
T11/0-10	5,47	0.120	0.331	0,29	1,32	0,0	5,00	2,50	8,11	9,43	86,01	0,0	24,62	0,33	14,28	0,68
T11/10-20	5,37	0.108	0.421	0,22	2,31	0,0	4,50	1,60	6,74	9,05	74,47	0,0	26,27	0,41	15,24	1,10
T12/0-10	5,48	0.133	0.296	0,22	1,98	0,0	5,40	2,60	8,51	10,49	81,13	0,0	22,14	0,29	12,84	0,82
T12/10-20	5,54	0.187	0.280	0,20	2,15	0,0	5,10	2,90	8,48	10,62	79,81	0,0	25,45	0,28	14,76	0,77
T13/0-10	5,70	0.380	0.303	0,20	3,30	0,0	5,50	2,20	8,20	11,50	71,31	0,0	22,76	0,30	13,20	0,39
T13/10-20	5,61	0.222	0.353	0,16	0,33	0,0	5,70	3,20	9,41	9,74	96,61	0,0	25,86	0,35	15,00	0,56
T14/0-10	5,51	0.116	0.442	0,18	1,32	0,0	5,50	1,60	7,72	9,04	85,39	0,0	24,62	0,44	14,28	0,88
T14/10-20	5,56	0.218	0.419	0,17	1,98	0,0	5,30	1,50	7,38	9,36	78,85	0,0	21,72	0,41	12,60	0,81
T15/0-10	5,79	0.092	0.302	0,17	1,82	0,0	5,20	3,00	8,67	10,48	82,69	0,0	25,03	0,30	14,52	0,39
T15/10-20	5,65	0.220	0.455	0,16	2,48	0,0	5,10	2,10	7,81	10,28	75,93	0,0	21,21	0,45	12,30	0,64

pH – Potencial hidrogeniônico; Na⁺ - Sódio trocável; Ca²⁺ -Cálcio trocável; CTC – capacidade de troca de cátions Ph 7,0; M.O. – Matéria orgânica; P – Fósforo assimilável; H⁺+Al⁺³ - acidez potencial; Mg⁺² – Magnésio trocável; V – Percentual de saturação por bases; C. Org. - Carbono orgânico; K⁺ - Potássio trocável; Al⁺³ – Acidez trocável; SB – Somatório de bases; m – Percentual de saturação por alumínio; C.E. – Condutividade elétrica.

A adubação de fundação foi realizada na instalação do primeiro ciclo do experimento durante a preparação dos substratos com 0,50 g vaso⁻¹ de P₂O₅ e 0,04 g vaso⁻¹ de K₂O. A adubação nitrogenada foi realizada no primeiro ciclo, aos 10 dias após a semeadura (DAS), utilizando as fontes e doses de cada tratamento.

Sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L. cv. Vip Crimson – Feltrin®) foram utilizadas e as mudas foram produzidas através de plantio direto, utilizando três sementes por vaso, com profundidade de aproximadamente 2 cm. O desbaste foi realizado aos nove DAS, mantendo uma planta (mais vigorosa) em cada vaso. A irrigação foi feita manualmente conforme a necessidade hídrica das plantas, mantendo a umidade do solo com aproximadamente 40% da capacidade de campo, que foi determinada pelo método lisimetria de drenagem, no qual foi realizado duas vezes por semana durante a condução do experimento (ALVES et al., 2017).

A altura de plantas, diâmetro da coroa, número de folhas e área foliar foram determinadas aos 30 (DAS). A altura de planta foi obtida medindo-se a distância entre a superfície do solo e a parte mais alta da planta com uma régua graduada; o diâmetro da coroa foi mensurado com um paquímetro digital, medindo-se o diâmetro no ponto de junção entre os pecíolos e a raiz tuberosa, com valores

expressos em mm; o número de folhas foi realizado pela contagem de todas as folhas. A área foliar foi determinada conforme a equação: $AF = C \times L \times f$, onde, AF = área foliar (cm^2), C = comprimento de folha (cm), L = largura de folha (cm) e f = fator de correção para o rabanete (0,57), adimensional (MARTINS, 2016).

O comprimento e diâmetro da raiz tuberosa foram determinados aos 30 DAS com paquímetro digital e os valores expressos em mm. A produtividade foi obtida pela multiplicação da massa fresca total pelo espaçamento de plantas por hectare aos 30 DAS. As massas frescas e seca da raiz tuberosa e da parte aérea foram determinadas aos 30 DAS.

As plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e raiz tuberosa. O material vegetal foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas, até atingir peso constante. O material foi pesado em balança analítica de precisão (0,001 g) para determinação das massas secas.

As avaliações de trocas gasosas, fluorescência de clorofila *a* e índices de clorofila *a*, *b* e total foram realizadas aos 30 DAS. As trocas gasosas foram determinadas com um analisador de gás infravermelho (IRGA, LICOR, modelo LI-6400-XT - Inc. Lincoln, Nebraska, USA). As medições foram feitas das 8 às 10 horas da manhã, utilizando luz artificial fixa em $1000 \mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, concentração referência de

CO_2 de $385 \mu\text{mol}$ de $\text{CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ de ar e temperatura ambiente. A condutância estomática ($g_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), fotossíntese líquida ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração ($E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência no uso da água ($EUA = A/E$), eficiência intrínseca no uso da água ($EiUA = A/g_s$), concentração de carbono interno ($C_i - \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$), déficit de pressão de vapor ($\text{DPV} - \text{DPV}_{\text{folha-ar}}$), e eficiência intrínseca de carboxilação ($EiC = A/C_i$) foram avaliados.

A fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m) e variável (F_v) e rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) foram medidos utilizando um fluorômetro modulado (modelo Sciences Inc.- modelo OS-30p, Hudson, USA.), em uma folha intermediária por planta, a folha foi pré-adaptadas ao escuro por 30 minutos. Os índices de clorofila a , b e total foram medidos com um clorofilômetro eletrônico (ClorofiLOG®, modelo CFL 1030, Porto Alegre, RS).

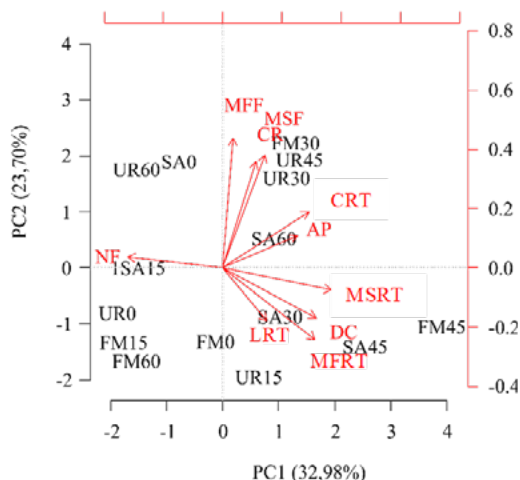
Os dados foram submetidos a análise de componentes principais (PCA) e correlação de Pearson entre as variáveis, o coeficiente de correlação é classificado da seguinte maneira 0,0 a 0,1 (Muito baixa), 0,1 a 0,3 (Baixa) 0,3 a 0,5 (Moderada), 0,5 a 0,7 (Alta), 0,7 a 0,9 (Muito Alta) e 0,9 a 1,0 (Extremamente Alta) (HOPKINS, 2000). Assim, as correlações acima de 0,6 foram consideradas correlações satisfatórias. Gráficos com os dois primeiros componentes foram feitos para explicar a contribuição de

cada componente com os fatores e variáveis analisadas. Bandas de confiança foram criadas para comparar os dois ciclos de produção de rabanete. O programa estatístico R (R Core Team, 2020) foi utilizado para realizar as análises estatísticas.

3. RESULTADOS

A matéria fresca da folha (MFF), matéria seca da folha (MSF), o comprimento da raiz (CR), o comprimento da raiz tuberosa (CRT) e altura de plantas tiveram forte relação com a aplicação de ureia nas doses de 30 e 45 kg ha⁻¹ de N (UR30 e UR45), fosfato monoamônico na dose de 30 kg ha⁻¹ de N (FM30) e sulfato de amônio na dose 60 kg ha⁻¹ de N (SA60). O diâmetro da coroa (DC), a matéria seca da raiz tuberosa (MSRt), a matéria fresca da raiz tuberosa (MFRt) e a largura da raiz tuberosa (LRT) tiveram alta relação com aplicação de fosfato monoamônico na dose de 45 kg ha⁻¹ de N (FM45), e sulfato de amônio nas doses de 30 e 45 kg ha⁻¹ de N (SA30 e SA45). O número de folhas (NF) teve relação com a aplicação de sulfato de amônio na dose de 15 kg ha⁻¹ de N (AS15) (Figura 1).

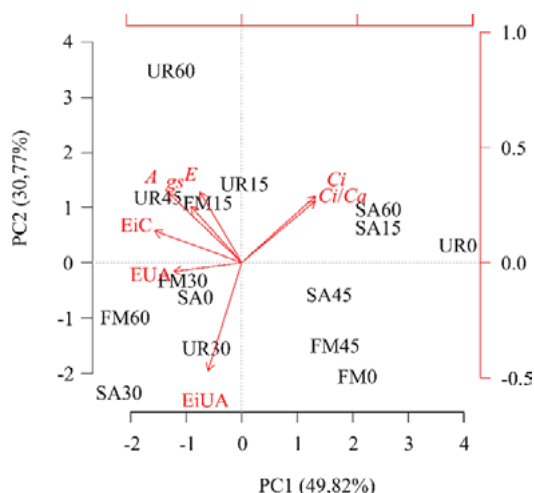
Figura 1. Análise de componente principal para as variáveis de crescimento e produtividade na cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.) sob adubação com resíduo de fontes e doses de nitrogênio. Número de folhas (NF), matéria fresca (MFF) e seca da folha (MSF), comprimento da raiz (CR), comprimento da raiz da raiz tuberosa (CRT), altura de plantas (AP), massa seca (MSRT) e massa fresca da raiz tuberosa (MFRT), diâmetro da coroa (DC), largura da raiz tuberosa (LT). Ureia (UR); Sulfato de amônio (AS); Fosfato monoamônico (FM).



A transpiração (E), a fotossíntese líquida (A), a condutância estomática (g_s) e a eficiência intrínseca de carboxilação (E_iC) tiveram maiores relações com a aplicação de ureia na dose 45 kg ha^{-1} de N (UR45). A concentração de carbono interno (C_i) e a relação do carbono na câmara subestomática e carbono externo (C_i/C_a) tiveram relação com as aplicações de sulfato de amônio na dose de 0 kg ha^{-1} de N (SA0). A eficiência do uso da água (EUA) teve relação com a aplicação de fosfato monoamônico da dose de 30 kg ha^{-1} de N (FM30), e a eficiência instantânea do uso da água

(*EiUA*) teve relação com a aplicação de sulfato de amônio na dose de 30 kg ha⁻¹ de N (SA30) (Figura 2).

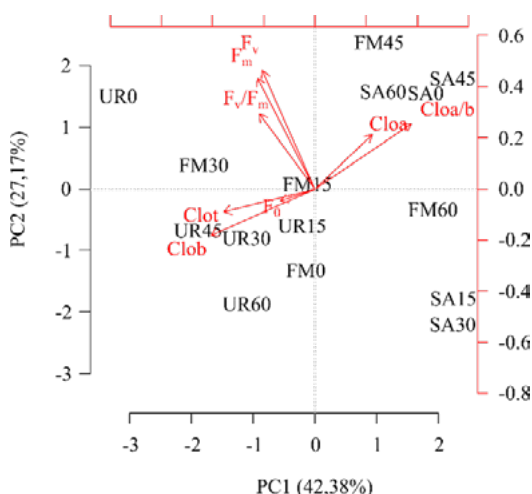
Figura 2. Análise de componente principal para as variáveis transpiração (*E*), fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*gs*), eficiência intrínseca de carboxilação (*EiC*), concentração de carbono interno (*Ci*), relação do carbono interno e carbono externo (*Ci/Ca*), eficiência do uso da água (*EUA*) e eficiência instantânea do uso da água (*EiUA*) na cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.) sob adubação com fontes e doses de nitrogênio. Ureia (UR); Sulfato de amônio (AS); Fosfato monoamônico (FM).



A fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e o rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) não tiveram relação com nenhum tratamento. Os índices de clorofila *a* ($Cloa$) e clorofila *a/b* ($Cloa/b$) têm alta relação com a aplicação de sulfato de amônio na dose de 45 kg ha⁻¹ de N (SA45). O índice de clorofila total ($Clot$), fluorescência inicial

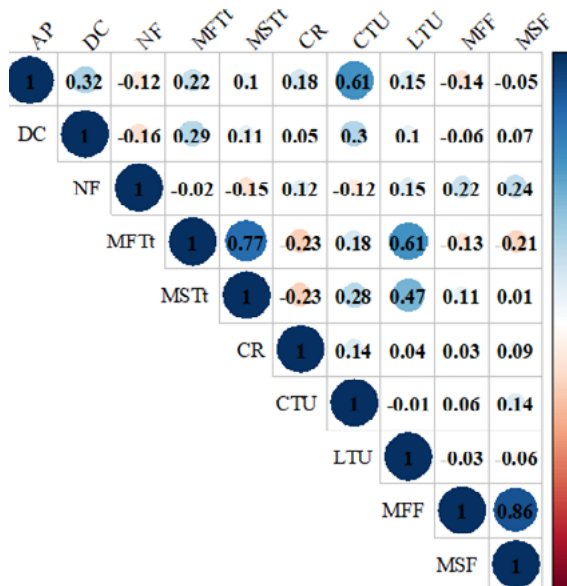
(F_0) e clorofila *b* (Clob) tiveram forte relação com a aplicação de ureia na dose de 45 kg ha⁻¹ de N (UR45) (Figura 3).

Figura 3. Análise de componente principal para as variáveis de fluorescência máxima (F_m) e variável (F_v), rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m), clorofilas *a* (Clos), clorofila *a/b* (Clos/b), clorofila total (Clos), fluorescência inicial (F_0) e clorofila *b* (Clob) na cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.), sob adubação com fontes e doses de nitrogênio. Ureia (UR); Sulfato de amônio (AS); Fosfato monoamônico (FM).



A maior correlação positiva (0,86) foi observada entre a massa fresca da folha (MFF) e massa seca da folha (MSF). A massa fresca da raiz tuberosa (MSRt) teve uma correlação positiva (0,77) com a massa seca da raiz tuberosa (MSRt) e a largura da raiz tuberosa (LRT) com valor de (0,61). A altura de planta (AP) teve correlação positiva (0,61) com o comprimento da raiz tuberosa (CRT).

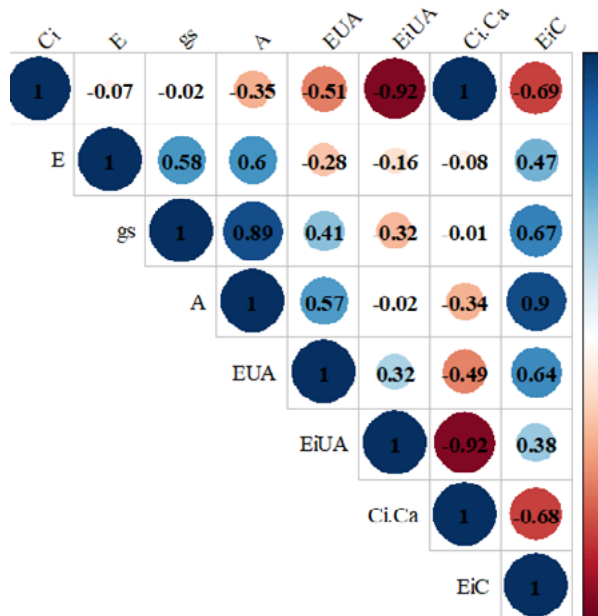
Figura 4. Correlação de Pearson entre as variáveis de crescimento de rabanete (*Raphanus sativus* L.), sob adubação com fontes e doses de nitrogênio. Altura de plantas (AP), diâmetro da coroa (DC), número de folhas (NF), massa fresca da raiz tuberosa (MFRt), matéria seca da raiz tuberosa (MSRt), comprimento da raiz (CR), comprimento da raiz tuberosa (CRT), largura da raiz tuberosa (LRT), massa fresca da folha (MFF) e massa seca da folha (MSF).



A maior correlação positiva (1,0) foi observada entre a concentração de carbono interno (C_i) e a relação do carbono interno e carbono externo (C_i/C_a). A condutância estomática (g_s) teve correlação positiva com a fotossíntese líquida (A) (0,89) e eficiência intrínseca de carboxilação (E_iC) com valor de (0,67). A transpiração (E) correlacionou-se de forma positiva (0,6) com a fotossíntese líquida (A). A eficiência do uso da água (EUA) teve correlação positiva (0,64) com a eficiência intrínseca

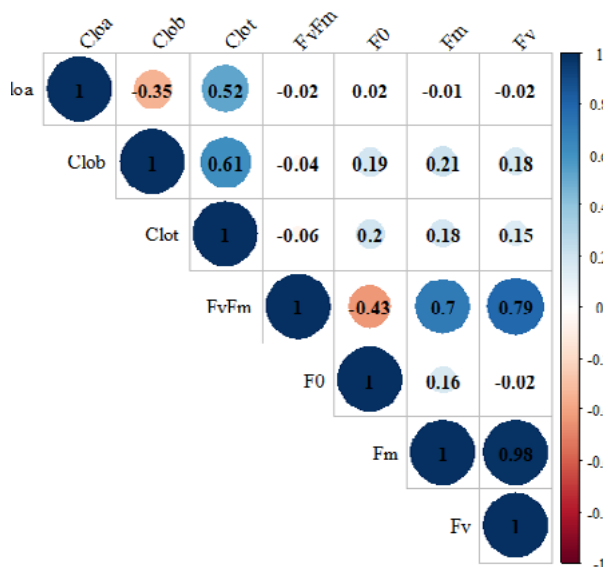
de carboxilação (E_iC). Essa correlação entre as variáveis pode ter ocorrido devido o N está relacionada em vários processos fisiológicos das plantas, como no metabolismo de hormônios, regulação osmótica, ponto de saturação lumínica, síntese de pigmentos e enzimas fotossintéticas (LI et al., 2014, WANG et al., 2016).

Figura 5. Correlação de Pearson entre as variáveis de trocas gasosas de rabanete (*Raphanus sativus* L.), sob adubação com fontes e doses de nitrogênio. Concentração de carbono interno (C_i), transpiração (E), condutância estomática (g_s), fotossíntese líquida (A), eficiência do uso da água (EUA), eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$), relação do carbono interno e carbono externo (C_i/C_a), eficiência intrínseca de carboxilação (E_iC).



A maior correlação positiva (0,98) foi observada entre a fluorescência máxima (F_m) e fluorescência variável (F_v). Seguido pelo rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) que teve correlação positiva com fluorescência máxima (F_m) (0,7) e fluorescência variável (F_v) (0,79). O índice de clorofila b (Clob) teve correlação positiva (0,61) com o índice de clorofila total (Clot). O índice de clorofila b (Clob) teve correlação positiva (0,61) com o índice de clorofila total (Clot).

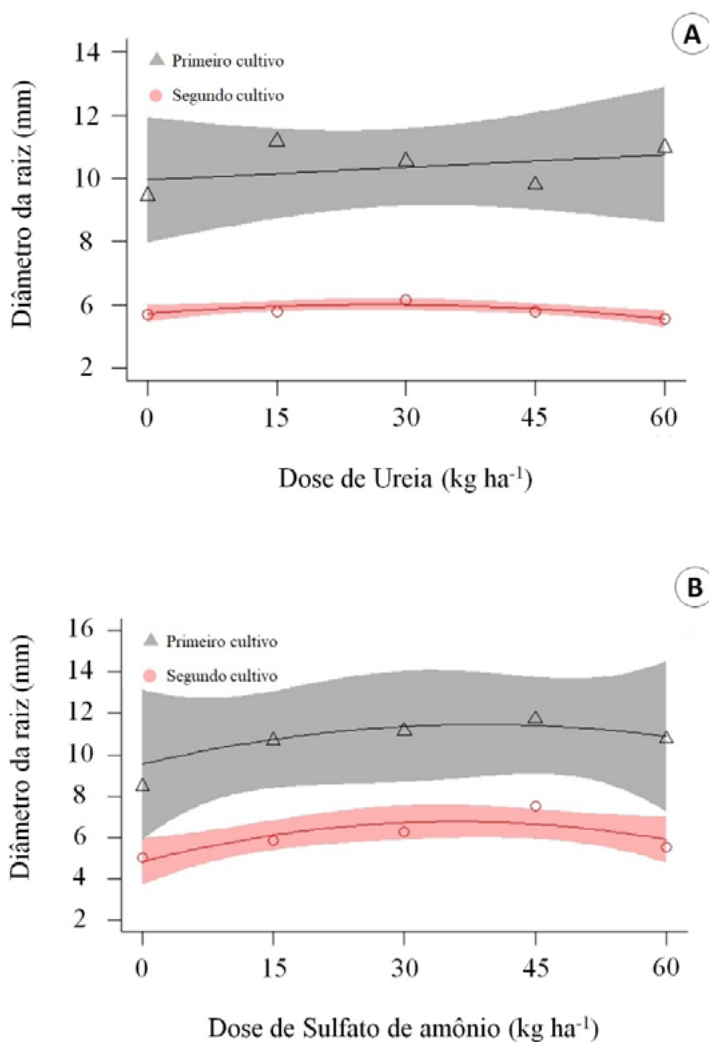
Figura 6. Correlação de Pearson entre as variáveis de índice de clorofila e fluorescência de clorofila de rabanete (*Raphanus sativus* L.), sob adubação com fontes e doses de nitrogênio. Clorofila a (Clea), clorofila b (Clob), clorofila total (Clot), rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m), fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m) e variável (F_v).

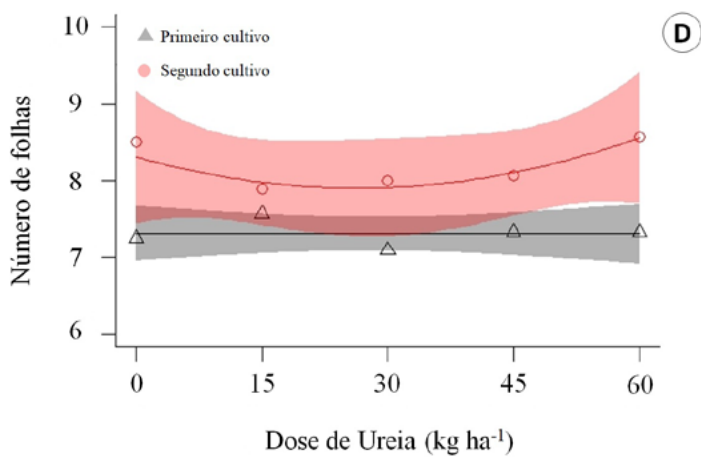
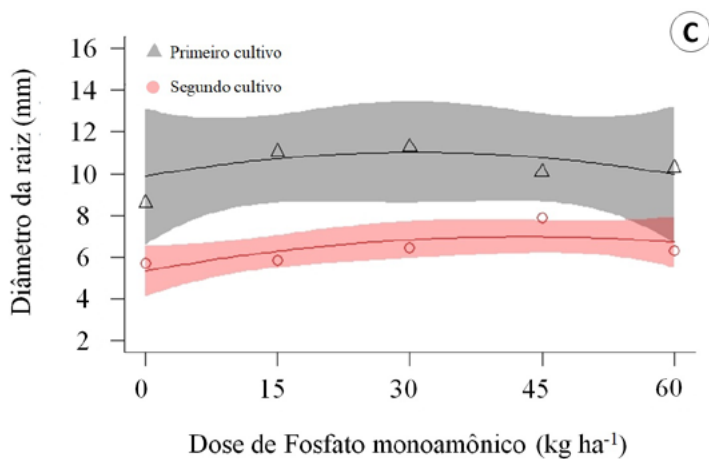


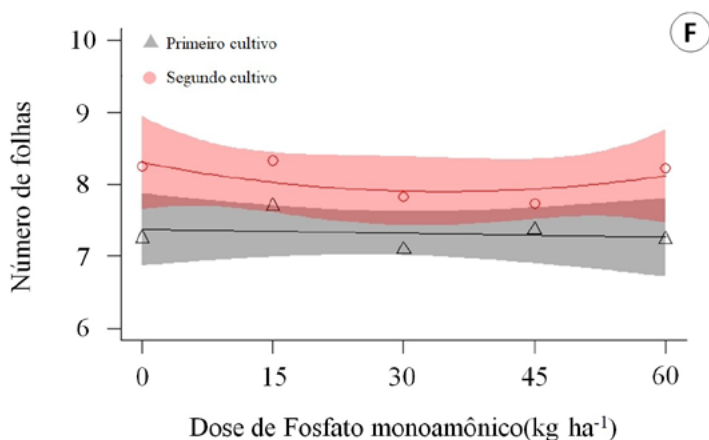
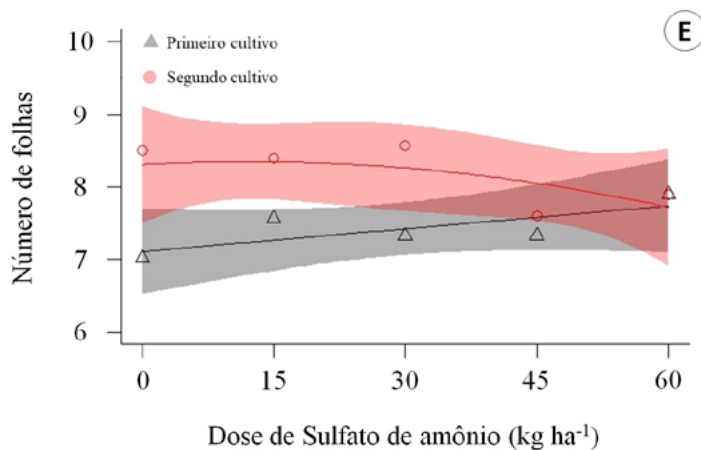
O maior diâmetro da raiz foi observado em todas as plantas do primeiro cultivo sob adubação com ureia e sulfato de amônio (Figura 7A e 7B), da mesma forma para adubadas com fosfato monoamônico com exceção da dose de 60 kg ha^{-1} , onde não houve diferença entre os cultivos (Figura 7C). Esse fato pode ter ocorrido devido os substratos do primeiro cultivo terem maior disponibilidade do N através das fontes nitrogenadas.

O maior número de folhas (8,6 folhas por planta) foi observado na dose de 60 kg ha^{-1} de ureia, no segundo cultivo de rabanete (Figura 7D). As plantas de rabanete avaliadas no primeiro cultivo sob adubação com sulfato de amônio na dose de 15 kg ha^{-1} tiveram maior número de folhas quando comparado ao segundo cultivo (Figura 7E). Não houve diferença no número de folhas entre o primeiro e o segundo cultivo em plantas de rabanete sob adubação com fosfato monoamônico (Figura 7F).

Figura 7. Diâmetro da raiz tuberosa (mm) e número de folhas de rabanete (*Raphanus sativus* L.) sob uso e reuso de substrato fertilizado com fontes e doses de nitrogênio. (A e D) ureia; (B e E) sulfato de amônio; (C e F) fosfato monoamônico.



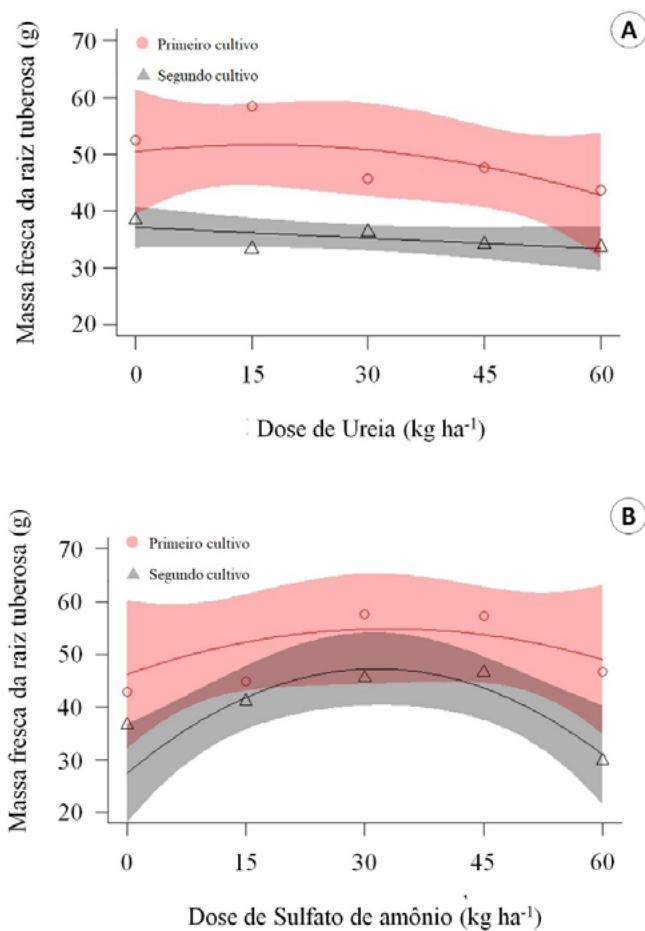


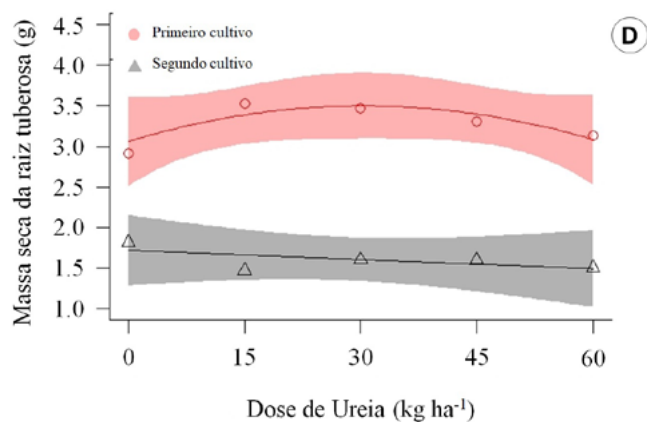
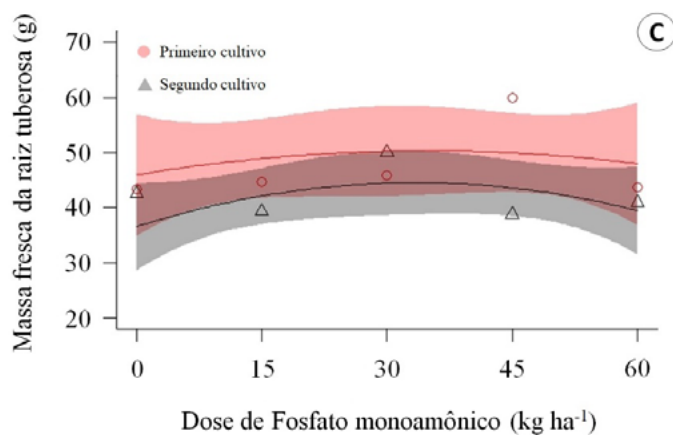


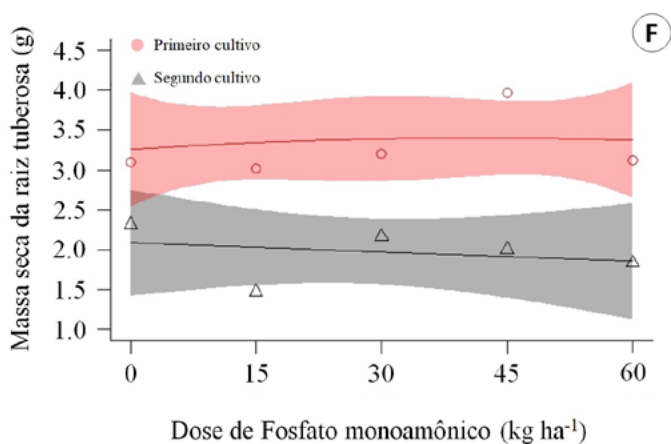
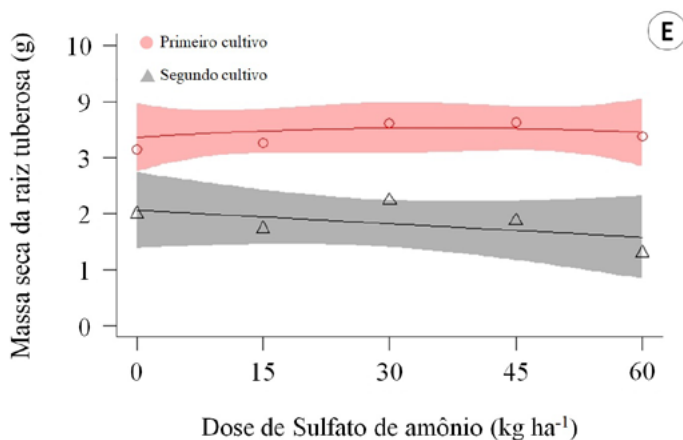
A maior massa fresca da raiz tuberosa foi observada no primeiro ciclo de cultivo, exceto na dose 60 kg ha^{-1} de N em plantas de rabanete sob adubação com ureia (Figura 8A). Não houve diferença na massa fresca da raiz tuberosa

entre o primeiro e segundo cultivo em plantas de rabanete adubadas com sulfato de amônio e fosfato monoamônico (Figura 8B e C).

Figura 8. Massa fresca e seca da raiz tuberosa de rabanete (*Raphanus sativus* L.) sob uso e reuso de substrato fertilizado com fontes e doses de nitrogênio. (A e D) ureia; (B e E) sulfato de amônio; (C e F) fosfato monoamônico.







As plantas avaliadas durante o primeiro cultivo tiveram maior matéria seca da raiz tuberosa quando comparadas às plantas do segundo cultivo em todas as fontes de N. Com relação a dose de N, não houve diferença

entre cultivos para as plantas adubadas com fosfato monoamônico na dose de 0 kg ha^{-1} .

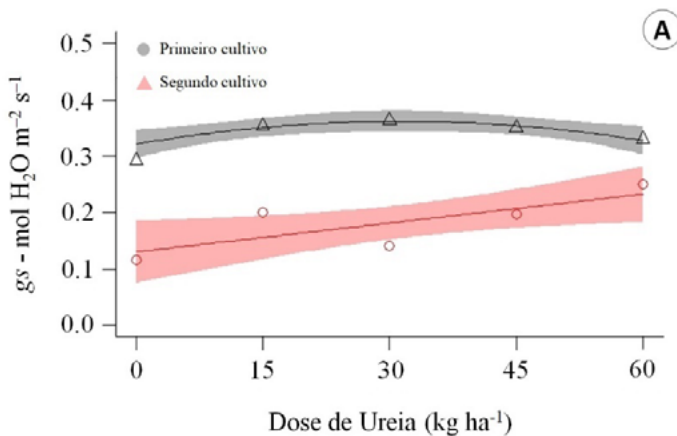
A condutância estomática (g_s) de plantas adubadas com ureia foi maior no primeiro cultivo, independente da dose aplicada (Figura 9A). A maior condutância estomática das plantas adubadas com sulfato de amônio foi observada no primeiro cultivo na dose 45 kg ha^{-1} (Figura 9B). A adubação com fosfato monoamônico proporcionou maior condutância estomática no primeiro cultivo de rabanete em todas as doses (Figura 9C).

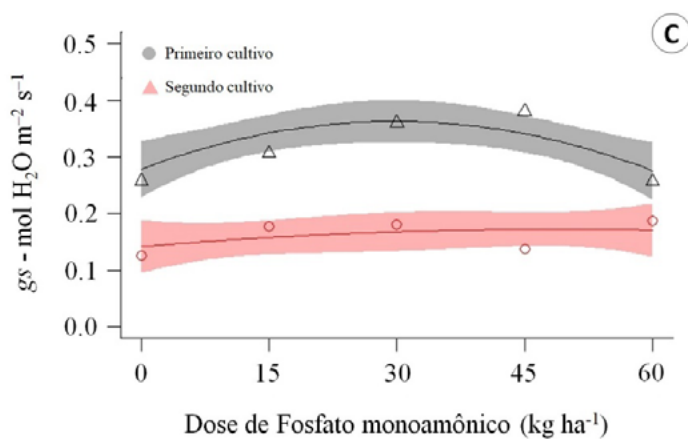
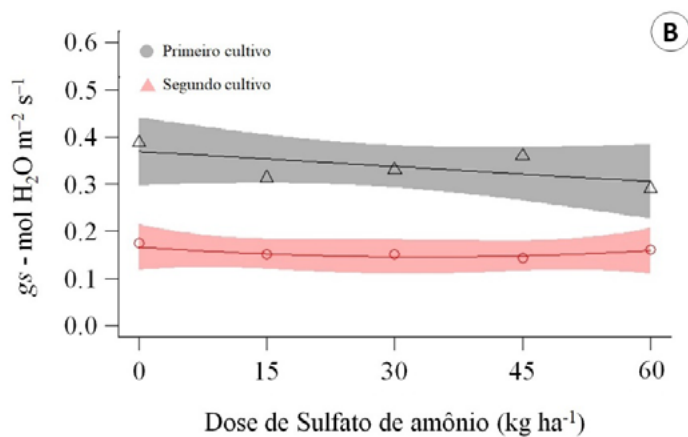
As plantas avaliadas durante o primeiro cultivo tiveram maiores taxas de fotossíntese líquida (A) quando comparadas às plantas do segundo cultivo, exceto para as plantas adubadas com ureia e fosfato monoamônico na dose de 60 kg ha^{-1} , onde não houve diferença entre cultivos (Figura 9D e F).

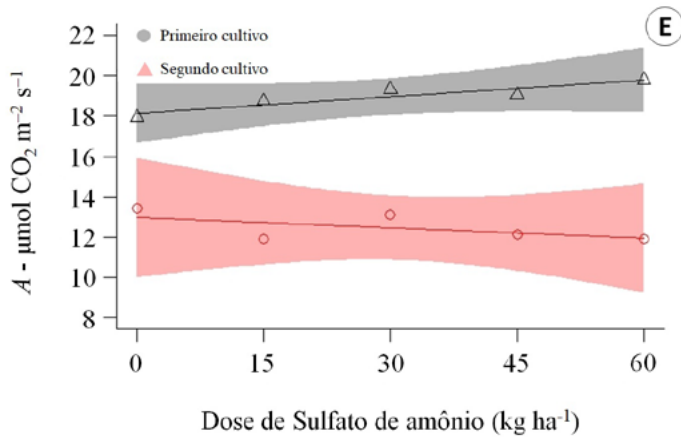
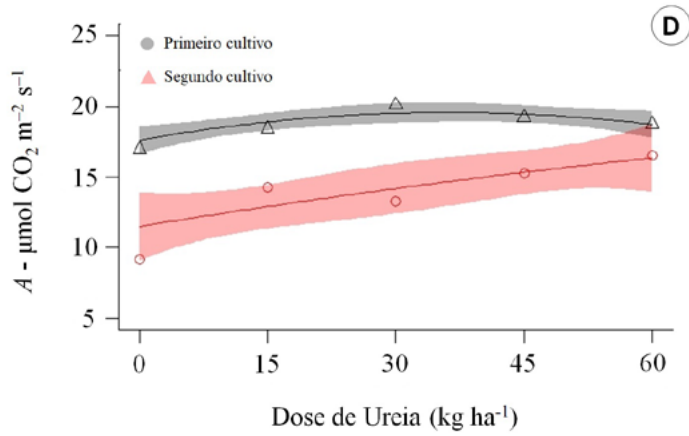
As maiores taxas de transpiração foram observadas no primeiro cultivo em plantas adubadas com ureia, exceto nas doses de 45 e 60 kg ha^{-1} (Figura 9G). De forma similar, a adubação com sulfato de amônio proporcionou as maiores taxas de transpiração no primeiro cultivo, exceto na dose de 60 kg ha^{-1} (Figura 9H). Em plantas de rabanete sob adubação com fosfato monoamônico as maiores taxas de transpiração foram observadas no primeiro cultivo na dose de 15 kg ha^{-1} (Figura 9I).

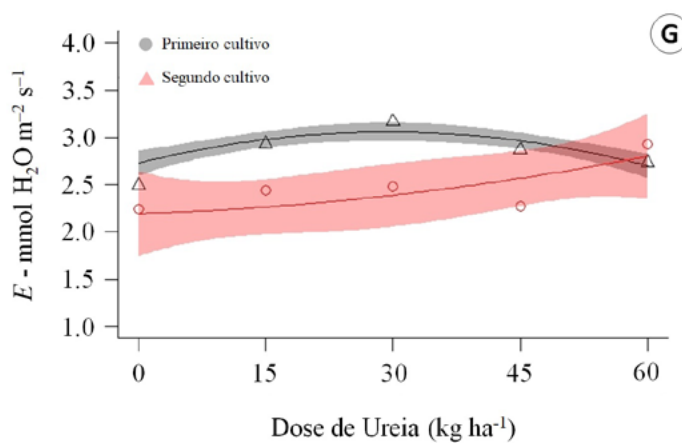
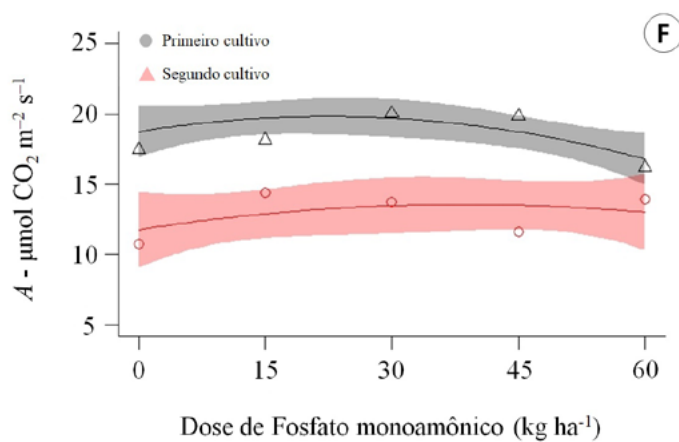
As maiores concentrações de carbono interno (C_i) foram observadas no primeiro cultivo em plantas adubadas com ureia, nas doses de 15, 30 e 45 kg ha^{-1} (Figura 9K). A maior C_i foi observada no primeiro cultivo de plantas adubadas com 15 e 30 kg ha^{-1} de sulfato de amônio, quando comparadas ao segundo cultivo (Figura 9I). A concentração de carbono interno de plantas adubadas com fosfato monoamônico foi maior no primeiro cultivo em todas as doses avaliadas (Figura 9L).

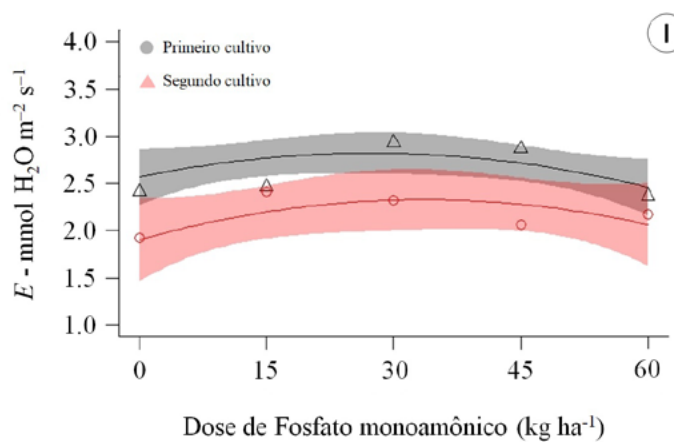
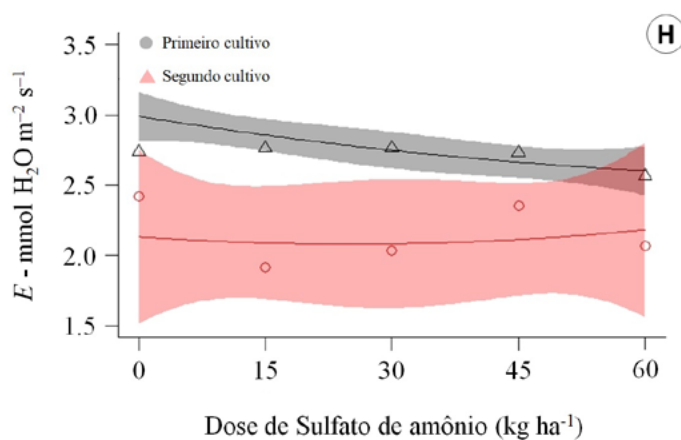
Figura 9. Condutância estomática (g_s - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração de carbono interno (C_i - $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol ar}^{-1}$) de rabanete (*Raphanus sativus* L.) sob uso e reuso de substrato fertilizado com fontes e doses de nitrogênio. (A, D, G e J) ureia; (B, E, H e K) sulfato de amônio; (C, F, I e L) fosfato monoamônico.

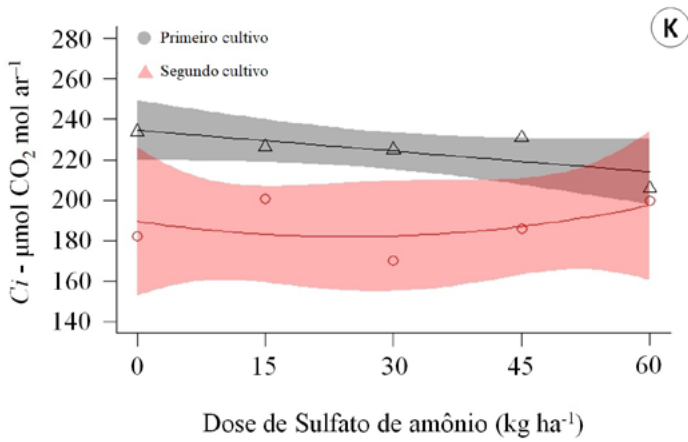
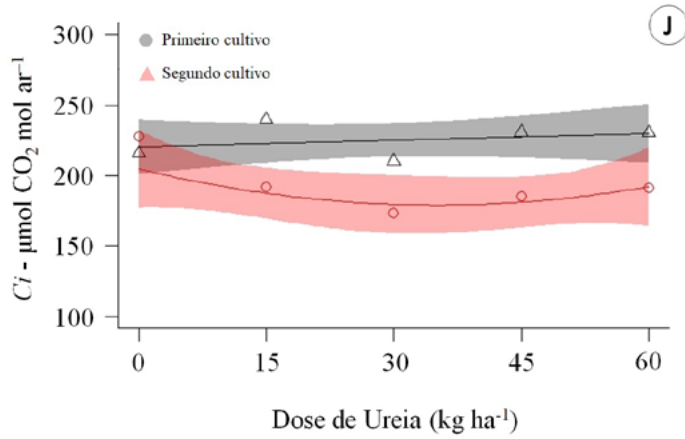


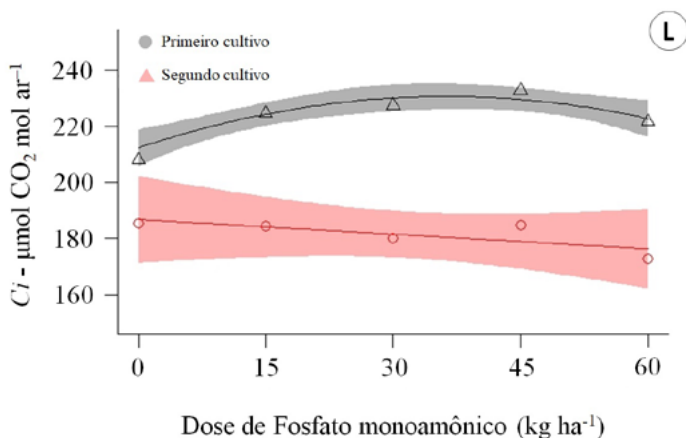












4. DISCUSSÃO

A relação observada entre os componentes principais e as variáveis de crescimento está diretamente associada ao nitrogênio (N), elemento essencial para diversos processos fisiológicos das plantas. O N participa da biossíntese de proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, hormônios e pigmentos, além de integrar moléculas fundamentais como enzimas, RNA, DNA, ATP e clorofila. Por isso, exerce papel determinante no crescimento e produtividade vegetal, influenciando o desenvolvimento de folhas, caule, raízes e demais estruturas vegetativas (CASTRO et al., 2016; LEGHARI et al., 2016; HUANG, 2018).

Do ponto de vista fisiológico, o N regula processos como fotossíntese, transpiração e respiração. Atua na síntese de pigmentos e enzimas fotossintéticas, melhora a regulação estomática e o ponto de saturação lumínica, resultando em maior fotossíntese líquida e condutância estomática (WARAICH et al., 2011; KAUR et al., 2015; WANG et al., 2016). Por outro lado, sua deficiência aumenta a sensibilidade ao ácido abscísico endógeno, reduzindo a abertura estomática e comprometendo a assimilação de CO_2 , o que limita a atividade fotossintética (LI et al., 2014; SUN et al., 2016).

O fornecimento adequado de N eleva a concentração de clorofila, aumenta a assimilação de CO_2 e intensifica o transporte de nutrientes minerais (SÁ et al., 2015; HUANG, 2018). Já a deficiência reduz a síntese de proteínas essenciais, como a Rubisco, sobrecarregando os centros de reação do PSII e ocasionando fotoinibição (WANG et al., 2016; TANTRAY et al., 2020). Em contrapartida, a adubação equilibrada mantém parâmetros como F_v/F_m e F_v/F_0 em níveis elevados, otimizando o transporte de elétrons fotossintéticos e favorecendo a conversão de energia luminosa em energia química (ZHANG et al., 2013).

No crescimento e produtividade do rabanete, o N estimula atividades meristemáticas, aumentando o número e o tamanho das células e, conseqüentemente, o acúmulo de biomassa (ŽARSKI et al., 2020). Contudo, tanto

a deficiência quanto o excesso de N afetam a eficiência de uso do nutriente, comprometendo a produtividade e a qualidade do produto colhido (ARENHARDT et al., 2015; SCREMIN et al., 2017).

A correlação entre N e pigmentos fotossintéticos também é evidente, visto que estes absorvem fótons de luz e transmitem energia aos centros de reação (MONTEIRO et al., 2018). O índice de clorofila apresenta forte associação com a concentração de N e a produtividade das culturas (SILVA et al., 2012). Nesse sentido, a fluorescência da clorofila se destaca como ferramenta prática, rápida e não destrutiva para avaliar a eficiência fotoquímica e o transporte de elétrons sob diferentes condições ambientais (MAXWELL & JOHNSON, 2000; SILVA et al., 2015; MONTEIRO et al., 2018).

Quanto às fontes de adubação, sulfato de amônio e fosfato monoamônico não diferiram quanto à massa fresca da raiz tuberosa, principal parte comercial do rabanete. Esse resultado pode estar relacionado à presença de outros nutrientes além do N. No caso do sulfato de amônio, por exemplo, o enxofre presente em sua composição é essencial para a síntese de proteínas e clorofila, podendo favorecer a produção de biomassa (MENDONÇA & PEIXOTO, 1991).

No primeiro cultivo, observaram-se maiores valores de condutância estomática (g_s), possivelmente em função da melhor disponibilidade de N, que favoreceu os processos

fisiológicos. Já no segundo cultivo, a maior temperatura pode ter induzido fechamento estomático, associado ainda à deficiência de N, que eleva os níveis de ácido abscísico endógeno (SUN et al., 2016). Como consequência, as plantas do primeiro cultivo apresentaram maiores taxas de fotossíntese líquida (A), exceto em tratamentos com ureia e fosfato monoamônico na dose de 60 kg ha⁻¹, nos quais não houve diferenças significativas (Figura 3D e F). Esse efeito reforça a importância do N para o acúmulo de biomassa, dado que a fotossíntese é o processo central nesse mecanismo (PAN et al., 2012; WARAICH et al., 2011).

De forma semelhante, as maiores taxas de transpiração foram observadas no primeiro cultivo em plantas adubadas com ureia e sulfato de amônio, com exceção das doses mais elevadas (Figura 3G-H). No fosfato monoamônico, o efeito positivo ocorreu na dose de 15 kg ha⁻¹ (Figura 3I). Esse comportamento pode estar relacionado à estreita conexão entre transpiração e fotossíntese, visto que a assimilação de carbono depende da abertura estomática e da perda de água por transpiração (FERRAZ et al., 2012; CAMPOS et al., 2016). Assim, a regulação estomática é determinante para o equilíbrio entre fixação de CO₂ e perda de H₂O (LIMA et al., 2010; WANG et al., 2016).

Por fim, as maiores concentrações de carbono interno (C_i) foram registradas no primeiro cultivo em

plantas adubadas com ureia e sulfato de amônio, bem como em todas as doses de fosfato monoamônico (Figura 3K-L). Esse aumento pode ser atribuído ao incremento da condutância estomática, que favorece a difusão de CO_2 para o interior da folha (SILVA et al., 2015). O maior aporte de carbono atmosférico reduz o impacto de fatores abióticos limitantes e potencializa as taxas de fotossíntese e acúmulo de carboidratos (SANCHES et al., 2017). Dessa forma, a limitação estomática se confirma como fator crucial para o desempenho fisiológico das plantas, uma vez que a abertura estomática está diretamente associada ao suprimento de CO_2 para o processo fotossintético.

5. CONCLUSÃO

O crescimento de plantas de rabanete foi influenciado pelas fontes de ureia na dose de 30 e 45 kg ha^{-1} de N, sulfato de amônio 15, 30, 45 e 60 kg ha^{-1} de N e o fosfato monoamônico 30 e 45 kg ha^{-1} de N.

As variáveis fisiológicas tiveram alta relação com o uso das fontes de ureia na dose de 45 kg ha^{-1} de N, sulfato de amônio 0 e 45 kg ha^{-1} de N, e fosfato monoamônico 30 kg ha^{-1} de N.

A reutilização dos substratos adubados com sulfato de amônio na dose de 45 kg ha^{-1} de N e fosfato

monoamônico na dose de 30 kg ha⁻¹ de N alcançaram os melhores valores para o número de folhas e matéria fresca da raiz tuberosa não deferindo entre os diferentes cultivos.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.
- ARAÚJO, F. M. L.; RODRIGUES, A. M. G.; FERNANDES, C. N. V.; SOBREIRA, A. E. A.; DE SOUZA ALVES, J. L.; DA SILVA, A. R. A. Cultivo de rabanete sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3327, 2019.
- ARENHARDT, E. G.; SILVA, J. A. G. DA.; GEWEHR, E.; OLIVEIRA, A. C. DE.; BINELLO, M. O.; VALDIERO, A. C.; GZERGORCZICK, M. E.; LIMA, A. R. C. DE. The supply of nitrogen in wheat yield by year condition and succession system in Southern Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, p. 4322-4330, 2015.
- BRITO, L. P. D. S.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; AMARAL, G. C.; SILVA, A. A.; AVELINO, R. C. Reutilização de resíduos regionais como substratos na produção de mudas de cultivares de alface a partir de sementes com e sem peletização. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 116, 2017.

CAMPOS, A. R.; DE LIMA, R. L.; DE AZEVEDO, C. A.; NASCIMENTO, R. D.; SILVA, S. S. Physiological attributes of jatropha under different planting densities and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1112-1117, 2016.

Castro, B. F.; Santos, L. G. D.; Brito, C. F.; 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, n. 3, p. 341–348, 2016.

CERQUEIRA, G.; SANTOS, M.C.; MARCHIORI, P.E.R.; SILVEIRA, N.M. MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Leaf nitrogen supply improves sugarcane photosynthesis under low temperature. **Photosynthetica**, v. 57, p. 18-26, 2019.

CHIEN, S. H.; GEARHART, M. M.; VILLAGARCÍA, S. Comparison of ammonium sulfate with other nitrogen and sulfur fertilizers in increasing crop production and minimizing environmental impact: a review. **Soil Science**, v. 176, n. 7, p. 327-335, 2011.

COSTA, A. R.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. **Irriga**, v.20, p.105-127, 2015.

COSTA, K. C.; DAMASCENO, F. A.; SILVA, D. S.; BARBOSA, A. H. P.; DA SILVA, J. C.; DOS SANTOS, M. A. L. Resposta do rabanete (*Raphanus sativus*) à lâminas de água e doses de nitrogênio. **Revista Ambientale**, v. 12, n. 1, p. 34–39, 2020.

FERRAZ, R. L. D. S.; MELO, A. S. D.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B. D.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. D. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

HACHIYA, T.; SAKAKIBARA, H. Interactions between nitrate and ammonium in their uptake, allocation, assimilation, and signaling in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 10, p. 2501-2512, 2017.

HOPKINS, W. G. A new view of statistics. Internet Society for Sport Science. **Sportscience**, 2000.

HUANG, R. D. Research progress on plant tolerance to soil salinity and alkalinity in sorghum. **Journal of Integrative Agriculture**, v.17, p. 739 - 746, 2018.

KAUR, G.; ASTHIR, B.; BAINS, N. S.; FAROOQ, M. Nitrogen nutrition, its assimilation and remobilization in diverse wheat genotypes. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 17, n. 3, 2015.

KRAUSE, M. R.; MONACO, P. A.; HADDADE, I. R.; MENEGHELLI, L. A.; SOUZA, T. D. Aproveitamento de resíduos agrícolas na composição de substratos para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 305–310, 2017.

LEGHARI, S. J.; WAHOCHO, N. A.; LAGHARI, G. M.; HAFEEZLAGHARI, A.; MUSTAFABHABHAN, G.; HUSSAINTALPUR, K.; LASHARI, A. A. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. **Advances in Environmental Biology**, v. 10, n. 9, p. 209-219, 2016.

LI, B.; LI, G.; KRONZUCKER, H. J.; BALUSKA, F.; SHI, W. Ammonium stress in Arabidopsis: signaling, genetic loci, and physiological targets. **Trends in Plant Science**, v.19, p.107-114, 2014.

LIMA, M. A.; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; PINTO, C. M.; ENÉAS FILHO, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p.654-663, 2010.

LOPES, F. A. DA S.; DA SILVA, C. A.; LOPES, S. G.; FERREIRA, M. M.; DOS REIS, L. L. Frequência de irrigação e adubação nitrogenada na produção de rabanete no nordeste de Mato Grosso. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 1, p. 55–65, 2020.

MARTINS, I. P. **Crescimento e consumo de água por manjerição (*Ocimum basilicum* L.) sob diferentes regimes hídricos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, São Paulo. 54p. 2016.

- MENDONÇA, A. T. C.; PEIXOTO, N. Efeitos do espaçamento e de níveis de adubação em cultivares de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 9, n. 2, p. 80-82, 1991.
- MONTEIRO, D. R.; MELO, H. F. D.; LINS, C. M.; DOURADO, P. R.; SANTOS, H. R.; SOUZA, E. R. D. Chlorophyll a fluorescence in saccharine sorghum irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 10, p. 673-678, 2018.
- NUNES, A. R. A.; FERNANDES, A. M.; LEONEL, M.; GARCIA, E. L.; MAGOLBO, L. A.; do CARMO, E. L. Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade de raízes da mandioquinha-salsa. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 242-247, 2016.
- OLIVEIRA, R. J.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; MIQUELLUTI, D. J.; VALICHESKI, R. R. Resposta da beterraba a adubação com nitrogênio, enxofre e micronutrientes em um Cambissolo Háplico. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 63-68, 2017.
- PAN J, LIN S, WOODBURY NW. Bacteriochlorophyll excited-state quenching pathways in bacterial reaction centers with the primary donor oxidized. **Journal of Physical Chemistry B**. 2012; 116(6):2014-22. pmid:22229638
- PEDRAZZI, A. DE Q.; BINOTTI, F. F. DA S.; COSTA, E.; DUARTE, E. C. Crescimento e acúmulo de fitomassa em função do manejo de nitrogênio na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.3, p. 411-418, 2017.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018.
- RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. **Comunicata Scientiae**, v.6, p.463-470, 2015.

SANCHES, R. F. E.; CATARINO, I. C. A.; BRAGA, M. R.; SILVA, E. A. D. Influência da alta concentração atmosférica de CO₂ ($\uparrow$ [CO₂] atm) × disponibilidade hídrica nas relações hídricas, trocas gasosas e acúmulo de carboidratos em *Coffea arabica* L. **Hoehnea**, v. 44, n. 4, p. 635- 643, 2017.

SANTI, A. L.; BASSO, C. J.; LAMEGO, F. P.; FLORA, L. P. D.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R. Épocas e parcelamentos da adubação nitrogenada aplicada em cobertura na cultura do feijoeiro, grupo comercial preto e carioca, em semeadura direta. **Ciência Rural**, v.43, n. 5, p. 816– 822, 2013.

SANTOS NETO, A. R.; SILVA, T. O.; BLANK, A. F.; SILVA, J. O.; F FILHO, R. N. A. Produtividade de clones de batata doce em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 445–452, 2017.

SANTOS, A. R.; SILVA, T. O.; BLANK, A. F.; SILVA, J. O.; F FILHO, R. N. A. Produtividade de clones de batata doce em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 445– 452, 2017.

SANTOS, C. F. B.; PAIER, C. D.; GOMES, M. D. S.; BISCARO, G. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção e qualidade de rabanetes via fertirrigação por gotejamento. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 2, p. 50-58, 2017.

SCREMIN, O. B.; SILVA, J. A. G. DA.; MAMANN, A. T. W. DE.; MANTAI, R. D.; BREZOLIN, A. P.; MAROLLI, A. Nitrogen efficiency in oat yield through the biopolymer hydrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.379-385, 2017

SILVA, A. L. P. D.; SILVA, A. P. D.; SOUZA, A. P. D.; SANTOS, D.; SILVA, S. D. M.; SILVA, V. B. D. Resposta do abacaxizeiro 'Vitória' a doses de nitrogênio em solos de tabuleiros costeiros da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 447–456, 2012.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; DE OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L.; DE MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Agriambi**, v. 19, n. 10, 2015.

SILVA, M. A. G. D.; MANNIGEL, A. R.; MUNIZ, A. S.; PORTO, S. M. A.; MARCHETTI, M. E.; NOLLA, A.; BERTANI, R. M. D. A. Ammonium sulphate on maize crops under no tillage. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 90-97, 2012.

SOUZA, Á. H. C. D.; REZENDE, R.; LORENZONI, M. Z.; SANTOS, F. A. S.; MALLER, A. Effect of fertigation with potassium and nitrogen on gas exchange and biomass accumulation in eggplant1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 3, p. 345-352, 2017.

SUN, J.; YE, M.; PENG, S.; LI, Y. Nitrogen can improve the rapid response of photosynthesis to changing irradiance in rice (*Oryza sativa* L.) plants. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2016.

TANTRAY, A. Y.; BASHIR, S. S.; AHMAD, A. Low nitrogen stress regulates chlorophyll fluorescence in coordination with photosynthesis and Rubisco efficiency of rice. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 26, n. 1, p. 83-94, 2020.

WANG, X.; WANG, L.; SHANGGUAN, Z. Leaf gas exchange and fluorescence of two winter wheat varieties in response to drought stress and nitrogen supply. **Plos One**, v. 11, n. 11, p. e0165733, 2016.

WARAICH, E. A.; AHMAD, R.; SAIFULLAH.; AHMAD, A. Water stress and nitrogen management effects on gas exchange, water relations, and water use efficiency in wheat. **Journal of plant nutrition**, v. 34, n. 12, p. 1867-1882, 2011.

WITTE, CLAUS-PETER. Urea metabolism in plants. **Plant Science**, v. 180, n. 3, p. 431-438, 2011.

ŽARSKI, J.; KUŚMIEREK-TOMASZEWSKA, R.; DUDEK, S. Impact of irrigation and fertigation on the yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in a moderate climate. **Agronomy**, v. 10, n. 2, p. 166, 2020.

ZHANG, X. C.; YU, X. F.; MA, Y. F. Effect of nitrogen application and elevated CO₂ on photosynthetic gas exchange and electron transport in wheat leaves. **Photosynthetica**, v. 51, n. 4, p. 593-602, 2013.



SOBRE OS AUTORES E AS AUTORAS

Adriano Salviano Lopes

Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, com período de doutorado-sanduíche no Instituto Politécnico de Bragança, em Portugal (bolsista CAPES-PDSE). É membro do grupo de pesquisa em Manejo da Água em Sistemas de Produção Agrícola e do Grupo de Estudos em Fisiologia Vegetal, desenvolvendo estudos voltados à atenuação de estresses abióticos, como o estresse hídrico e salino, com ênfase em fisiologia vegetal e análises bioquímicas aplicadas a olerícolas. Mestre em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (2022) e graduado em Agroecologia pela Universidade Federal de

Campina Grande (2018). Possui experiência nas áreas de produção vegetal, fisiologia e nutrição de plantas, manejo pós-colheita, fitohormônios e tecnologia de sementes, com destaque para a produção de olerícolas.

Juliane Maciel Henschel

Possui graduação em Ciências Biológicas (2014), mestrado em Produção Vegetal (2016) pela Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO) e doutorado em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com período sanduíche na University of Maryland (USA) (Bolsista CAPES-Print). É especialista em Docência no Ensino Superior (2015) pela Universidade Norte do Paraná. Participou do Núcleo de Pesquisas em Hortaliças (NUPH) da Universidade Estadual do Centro Oeste atuando em projetos relacionados ao melhoramento, produção e qualidade pós-colheita de hortaliças. Atua na área de Fisiologia Vegetal, com ênfase na regulação do crescimento e desenvolvimento de plantas. É editora da revista BMC Plant Biology, e revisora dos periódicos Journal of Soil Science and Plant Nutrition, Scientia Horticulturae, Journal of Crop Health e Vegetos. Atualmente é pós-doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba (PDCTR), onde desenvolve

trabalhos com a relação entre hormônios vegetais e fatores abióticos no crescimento e desenvolvimento de plantas.

Thiago Jardelino Dias

Professor Associado na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com graduação em Agronomia (2003), mestrado em Manejo e Conservação do Solo e da Água (2006), e doutorado em Agronomia (2011). Atualmente, está como chefe do Departamento de Agricultura do CCHSA/UFPB e atua como professor permanente no Programa de Pós-Graduação em Agronomia e no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo no Campus II (CCA) da UFPB. Possui experiência na área de Agronomia, com ênfase em manejo de solo e água, manejo de irrigação, hidrologia agrícola, produção de hortaliças em clima tropical e indicadores de sustentabilidade. Ministra as disciplinas de Irrigação e Drenagem, Sistemas de Irrigação, Olericultura e Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas no Departamento de Agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Campus III da UFPB, em Bananeiras, PB.

Toshik Iarley da Silva

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Cariri (2017), Mestre em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (2018) e Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (2022). Professor Adjunto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Membro permanente do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais (UFRB/EMBRAPA) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFRB) e Ciências Agrárias (PPGCA/UFRB). Atua em pesquisas relacionadas à mitigação dos danos causados pelos estresses abióticos em plantas cultivadas, com ênfase em hortaliças, plantas ornamentais e medicinais cultivadas em substrato e em sistemas hidropônicos. Assim como fisiologia pós-colheita de frutos e hortaliças. É revisor ad hoc de periódicos nacionais e internacionais e editor associado da Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.



Editora
UFPB

Título Crescimento e fisiologia de rabanete (*Raphanus sativus* L.) sob uso e reuso de substrato fertilizado com fontes e doses de nitrogênio

Organizadores Adriano Salviano Lopes
Thiago Jardelino Dias

Projeto Gráfico (capa e miolo) Michele Holanda

Imagens de miolo e capa Michele Holanda - desenvolvida através de manipulação, retoques digitais e AI generativa.

Revisão, edição e normalização Responsabilidade do(s) autor(es) da obra.

Formato PDF – 7,49 MB

Tipografia Myriad Pro

Número de páginas 98

EU