

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM RÚCULA: EFEITOS NO  
CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO**

**Paulo Henrique Soares Silva**

Engenheiro Agrônomo

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM RÚCULA: EFEITOS NO  
CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO**

**Paulo Henrique Soares Silva**

**Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho**

**Coorientador: Prof. Dr. Walter Maldonado Júnior**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

**2017**

Silva, Paulo Henrique Soares  
S581a Adubação nitrogenada em rúcula: Efeitos no crescimento,  
produtividade e nutrição / Paulo Henrique Soares Silva. --  
Jaboticabal, 2017  
xiv, 36 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017  
Orientador: Walter Maldonado Júnior  
Banca examinadora: Arthur Bernardes Cecílio Filho, Hilário Júnior  
de Almeida, Roberto Botelho Ferraz Branco  
Bibliografia

1. *Eruca sativa*. 2. Hortaliça folhosa. 3. Nitrato. 4. Nitrogênio. Título.  
II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.84:582.683.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ADUBAÇÃO NITROGENADA EM RÚCULA: EFEITOS NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO**

**AUTOR: PAULO HENRIQUE SOARES SILVA**  
**ORIENTADOR: ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO**  
**COORIENTADOR: WALTER MALDONADO JÚNIOR**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO  
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pesquisador Dr. HILÁRIO JÚNIOR DE ALMEIDA  
Autônomo / Jaboticabal/SP

Pesquisador Dr. ROBERTO BOTELHO FERRAZ BRANCO  
APTA - Polo Regional do Centro Leste / Ribeirão Preto/SP

Jaboticabal, 07 de novembro de 2017

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**PAULO HENRIQUE SOARES SILVA** – Filho de José Raimundo Silva e Maria do Ceú Raiol Soares. O autor nasceu em Belém no Estado do Pará, em 23 de outubro de 1991. Iniciou os estudos na cidade de Augusto Corrêa - PA, cursando o nível fundamental, 1º grau na Escola Municipal de Ensino Fundamental André Alves e 2º grau na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Professor Bolívar Bordallo da Silva”, concluindo em 2009. Iniciou o curso de Engenharia Agrônômica, em março de 2011, na Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em junho de 2016. Neste mesmo ano, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, concluindo em novembro 2017.

***“E assim seguimos a semear, aquilo que será  
o alimento de corpos e almas!”***

**VITOR ARTIGIANI**

Aos meus pais Maria do Céu e José Raimundo, irmãos Ana Paula, Paulo Vitor, Isaac e Virgínia, aos meus sobrinhos João Victor, Lorenzo, Ana Laura, Luiz Felipe e Murilo por todo esforço, apoio, incentivo e amor. *In memoriam* dos meus avós Dona Dica e Lourenço Soares pelo exemplo de vida e determinação.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, sou grato a DEUS por toda a sabedoria e proteção durante esse período quando estive longe de pessoas muito importantes na minha vida, e a benção de concluir esse curso não seria possível sem a presença do pai, que com minha fé e força de vontade foram vencidas muitas dificuldades, pois nele encontrei abrigo e juntos construímos o conhecimento.

Minha infinita gratidão aos meus pais Maria do Ceú Raiol Soares e José Raimundo Silva, que são meus maiores incentivadores, que se esforçam muito pra me verem realizado, e sem a amizade, confiança e companheirismo nada do que conseguir seria possível e graças ao meu esforço tudo que tenho feito foi válido e prazeroso.

Aos meus irmãos Ana Paula, Paulo Vítor, Isaac e Virgínia obrigado por compreenderem minha ausência de irmão e pelo apoio constante, onde quer que eu vá levo um pedaço de cada um de vocês comigo.

Aos meus sobrinhos João Victor, Lorenzo (O pai Ló), Ana Laura, Luis Felipe e Murilo, embora eu saiba que minha ausência não permite acompanhar a infância de vocês o tio ama muito vocês e lamenta muito em abdicar desses momentos fantásticos somados aos melhores risos.

A minha namorada, Ediene Soares pelo companheirismo, amor e respeito, e, principalmente pela compreensão, pela paciência de ouvir meus problemas e por me ajudar a tomar decisões, minha  $\frac{1}{2}$  agrônoma.

Meu muito obrigado a meu orientador Arthur Bernardes Cecílio Filho, pela confiança, respeito, paciência, compreensão, e principalmente pelo conhecimento repassado, serei eternamente grato pelo tempo e por tudo que fizestes por mim, pois além do profissional aprendi a ser humano com você.

Aos meus orientadores durante a graduação Eduardo César Medeiros Saldanha, Henderson Gonçalves Nobre e Marluce Reis Souza Santa Brígida pelo incentivo, parceria e confiança, além de profissionais, são meus amigos.

Agradeço as minhas amigas de longa data Lucilene Abreu e Maria Gerleane da Cunha, e aos meus amigos que fiz em Jaboticabal Branca Rochidali, Thiago Águas, Yane Freitas e aos paraenses mais presentes Nayane Maia e Diego Jardel

por me incentivarem e acreditarem no meu potencial, pelo apoio, é sempre muito bom poder contar com vocês.

A Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – FCAV, pela oportunidade de ingressar nesta instituição de ensino e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida.

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Aspectos gerais e importância econômica da rúcula .....	3
2.2 Clima e manejo da adubação nitrogenada .....	4
2.3 Nitrogênio no solo e na planta .....	7
2.4 Nitrato na saúde humana e na qualidade das hortaliças .....	9
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
3.1 Caracterização geográfica e localização da área experimental .....	11
3.2 Tratamentos e delineamento experimental .....	12
3.3 Instalação e condução do experimento .....	12
3.4 Características avaliadas .....	13
3.4.1 Altura da planta (cm), número de folhas e área foliar (cm <sup>2</sup> por planta) ..	13
3.4.2 Massa fresca e massa seca da parte aérea (g por planta) .....	14
3.4.3 Produtividade (kg m <sup>2</sup> ) .....	14
3.4.4 Teor de nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> ) .....	14
3.4.5 Teor de nitrato (g kg <sup>-1</sup> ) .....	14
3.5 Análise estatística .....	15
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>28</b>

## ADUBAÇÃO NITROGENADA EM RÚCULA: EFEITOS NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO

**RESUMO** – O nitrogênio é um elemento requerido em maior quantidade pela maioria das culturas e o segundo mais acumulado pela rúcula. Neste contexto, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de doses de nitrogênio no crescimento e na produtividade da rúcula. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados seis tratamentos (0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de N). A rúcula caracteriza-se por apresentar crescimento inicial lento, tendo maior exigência nutricional no final do ciclo, com isso, as melhores respostas foram obtidas aos 35 dias após a emergência. O teor máximo de nitrato estimado foi de 2,1 g kg<sup>-1</sup> de massa seca obtido com aplicação da dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de N, que corresponde a 146 mg kg<sup>-1</sup> de massa fresca e está muito abaixo do limite máximo tolerável. As doses crescentes de nitrogênio pronunciaram-se positivamente sobre a altura de plantas, número de folhas, área foliar, massa fresca e seca da parte aérea. A máxima produtividade de rúcula (4,53 kg m<sup>-2</sup>) foi obtida com 223 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. O teor de nitrato na dose que maximiza a produtividade não é uma característica que prejudica a qualidade da rúcula.

**Palavras-chave:** *Eruca sativa*, hortaliça folhosa, nitrato, nitrogênio

## NITROGEN FERTILIZATION IN ROCKET: EFFECTS ON GROWTH, PRODUCTIVITY AND NUTRITION

**ABSTRACT** – Nitrogen is an element required in greater quantity by most of the crops and the second most accumulated nutrient by rocket. In this context, this study aimed to evaluate the effect of different nitrogen rates on rocket growth and productivity. A randomized complete block design with four replications. Six treatments were evaluated (0, 50, 100, 150, 200 and 250 kg ha<sup>-1</sup> of N). Rocket is characterized as a vegetable which presents slow initial growth, having a higher nutritional requirement at the end of its cycle. Therefore, the best plant responses in this study were obtained at 35 days after the emergence of seedlings. The maximum estimated nitrate content was 2.1 g kg<sup>-1</sup> of plant dry mass obtained with the application of 250 kg ha<sup>-1</sup> of N, which corresponds to 146 mg kg<sup>-1</sup> of plant fresh mass. This is considered below the maximum tolerable limit. The increasing nitrogen doses in this study were positively correlated with plant height, number of leaves, leaf area, and fresh and dry mass of the crop canopy. Rocket maximum yield production in this study (4.53 kg m<sup>-2</sup>) was obtained with 223 kg ha<sup>-1</sup> of N. The nitrate content in the dose which maximizes the productivity is not a characteristic that negatively affects rocket quality.

**Keywords:** *Eruca sativa*, leafy vegetables, nitrate, nitrogen

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa média do ar (%), no período experimental. Fonte: Estação Agroclimatológica da Unesp, Câmpus de Jaboticabal. ....	<b>11</b>
<b>Figura 2.</b> Altura da planta de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 20 (y1) e 35 (y2) dias após a emergência de plântulas. **Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). ....	<b>17</b>
<b>Figura 3.</b> Número de folhas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 20 (y1) e 35 (y2) dias após a emergência de plântulas. **Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), *significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). ....	<b>19</b>
<b>Figura 4.</b> Área foliar de plantas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 20 (y1) e 35 (y2) dias após a emergência de plântulas. **Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), *significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). ....	<b>19</b>
<b>Figura 5.</b> Massa seca da parte aérea de plantas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 20 (y1) e 35 (y2) dias após a emergência de plântulas. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). ....	<b>21</b>
<b>Figura 6.</b> Massa fresca da parte aérea de plantas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 35 dias após a emergência de plântulas. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). ....	<b>22</b>
<b>Figura 7.</b> Produtividade (- - -) e teor de nitrogênio (—) na parte aérea de plantas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 35 dias após a emergência de plântulas. **Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). ....	<b>23</b>
<b>Figura 8.</b> Teor de nitrato em plantas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 34 dias após a emergência de plântulas. *Significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). ....	<b>25</b>

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Resumo da análise de variância para altura da planta (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA), em função da dose de nitrogênio aos 20 dias após a emergência das plântulas. ....	<b>16</b>
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade (PROD), teor de nitrogênio (N) e teor de nitrato na massa seca da parte aérea (NIT), em função da dose de nitrogênio aos 35 dias após a emergência das plântulas. ....	<b>16</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um elemento requerido em maior quantidade pela maioria das culturas e de muita importância na produção de hortaliças, principalmente quando se trata de folhosas, como a rúcula.

Um dos efeitos mais conhecidos da aplicação do N nas plantas é o aumento no crescimento da parte aérea e na intensidade da coloração verde das folhas, além de um ganho no crescimento de raízes e produção (AGUIAR JÚNIOR et al., 2010).

Embora a cultura em estudo tenha importância alimentar e econômica expressiva para a horticultura, há poucos estudos voltados para seu cultivo, visto que na maioria dos estados é considerada ainda uma hortaliça não-convencional. Assim sendo, o aumento do número de produtores tem gerado demanda por informações agronômicas para melhor manejo da cultura, as quais, muitas vezes, são baseadas no cultivo de outras hortaliças folhosas (PURQUERIO, 2005).

As recomendações de adubação nitrogenada, descritas na literatura para a rúcula são escassas ou tão pouco específicas, que contempla a mesma recomendação, entre famílias e espécies diferentes. Camargo (1992) e Trani, Passos e Azevedo Filho (1997) recomendam para a alface, almeirão, chicória, escarola, rúcula e agrião d'água, juntamente com mais 11 culturas de famílias e espécies distintas a aplicação 30 – 40 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio e mais 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, em doses iguais, parcelados em três vezes.

Apesar de absorverem relativamente pequenas quantidades de nutrientes, quando comparadas às outras culturas, as hortaliças folhosas são consideradas exigentes em nutrientes, em função de seu ciclo curto (GRANGEIRO et al., 2011). Portanto, o manejo da adubação é imprescindível para manter altas produtividades e alcançar a segurança ambiental.

O nitrogênio, assim como os demais nutrientes, é fundamental no desenvolvimento das plantas, principalmente aquelas que não realizam associação simbiótica tornando-as dependentes da fixação industrial (ESPINDULA et al., 2010), e seu fornecimento interfere na produção e na qualidade das hortaliças folhosas. O nutriente atua também como constituinte básico das proteínas e enzimas, clorofila, ácidos nucleicos, além de participar da síntese hormonal, o que justifica a sua alta

demanda pela maioria das culturas (RUZA; SKRABULE; VAIVODE, 2013; TAIZ; ZEIGER, 2013).

De acordo com Grangeiro et al. (2011), o nitrogênio é o segundo nutriente mais acumulado pela rúcula, citada na literatura como muito responsiva ao fornecimento do nutriente (TRANI et al., 1994; PURQUERIO et al., 2007; BARBOZA, 2014). Segundo Nascimento et al. (2017), quando mantido em teores adequados estimula o crescimento vegetativo e expande a área fotossinteticamente ativa, além de proporcionar folhas com coloração mais atrativas e suculentas.

Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito de doses de nitrogênio no crescimento e na produtividade de plantas de rúcula.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais e importância econômica da rúcula

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) é uma planta herbácea, anual, pertencente à família Brassicaceae, da qual pertencem, também, a couve, couve-flor, brócolis, rabanete, repolho, entre outras hortaliças.

É uma hortaliça folhosa de rápido crescimento vegetativo e ciclo curto, originária do sul da Europa e da parte ocidental da Ásia. É muito conhecida nos estados brasileiros das regiões Sul e Sudeste, onde justamente a colonização foi mais intensa, principalmente entre os descendentes de italianos, espanhóis e portugueses. Atualmente, difundiu-se para outras regiões brasileiras (GRANGEIRO et al., 2011).

Existem três espécies que são utilizadas para o consumo humano: *Eruca sativa* Miller, que possui ciclo de crescimento anual, *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC. e *Diplotaxis muralis* (L.) DC., ambas perenes (PIGNONE, 1997). Ressalta-se, ainda, que as principais cultivares de rúcula apresentam diferenças quanto ao tipo de folha, que podem ter bordas lisas e até bastante recortadas (MORALES; JANICK, 2002; SALA et al., 2004).

Seu ciclo varia de 45 a 50 dias em virtude da época do ano em que é cultivada, apresentando redução à medida que é exposta a dias mais ensolarados (TRANI; FORNASIER; LISBÃO, 1992; SEDIYAMA; SALADO; PINTO, 2007).

É uma cultura produzida em todas as regiões do Brasil, com alta potencialidade de mercado, pois sua produção e consumo têm aumentado bastante desde a década de 90 em comparação a outras folhosas como a alface, que dentre as hortaliças folhosas é a mais consumida, e também apresenta algumas características específicas, como leve pungência no sabor e fácil cultivo (PURQUERIO et al., 2007; HENZ; MATTOS, 2008; ALVES; SÁ, 2010; SOLINO et al., 2010; CECÍLIO FILHO et al., 2014), reforçados pela mudança no hábito alimentar das pessoas.

Estima-se que a área cultivada seja de 6000 ha ano<sup>-1</sup>, com 85% da produção nacional concentrada no Sudeste (SALA et al., 2004; FILGUEIRA, 2007;

PURQUERIO et al., 2007), e com produtividade muito variável em função do manejo e clima (COSTA et al., 2011).

Além disso, sua utilização na gastronomia vai muito além das saladas. A rúcula possui propriedades medicinais por ser fonte de compostos bioativos, polifenóis e glucosinatos, além de apresentar efeitos anti-inflamatório, desintoxicante e na prevenção de alguns cânceres (BJÖRKMAN et al., 2011).

Na sua composição, em cada 100 g de massa fresca, têm-se, em média, 91,7 g de água; 2,58 g de proteína; 1,6 g de fibra; 160 mg de cálcio; 1,40 mg de ferro; 47 mg de magnésio; 52 mg de fósforo; 369 mg potássio; 27 mg de sódio; 0,47 mg de zinco; 15 mg de vitamina C; 0,044 mg de tiamina; 0,086 mg de riboflavina; 0,305 mg de niacina; 0,437 mg de ácido pantotênico e 0,073 mg de vitamina B6 (USDA, 2004).

De acordo com Carrijo et al. (2004), a rúcula é uma cultura que permite uma produção adaptada em diferentes regiões e condições adversas do ambiente, viabilizando seu cultivo em campo, pois não exige altos investimentos em infraestrutura de ambiente protegido, devido sua adaptação em áreas abertas e cultivo em solo.

Conforme o exposto, produtores têm aderido ao cultivo de rúcula por adaptar-se muito bem a sistemas simples de plantio. Ressalta-se, ainda, a facilidade de semeadura direta no solo, torna-se uma vantagem, no entanto, é difícil obter um estande uniforme, principalmente devido às sementes de rúcula serem pequenas e ocorrer variações de profundidade de plantio (REGHIN; OTTO; VAN DER VINNE, 2004).

## **2.2 Clima e manejo da adubação nitrogenada**

No Brasil, segundo Trani, Fornasier e Lisbão (1992), para o bom desenvolvimento da planta, com produção de folhas grandes e tenras, há a necessidade de temperaturas entre 15 a 18 °C, sendo que a melhor época de plantio no estado de São Paulo ocorre de março a julho (outono/inverno). Os autores também ressaltam que quando ocorrem temperaturas elevadas à produção torna-se comprometida, resultando em folhas menores e rígidas, tornando-se impróprias para a comercialização.

Em regiões onde as médias anuais de temperatura atingem cerca de 32 °C, podendo ocorrer no verão temperaturas de 40 °C, há dificuldades de produzir plantas com qualidade (MEDEIROS et al., 2006; FILGUEIRA, 2007).

Apesar da exigência de temperaturas amenas sabe-se que a rúcula responde significativamente a produção sob temperaturas médias abaixo de 20 °C (TUNCAY et al., 2011). Apesar disso a cultura tem sido plantada ao longo de todo o ano em várias regiões do Brasil, apresentando algumas desvantagens como a emissão prematura do pendão floral e folhas menores (FILGUEIRA, 2007), podendo apresentar maior pungência, comprometendo sua produção em regiões tropicais (COSTA et al., 2011).

No geral, as recomendações de adubação das culturas dependem da demanda nutricional da planta exigida durante o período de crescimento e desenvolvimento até o ponto de colheita (LAVIOLA et al., 2007). Também, devem ser levadas em consideração a eficiência de aproveitamento dos adubos aplicados e a fração de nutrientes suprida pelo solo (PREZOTTI, 2001).

Para atingir a máxima produtividade, além de considerar as condições climáticas, também se deve atentar para o tipo de solo, cultivar, manejo cultural e fertilizante utilizado, pois a eficiência de aproveitamento dos nutrientes é variável conforme esses fatores (GRANGEIRO et al., 2006); caso contrário, a adubação se mal realizada pode trazer problemas para a cultura e para o ambiente (MADEIRA et al., 2007).

De acordo com Furlani e Purquerio (2010) cada espécie de hortaliça, inclusive cultivares, possui um ciclo produtivo e exigências nutricionais diferenciadas, sendo necessário caracterizar o manejo nutricional para cada tipo de sistema produtivo.

Segundo Rezende et al. (2005), a necessidade de uso constante de fertilizantes para manter bons níveis de fertilidade do solo em cultivo de olerícolas, torna este o insumo mais oneroso no custo final de produção. Desta forma, a adequação da adubação é um fator de redução do custo e, por outro lado, contribui para o aumento de produtividade.

A rúcula assim como a alface, por serem composta basicamente de folhas, respondem significativamente no crescimento e expansão da área foliar ao fornecimento de nitrogênio, dessa forma requer manejo especial quanto à adubação,

por ser de fácil lixiviação (GRANGEIRO et al., 2006). Após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados no solo, podem ocorrer grandes perdas de N por volatilização de gás amônia ou lixiviação de nitrato, o que depende também da fonte utilizada: amídica, amoniacal ou nítrica (ZABINI; CARVALHO; BARBOSA, 2008).

Atualmente umas das maiores preocupações sobre o uso dos fertilizantes nitrogenados na agricultura diz respeito ao meio ambiente, sobretudo no que se refere à qualidade da água e do solo.

Dentre os processos de perdas a forma nítrica é a mais suscetível à lixiviação, seguida da amídica e da amoniacal. Ao contrário do nitrato e do amônio, a ureia não é absorvida diretamente pelas plantas, mas somente após ser hidrolisada a amônio. Contudo, a ureia é uma das fontes mais utilizadas pelos agricultores por apresentar o menor custo por unidade de N (SILVA et al., 2003; BONO et al., 2008).

Entre as fontes possíveis de contaminação do solo e da água, a agricultura é geralmente apontada como importante contribuinte de poluentes (GRUTZMACHER et al., 2008). A contaminação decorrente das atividades agrícolas atinge águas superficiais e subterrâneas pelos aportes de sais, resíduos de adubos minerais e orgânicos (D'ALMEIDA et al., 2005). A prática da irrigação, associada ao regime irregular das chuvas e as elevadas taxas de evapotranspiração em climas secos, resultam em alterações nos teores de sais nos solos e nas águas com consequente elevação na concentração de íons tóxicos (WICHELNS et al., 2002; ANDRADE et al., 2009).

Por ser repelido pelas partículas do solo que geralmente apresentam carga elétrica negativa esse ânion permanece livre na solução do solo. Em consequência disso, a quantidade presente na camada arável do solo, que não é absorvida pelas plantas, fica susceptível à lixiviação, podendo, ao longo do tempo, atingir o lençol freático e os corpos de água por ele alimentados (DYNIA; SOUZA; BOEIRA, 2006; PIOVESAN et al., 2009; TARKALSON et al., 2006).

O que não é absorvido pelas plantas fica imobilizado no solo ou pode lixiviar, especialmente quando na forma de nitrato. Embora as perdas de N observadas sejam consideradas pequenas no aspecto agrônômico, estas são importantes do ponto de vista ambiental, podendo contaminar o lençol freático e eutrofizar águas superficiais (ARAÚJO et al., 2004).

A presença do nitrato na solução do solo depende dos atributos químicos do solo, da fonte de nitrogênio, da massa aplicada e da concentração do fertilizante nitrogenado na água de irrigação (COELHO et al., 2014). Segundo Andrade et al. (2009), a lixiviação do nitrato é potencializada pelas propriedades físicas dos solos, pelas práticas agrícolas intensivas e pela elevada dotação de água empregada na irrigação.

Está ligado ao fluxo da água que é o maior carreador para as camadas mais profundas. Tanto o fluxo de água como a concentração de  $\text{NO}_3^-$  na solução do solo são influenciados por fatores como sistema de preparo do solo, tipo de solo e forma de aplicação dos adubos. A quantidade de  $\text{NO}_3^-$  está relacionada tanto pela própria quantidade de  $\text{NO}_3^-$  adicionada via adubação, assim como pela quantidade e tempo de chuva, infiltração e a taxa de percolação da água, evapotranspiração, capacidade do solo de reter água e a presença de plantas. A rapidez com que o N amoniacal dos dejetos é nitrificado, após a sua aplicação no campo, também irá condicionar a quantidade de  $\text{NO}_3^-$  no solo (AITA et al., 2007).

Para evitar as perdas por volatilização de amônia, o meio mais eficiente é incorporar o fertilizante ao solo, a uma profundidade mínima de 3 a 5 cm, por meio mecânico ou irrigação (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

De acordo com Silva et al. (2004), uma das formas para reduzir perdas de nitrogênio e melhorar seu aproveitamento seria sua aplicação na semeadura ou transplântio e o restante distribuído em cobertura, em uma ou mais vezes.

Nesse sentido, o parcelamento do nitrogênio pode amenizar as perdas, além de melhorar a produção devido ao eficiente aproveitamento do nutriente pelas plantas, devendo o mesmo ser aplicado na época de maior exigência da cultura (BARBOSA FILHO; FAGERIA; SILVA, 2004).

### **2.3 Nitrogênio no solo e na planta**

O nitrogênio é um dos nutrientes que mais contribuem para o metabolismo fisiológico das plantas e está relacionado diretamente na formação de proteínas, constituinte da molécula de clorofila, participa da respiração, multiplicação e divisão celular, favorecem o crescimento vegetativo e no incremento da área foliar e,

consequentemente, na expressão do potencial produtivo da cultura (FILGUEIRA, 2003; NASCIMENTO et al., 2017), fazendo-se necessário conhecer sua dinâmica no solo e na planta.

No solo o nitrogênio encontra-se na maior parte na forma orgânica (95%) não assimilável pela planta e o restante na forma mineral assimilável, especialmente na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ou amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). As formas inorgânicas de nitrogênio ( $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$ ) são produzidas pela mineralização da matéria orgânica ou pela adição de fertilizantes químicos. Sob condições de bom arejamento, o nitrato é a forma predominante, que em solos intensivamente cultivados, provem dos fertilizantes inorgânicos aplicados nas lavouras (MATOS, 2007).

As formas mais assimiláveis do nitrogênio pelas plantas são o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), sendo o primeiro preferido pelas plantas por ser pouco tóxico e circular em maiores concentrações na seiva (PRIMAVESI, 1986). O movimento do nutriente no solo é governado pelo fenômeno de fluxo de massa e logo após o contato do N-raiz tem-se o processo de absorção pelas plantas.

O N transportado do nitrogênio pelo xilema depende da forma em que foi absorvido pelas raízes, isto é, amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) ou nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) principalmente, ou como produto de sua assimilação, em geral aminoácido (MALAVOLTA, 2006). A maior parte do  $\text{NH}_4^+$  absorvido é, geralmente, assimilado nas raízes ou transportado para a parte aérea como tal, e, o  $\text{NO}_3^-$  uma vez ativada a enzima “redutase do nitrato” tem-se a redução do  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{NH}_4^+$ , podendo ocorrer nas raízes e principalmente nas folhas, nesse contexto no transporte a longa distância os nutrientes não são necessariamente transportados na forma iônica absorvida, podendo ser levados na forma orgânica em compostos de baixo peso molecular (N-aminoácidos).

O N é facilmente redistribuído nas plantas via floema, na forma de aminoácidos, principalmente (asparagina), onde entrarão no metabolismo normal do nitrogênio. Logo, quando o suprimento de N pelo meio é insuficiente, o N das folhas velhas é mobilizado para os órgãos e folhas mais novas, e consequentemente, plantas deficientes em N mostram os sintomas primeiramente nas folhas velhas.

Algumas espécies, em particular as de ciclo curto e folhosas, apresentam alta exigência de disponibilidade de nitrogênio. Em resposta o N tem fácil redistribuição

na planta via floema, logo, plantas em estado de deficiência mostram os sintomas inicialmente nas folhas velhas, em decorrência do decréscimo no teor de clorofila.

Todavia a longevidade das folhas pode ser modificada pela falta de N, que é um elemento móvel deslocando-se para as partes novas da planta, provocando senescência precoce das partes mais velhas (BUSATO, 2007), e como consequência retarda o crescimento da planta (ALMEIDA et al., 2011).

No entanto, de acordo com Yamada (2004), o excesso de nitrogênio pode favorecer doenças fúngicas, principalmente nos casos onde fósforo e potássio estiverem em níveis baixos, pois há a produção excessiva de tecidos jovens, podendo prolongar o estágio vegetativo e/ou retardar a maturidade da planta, criando condições favoráveis ao ataque de patógenos.

#### **2.4 Nitrato na saúde humana e na qualidade das hortaliças**

Atualmente, o consumo de produtos *in natura*, como as hortaliças folhosas têm gerado algumas preocupações sobre a segurança alimentar da população e a qualidade do produto ofertado nos mais diversificados nichos de mercado.

Dentre os alimentos, os vegetais são a principal fonte de ingestão de nitrato, contribuindo com cerca de 50% do total ingerido pelo homem (SCHRÖDER; BERO, 2001). No processo de ingestão o excesso de nitrato na planta é transformado através de reações bioquímicas, onde o nitrato sofre ação microbiana ou enzimática na saliva e é reduzido a nitrito, o qual, por sua vez, reage com aminas e forma compostos N-nitrosos, como as nitrosaminas, que são substâncias carcinogênicas prejudiciais à saúde humana (MENGEL; KIRKBY, 1987; MANCIN, 2012).

Conforme Barros Júnior et al. (2009), ainda não há um limite de tolerância ao nitrato bem definido, e as pesquisas ainda são muito divergentes entre os autores que discutem o assunto na literatura científica, assim como, não existe uma faixa de teor de nitrato nas folhas de rúcula definida como adequada, dentre as hortaliças folhosas, a alface tem destaque nesse sentido.

De acordo com o comitê Conjunto FAO/WHO de Peritos em Aditivos Alimentares (JECFA) estabeleceu para o nitrato uma ingestão diária aceitável de até 5,0 mg kg<sup>-1</sup> de massa corpórea (WHO, 1976).

Considerando-se que a rúcula seja produzida com acúmulo máximo de nitrato de 2.500 mg  $\text{NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$  da massa fresca, e que a FAO/WHO considera como admissível uma dose diária de 3,65 mg do íon nitrato por kg de massa corpórea humana, uma pessoa com massa de 70 kg poderia consumir, diariamente, até 102,2 gramas de massa fresca para não ter risco à saúde.

O conteúdo de nitrato na planta varia de acordo com as quantidades, formas e fonte de fertilizantes fornecidas, e também o tipo de sistema de cultivo, a disponibilidade de molibdênio, assim como a temperatura.

Logo, o suprimento de nitrogênio é o fator nutricional mais importante na determinação do acúmulo de nitrato, pois influencia de maneira positiva na produção de hortaliças. Em razão disso, seu uso é na maioria das vezes, excessivo, possibilitando o consumo de luxo com efeitos negativos na qualidade química das hortaliças (MAYNARD et al., 1976; FAQUIN et al., 1994).

Dentre os fatores ambientais, a intensidade luminosa parece ser o mais marcante no acúmulo de nitrato em plantas. A explicação para esse acúmulo, que ocorre na ausência de luz ou baixa intensidade luminosa, é que nessas condições não haveria nos cloroplastos um fluxo de elétrons via ferredoxina o suficiente para a atividade da redutase do nitrato no citoplasma, acumulando, assim, o  $\text{NO}_3^-$  absorvido. Dessa maneira, em plantas cultivadas em campo, em vasos, ou em hidroponia, ocorre um acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  durante a noite e redução de seu teor durante o dia (FAQUIN; ANDRADE, 2004).

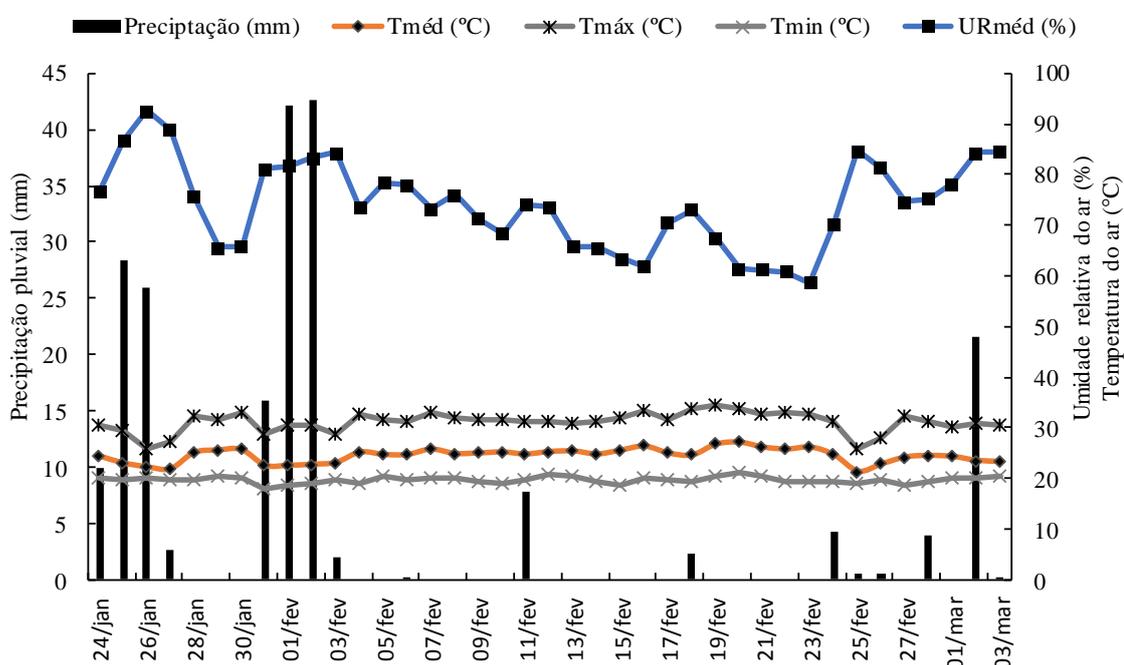
Algumas metodologias têm sido estudadas no significado de reduzir o teor de nitrato em hortaliças, como, por exemplo, adequar à adubação nitrogenada, colher as plantas em horários de menor acúmulo, atentar para as condições de armazenamento, selecionar cultivares com menor potencial de acúmulo e controlar os efeitos ambientais, buscando ativar o processo assimilatório, e reduzindo o acúmulo de nitrato (BYRNE et al., 2002).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização geográfica e localização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo na Universidade Estadual Paulista, UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP, no período compreendido entre 24 de janeiro e 3 de março de 2017, cujas coordenadas geográficas são 21°15'22" Sul, 48°18'58" Oeste, e altitude de 575 metros.

Relativo ao período experimental, os dados climatológicos de temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), umidade relativa média do ar (%) e a precipitação pluvial (mm), foram obtidos na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas, da UNESP, Câmpus de Jaboticabal (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa média do ar (%), no período experimental. Fonte: Estação Agroclimatológica da Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

As temperaturas máxima, mínima e média do ar, durante o período de condução do experimento, foram de 31,2; 19,7 e 24,5 °C, respectivamente. A umidade relativa máxima foi de 92,8% e a mínima de 45,2%, enquanto a umidade

relativa média durante o experimento foi de 74,14%. A precipitação pluvial, durante o período de condução do experimento, foi de 211 mm, em 17 dias de chuva.

O solo da área, segundo classificação da Embrapa (SANTOS et al., 2013), corresponde ao Latossolo Vermelho-eutrófico com textura muito argilosa (660 g kg<sup>-1</sup> de argila).

### 3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados seis tratamentos (0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de N). A fonte de N utilizada foi a ureia (45% de N).

Cada unidade experimental possuía 3,0 m de comprimento e 1,0 m de largura, totalizando uma área de 3 m<sup>2</sup>. A área útil para coleta de dados correspondeu aos 2 m<sup>2</sup> centrais, sendo que a bordadura foi representada por 0,5 m<sup>2</sup> do início e do fim de cada parcela.

### 3.3 Instalação e condução do experimento

Antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo para a obtenção de amostra composta e representativa da camada de 0-20 cm. Seguindo a metodologia proposta por Raij et al. (2001), os atributos químicos do solo foram: pH de 5,3; P = 9 mg dm<sup>-3</sup>; K = 5,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 42 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 3,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+ Al = 23 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 86,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 73 %; M.O = 27 g dm<sup>-3</sup>; B = 0,27 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 6,1 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 22 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 23,1 mg dm<sup>-3</sup> e Zn = 3,1 mg dm<sup>-3</sup>.

Considerando a saturação por base do solo de 73%, não houve necessidade da aplicação de calcário. A adubação de plantio foi realizada com base na análise de solo, seguindo-se a recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo, de Trani, Passos e Azevedo Filho (1997), que correspondeu à aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). Também, sobre o solo do canteiro foi pulverizado ácido bórico para fornecer 1 kg ha<sup>-1</sup> de B.

Quanto ao N, foram aplicados 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, exceto para as plantas pertencentes ao tratamento com dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em cobertura, somente N foi aplicado e na quantidade a completar o total estabelecido nos tratamentos. Esse restante de N foi dividido igualmente em parcelas aplicadas aos 10 e 17 DAE.

O preparo do solo constou da aplicação de herbicida para eliminação de plantas daninhas, seguidas de uma aração e duas gradagens, e em seguida foram preparados canteiros com 0,30 m de altura, com rotocanteiradora.

A cultivar de rúcula 'Folha Larga' foi semeada diretamente no solo dos canteiros, em sulcos de aproximadamente 0,01 a 0,015 m de profundidade, espaçada entre si em 0,25 m, e cada parcela constituída por doze linhas transversais ao comprimento do canteiro. A emergência das plântulas ocorreu três dias após a semeadura. Foram realizados dois desbastes para adequar o espaçamento entre plantas em 0,05 m, sendo um aos 4 dias após a emergência (DAE), quando as plantas tinham, em média, 0,03 m de altura, e outro aos 10 DAE. A irrigação foi realizada por aspersão, conforme as necessidades hídricas da cultura.

### **3.4 Características avaliadas**

As avaliações foram realizadas em quatro conjuntos de plantas (10 plantas) colhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada parcela, e levadas ao Laboratório de Produtos Hortícolas da UNESP, para determinação das seguintes características: altura; número de folhas; área foliar; massa seca da parte aérea aos 20 e 35 DAE; massa fresca da parte aérea, produtividade, teor de nitrogênio e teor de nitrato foram obtidos somente aos 35 DAE.

#### **3.4.1 Altura da planta (cm), número de folhas e área foliar (cm<sup>2</sup> por planta)**

A altura da planta foi determinada com auxílio de uma régua milimetrada, medindo-se a 0,5 cm acima do colo da planta até a folha mais alta. O número de folhas foi obtido pela contagem de folhas por planta. A área foliar foi determinada através de um integrador de área foliar LI-COR 3100.

### **3.4.2 Massa fresca e massa seca da parte aérea (g por planta)**

A massa fresca e seca da parte aérea foi tomada da mesma amostra, na qual se determinou a altura de plantas, realizando a pesagem da planta inteira em balança semi-analítica.

### **3.4.3 Produtividade (kg m<sup>2</sup>)**

A produtividade foi estimada através do produto da massa de matéria fresca pelo número de plantas utilizadas em um metro quadrado (80 plantas).

### **3.4.4 Teor de nitrogênio (g kg<sup>-1</sup>)**

O teor de nitrogênio foi determinado a partir das plantas utilizadas na obtenção massa seca da parte aérea. Seguindo a metodologia de Carmo et al (2000), as quais foram lavadas em água deionizada, em seguida colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar e mantida em temperatura variando de 65°C a 70 °C até obtenção de massa constante. Após a secagem, o material foi moído e pesado (0,1 g), e em seguida digerido e, a partir de então, determinou-se o teor de N em extratos obtidos pela digestão sulfúrica.

### **3.4.5 Teor de nitrato (g kg<sup>-1</sup>)**

Para avaliação do teor de nitrato, foram coletadas 6 folhas recém-desenvolvidas do terço médio da planta, de seis plantas ao acaso, da área útil de cada parcela no período da manhã entre 05h30 as 06h30.

A extração do íon NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foi feita com água deionizada, seguida de destilação dos extratos em microdestilador Kjeldahl (BREMNER; KEENEY, 1965) e titulação do destilado, conforme procedimento descrito por Mantovani et al. (2005a).

Para extração do nitrato foi pesado 0,2 g de matéria seca e em seguida estes foram transferidos para frascos de plástico com tampa de pressão e capacidade de 100 mL. Na mesma amostra adicionou 20 mL de água, que foram submetidas, por

60 minutos, a períodos de agitação a cada 15 min, em banho-maria com temperatura em torno de 60 °C, seguidas de 15 minutos de repouso.

Após a extração, o material foi filtrado em papel-filtro de filtragem rápida e foi feita a destilação dos extratos em microdestilador. Como uma adaptação para tecido vegetal, empregaram-se 5 mL de extrato, 0,2 g de MgO e 0,4 g de liga de Devarda, para que todo o nitrato da amostra fosse convertido a amônio em uma única destilação. Na saída do condensador do aparelho de destilação, foi colocado um erlenmeyer com capacidade para 125 mL, contendo 10 mL de solução de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  e  $20 \text{ g L}^{-1}$  com mistura de indicadores (verde de bromocresol e vermelho de metila).

A seguir, foi feita a quantificação de N na forma de amônio do destilado por meio de titulação com solução padronizada de  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,00263 \text{ mol L}^{-1}$ .

### **3.5 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e realizou-se o estudo de regressão para avaliar o ajuste das médias obtidas ao incremento das doses de nitrogênio. As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2011).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características analisadas foram influenciadas pelas doses de nitrogênio (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para altura da planta (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA), em função da dose de nitrogênio aos 20 dias após a emergência das plântulas.

N (kg ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)	NF (folhas planta)	AF (cm <sup>2</sup> planta)	MSPA (g planta)
	Médias			
0	8,50	4,40	34,96	0,14
50	9,84	5,05	56,21	0,23
100	12,38	5,52	83,92	0,42
150	12,07	5,45	81,07	0,39
200	12,80	5,90	95,57	0,52
250	13,10	5,90	100,86	0,41
Teste F	18,09**	12,27**	15,92**	29,56**
CV (%)	7,58	6,22	16,71	14,86

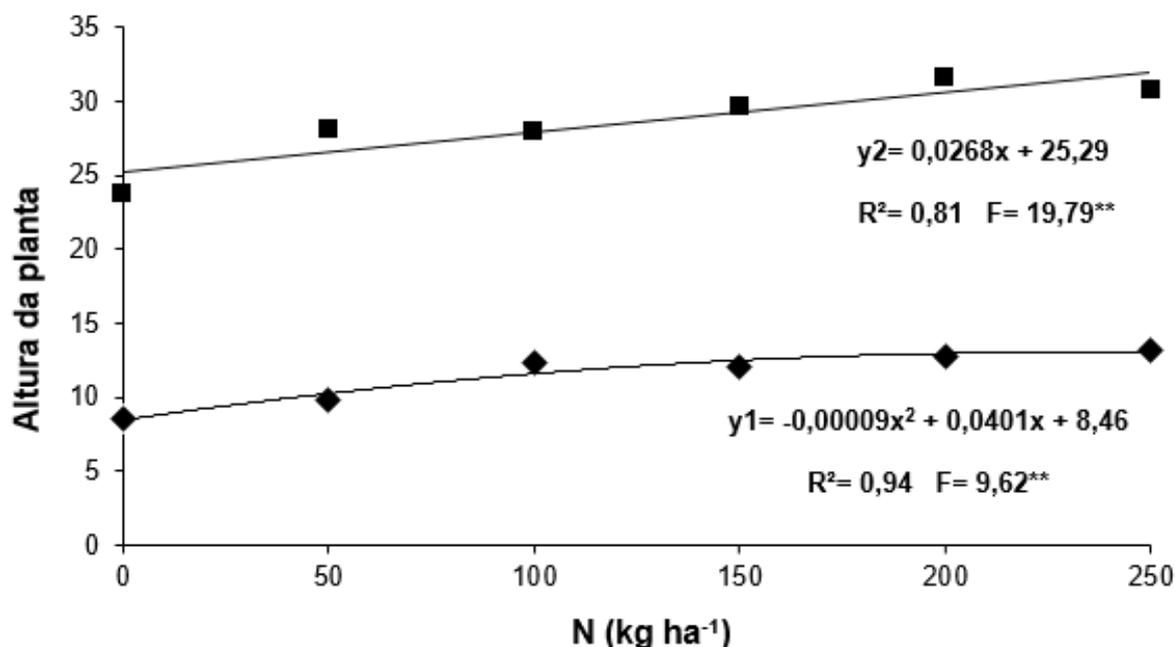
\*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade (PROD), teor de nitrogênio (N) e teor de nitrato na massa seca da parte aérea (NIT), em função da dose de nitrogênio aos 35 dias após a emergência das plântulas.

N (kg ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)	NF (folhas planta)	AF (cm <sup>2</sup> planta)	MFPA (g planta)	MSPA (g planta)	PROD (kg m <sup>-2</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	NIT (g kg <sup>-1</sup> )
	Médias							
0	23,75	7,10	272,46	19,80	1,50	1,43	22	1,04
50	28,15	9,77	431,09	41,54	2,30	3,96	22	1,62
100	28,01	10,45	489,68	44,13	2,83	3,9	20,30	1,21
150	29,60	10,80	502,68	44,51	3,06	3,56	25,30	1,86
200	31,55	10,29	526,42	54,00	3,94	4,32	25,13	1,73
250	30,76	11,80	579,28	60,50	4,20	4,84	30,48	2,20
Teste F	4,85**	3,96*	5,26**	14,87**	25,01**	22,75**	27,54**	NS
CV (%)	8,80	16,06	19,95	16,35	13,41	13,47	5,74	41

\*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), \*significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); NS = Não significativo.

Para a altura da planta de rúcula, verificou-se ajuste quadrático aos 20 dias após a emergência (DAE), enquanto aos 35 DAE houve melhor ajuste de equação linear em função da dose de N (Figura 2).



**Figura 2.** Altura da planta de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 20 (y1) e 35 (y2) dias após a emergência de plântulas. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

No primeiro período de avaliação do crescimento da rúcula, o incremento em altura foi pequeno, diferentemente do observado aos 35 DAE, ou seja, quando avaliada aos 20 DAE, o incremento na altura da rúcula de zero à 226,7 kg ha<sup>-1</sup> de N (dose que proporcionou a máxima altura nesta época), foi de 2,0 cm a cada 100 kg de N aplicado, e atingiu 2,7 cm para cada 100 kg de N no período de 20 a 35 DAE.

Aos 35 DAE, época em que se realizou a colheita e encerramento da cultura, as alturas mínima e máxima da rúcula foram obtidas com as doses 0 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de N, cujos valores foram 25,3 e 32 cm, respectivamente.

Observa-se que a dose máxima em ambas as épocas apresentou maior altura de plantas em relação a ausência na aplicação de nitrogênio, demonstrando que a adubação nitrogenada promoveu maior desenvolvimento das plantas de rúcula, garantindo ótimas características quanto ao tamanho e coloração das folhas, sendo que o aspecto visual é interessante na comercialização dessa hortaliça.

Nota-se, que as maiores doses de N resultaram maior efeito na altura da planta na segunda metade do ciclo de cultivo. A altura obtida nas menores doses de nitrogênio nas duas épocas avaliadas possivelmente relaciona-se com a baixa disponibilidade desse nutriente no solo, induzindo ao menor crescimento da planta devido à menor atividade meristemática da parte aérea.

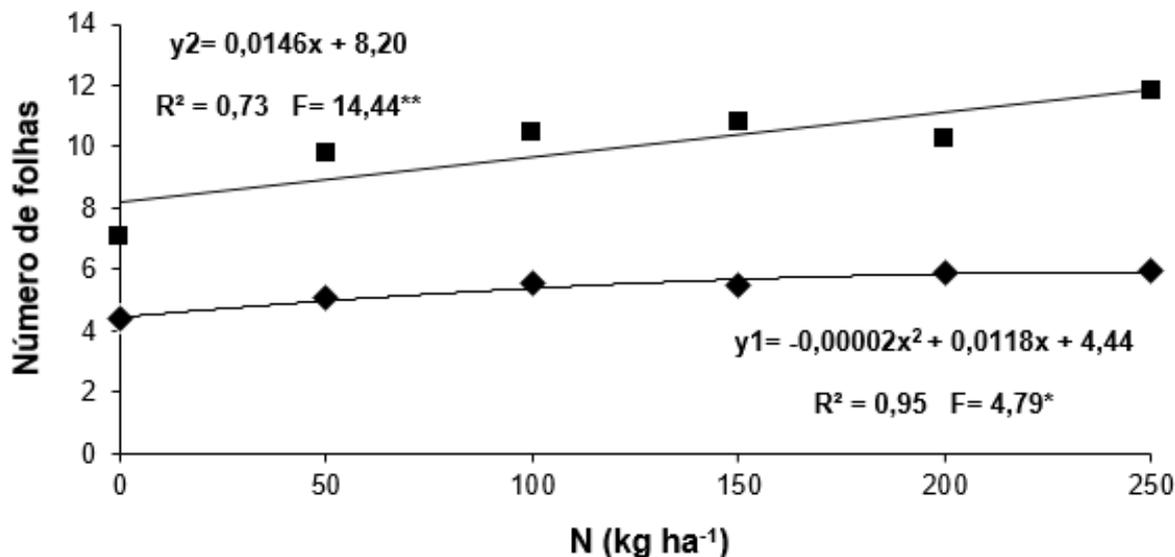
No presente trabalho, a maior altura de planta (32 cm) foi obtida com 250 kg ha<sup>-1</sup> de N, justificada pela importante função do nitrogênio na planta, e sua participação na síntese de clorofila, portanto, a sua deficiência interfere diretamente no processo de fotossíntese (REIS et al., 2006), logo o crescimento da planta é regulado por este processo que otimiza a produção e utilização de fotoassimilados, e a deficiência de nitrogênio induz a redução no crescimento. Purquerio et al. (2007), no cultivo de rúcula a campo avaliando doses de N, que variaram de 0 a 240 kg ha<sup>-1</sup>, obtiveram maior altura de plantas com 191,5 kg ha<sup>-1</sup>, correspondente a 24,8 cm, confirmando o efeito positivo do N à medida que se aumenta a dose de N aplicada.

Não foi realizada avaliação de raízes, mas, há relatos de que o nitrogênio em quantidades adequadas pode favorecer o desenvolvimento da raiz, pelo o fato do crescimento da parte aérea aumenta a área foliar e a fotossíntese e, com isso, maior fluxo de carboidratos para a raiz favorecendo seu crescimento em função da maior área de contato com o fertilizante. Nesse sentido, Silveira et al. (2011) observaram efeito significativo isolado da adubação nitrogenada na produção de massa seca de raiz cuja equação se ajustou ao modelo quadrático.

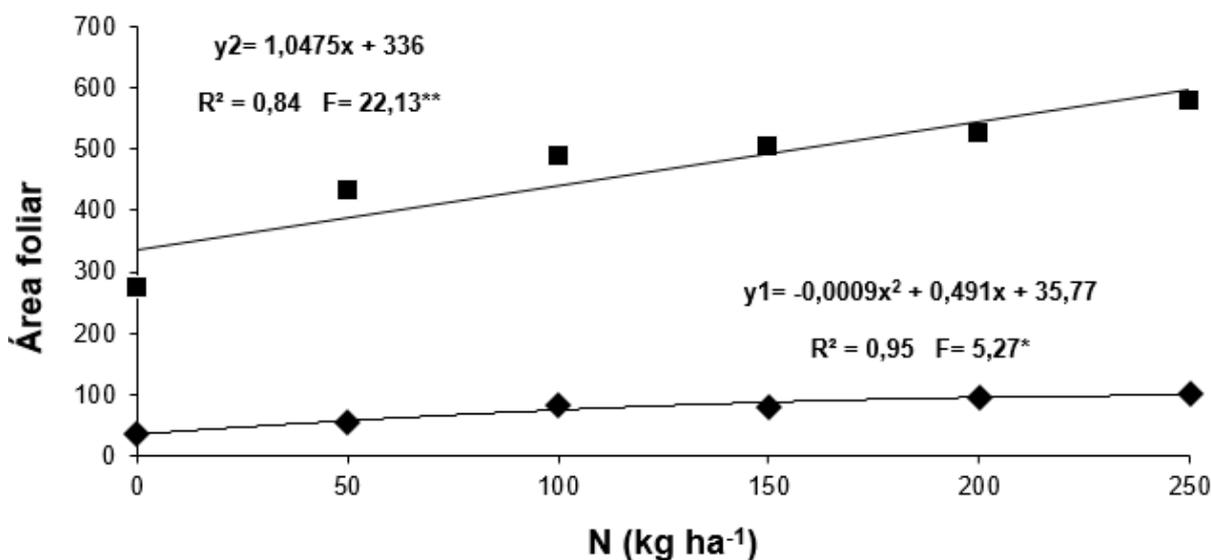
Assim como para altura, verificaram-se ajustes quadrático e linear do número de folhas em resposta a doses de N aos 20 e 35 DAE, respectivamente (Figura 3).

Aos 20 DAE, sem aplicação de N, a planta apresentou 4,4 folhas e com 250 kg ha<sup>-1</sup> de N o máximo estimado de folhas foi de 5,9 folhas por planta. Na colheita, com 0 e com 250 kg ha<sup>-1</sup> de N, foram obtidas plantas com 8,2 e 11,8 folhas por planta, respectivamente, demonstrando assim, como verificado para altura, resposta da planta ao fornecimento de N (Figura 3). Nos últimos 15 dias de ciclo, a rúcula dobrou o número de folhas, com a maior dose de N. Os valores foram maiores ao descrito por Mancin (2012), que encontrou máximo de 6,4 folhas por planta, aos 30 dias após a semeadura, com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Semelhantemente ao verificado para altura e número de folhas, a área foliar apresentou ajustes quadrático e linear aos 20 e 35 DAE (Figura 4).



**Figura 3.** Número de folhas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 20 (y1) e 35 (y2) dias após a emergência de plântulas. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), \*significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).



**Figura 4.** Área foliar de plantas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 20 (y1) e 35 (y2) dias após a emergência de plântulas. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), \*significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Nas Tabelas 1 e 2 é possível verificar também que as doses de nitrogênio apresentaram efeitos significativos sobre a área foliar nas duas épocas de amostragem. Aos 35 DAE com as doses de 0 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de N foram verificados a menor e a maior área foliar, sendo de 336 e 597,9 cm<sup>2</sup>, respectivamente, em função da maior disponibilidade de nitrogênio que coincide com o período de maior demanda nutricional, esses valores foram superiores ao avaliado aos 20 DAE, 35,8 e 99,3 cm<sup>2</sup> com as doses de 0 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de N. Sem o fornecimento de N, a área foliar equivaleu a 36 e 56 % dos máximos valores obtidos aos 20 e 35 DAE, respectivamente.

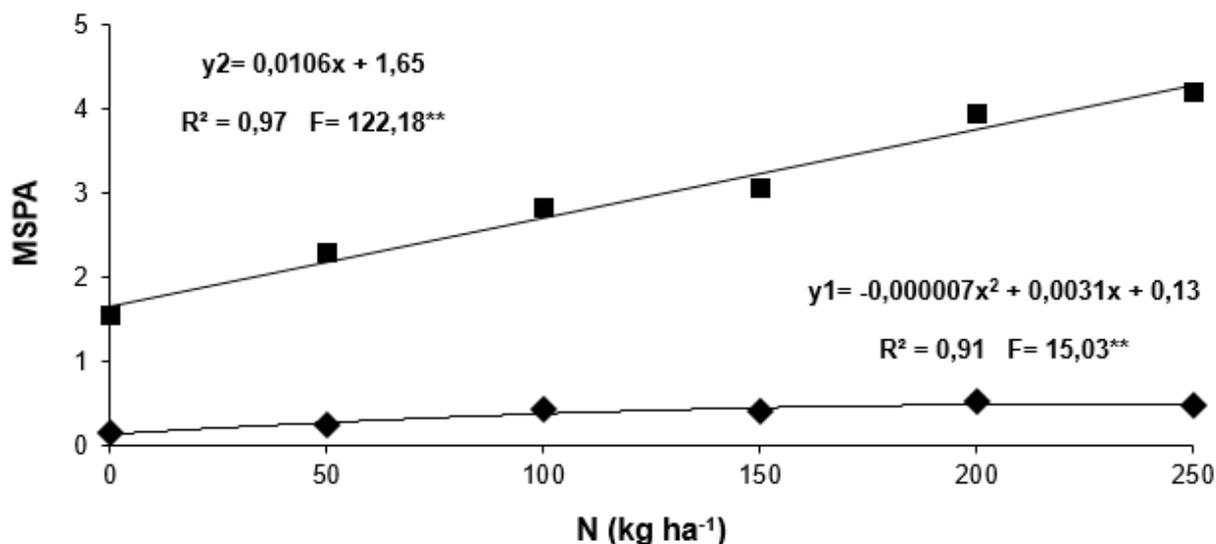
A rúcula caracteriza-se por apresentar crescimento inicial lento, tendo maior exigência nutricional no final do ciclo, com isso, as melhores respostas foram obtidas aos 35 dias após a emergência, que, de acordo do Grangeiro et al. (2011), é o período que coincide com a maior demanda nutricional da cultura e também é o momento em que a planta atinge o máximo de área foliar.

Na colheita, observou-se que a área foliar acompanhou o aumento das doses de N (Figura 4), e visualmente as plantas em campo não mostraram sintomas de fitotoxicidade nas doses aplicadas. Aguiar Júnior et al. (2010), avaliando doses de N na biometria da rúcula, verificaram o aumento na área foliar até a dose estimada de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, e menores alturas a partir desta dose.

A avaliação da massa seca da parte aérea é um importante parâmetro, pois, conforme Porto et al. (2014), demonstra o acúmulo de biomassa vegetal em função da maior produção de aminoácidos e assimilados de carbono da fotossíntese proporcionada pelo ótimo fornecimento e absorção de nutrientes pela planta.

A produção de massa seca da parte aérea foi baixa nos primeiros 20 DAE (ajuste quadrático), a partir de então, aumentou linearmente na avaliação realizada aos 35 DAE com as mesmas doses. Com isso, sem o fornecimento de N e com a aplicação de 221 kg ha<sup>-1</sup> de N foram obtidas a menor (0,13 g) e maior (0,47 g), produção de massa seca da parte aérea, aos 20 DAE (Figura 5). Nesta época, foi acumulado 0,47 g que correspondeu a 11% do máximo obtido com a mesma dose de N aos 35 DAE. Aguiar Júnior et al. (2010) verificaram que houve efeito da adubação nitrogenada na rúcula, com mesmo ajuste de equação, e observaram o

aumento da massa seca da parte aérea ocorreu até 190 kg ha<sup>-1</sup> de N, e a partir desta iniciou-se diminuição na produção de massa seca.



**Figura 5.** Massa seca da parte aérea de plantas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 20 (y1) e 35 (y2) dias após a emergência de plântulas. \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

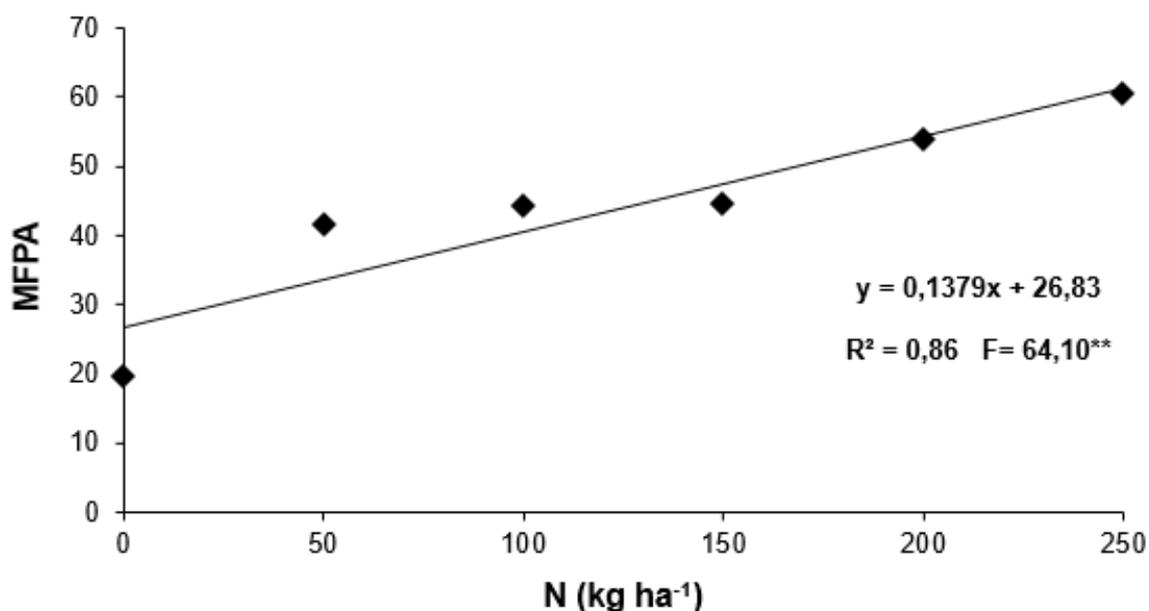
Na colheita, aos 35 DAE, as plantas de rúcula responderam em aumento linear sobre a massa seca da parte aérea em função às doses de N. O maior acúmulo (4,3 g) foi obtido com 250 kg ha<sup>-1</sup>, correspondendo a um incremento de 160% na massa seca em relação a não aplicação de N (1,6 g). Purquerio et al. (2007) verificaram que a massa seca da parte aérea das plantas foi influenciada significativamente pela dose de N, ocorrendo aumento até 200 kg ha<sup>-1</sup>, no cultivo de campo. O grande incremento de massa seca de parte aérea no final do ciclo também foi observado por Grangeiro et al. (2011). De acordo com estes autores, nos últimos cinco dias de ciclo (25 e 30 dias após a semeadura) o crescimento é acelerado, e cerca de 56% do total da massa seca da parte aérea foi acumulado pela planta.

A área foliar e massa seca da parte aérea (Figuras 4 e 5) apresentaram valores similares aos observados por Purquerio et al. (2007). Os autores notaram que de 25 aos 31 dias após a semeadura (DAS) a área foliar e massa seca da parte aérea mais que dobraram em todos os tratamentos e que de 31 aos 37 DAS quase

dobraram novamente, indicando que a partir de 25 DAS o aumento da área foliar e da massa seca da parte aérea da planta ocorre com maior intensidade.

As respostas positivas na altura, número de folhas e área foliar ao incremento no fornecimento de N complementaram-se, sendo importantes para o acúmulo em massa seca. Esses resultados ocorrem em função da alta atividade metabólica, justificado pelo N está presente e influenciar na maioria dos processos fisiológicos que ocorrem nas plantas, como a síntese protéica e fotossíntese, definindo-o como o nutriente que mais limita a produção de biomassa vegetal (YONG et al., 2010), o que é explicado pelo aumento da capacidade fotossintética da planta e também por manter a folha verde por mais tempo.

Maiores doses de N proporcionaram aumento de massa fresca da parte aérea de plantas, aos 35 DAE, respondendo em função linear (Figura 6).



**Figura 6.** Massa fresca da parte aérea de plantas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 35 dias após a emergência de plântulas. \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

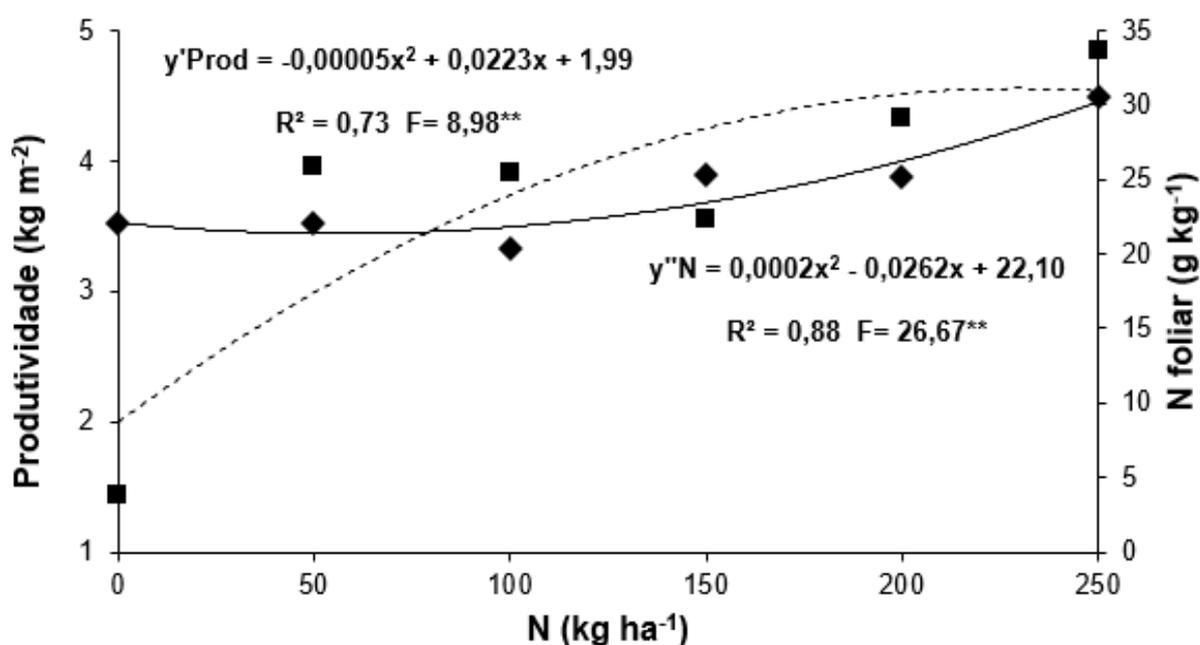
A aplicação das doses de N promoveu o aumento significativo na produção de rúcula atingido maior massa fresca com a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> (61,3 g), valor até duas vezes maior que o encontrado no tratamento controle (26,8 g). Estes resultados evidenciam a influência direta do nitrogênio no metabolismo fisiológico das plantas, na formação de compostos nitrogenados e proteínas, que são

essenciais para que a planta expresse seu potencial agrônômico (NASCIMENTO et al., 2017).

Quando não se aplicou nitrogênio, o incremento na massa fresca foi de 43,7% do total produzido com 250 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os resultados concordam com os de Aguiar Júnior et al. (2010) que, estudando o efeito do N em rúcula, observaram aumento de massa fresca até 210 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Os resultados para massa fresca da parte aérea foram próximos aos verificados por Purquerio et al. (2007), uma vez que os autores observaram que o incremento das doses de nitrogênio motivou o aumento da massa fresca até a dose estimada de 240 kg ha<sup>-1</sup> no cultivo de campo.

Em relação à produtividade da rúcula (Tabela 2), a análise de variância indicou resposta significativa da rúcula às doses de N, com ajuste quadrático para as médias de produtividade (Figura 7).



**Figura 7.** Produtividade (- - -) e teor de nitrogênio (—) na parte aérea de plantas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 35 dias após a emergência de plântulas. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

A máxima produtividade estimada da cultura (4,53 kg m<sup>-2</sup>) foi obtida com 223 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo superior em 126% à produtividade da cultura não adubada com N (2,0 kg m<sup>-2</sup>). Purquerio et al. (2007), em condições de campo, obtiveram máxima

produtividade de rúcula 'Cultivada', 3 kg m<sup>-2</sup>, aos 37 dias após a semeadura, com 240 kg ha<sup>-1</sup>.

As doses de nitrogênio promoveram aumento no teor de N-total da matéria seca na planta inteira aos 35 DAE (Figura 7). Com 250 kg ha<sup>-1</sup> de N foi obtido o máximo teor de 30,5 g kg<sup>-1</sup> na planta. Entretanto, este teor é superior ao encontrado para máxima produtividade (26,2 g kg<sup>-1</sup>), podendo caracterizar consumo de luxo de N pela planta de rúcula. Portanto, a fertilização nitrogenada refletiu positivamente no teor foliar de N e, conseqüentemente, na biometria da rúcula.

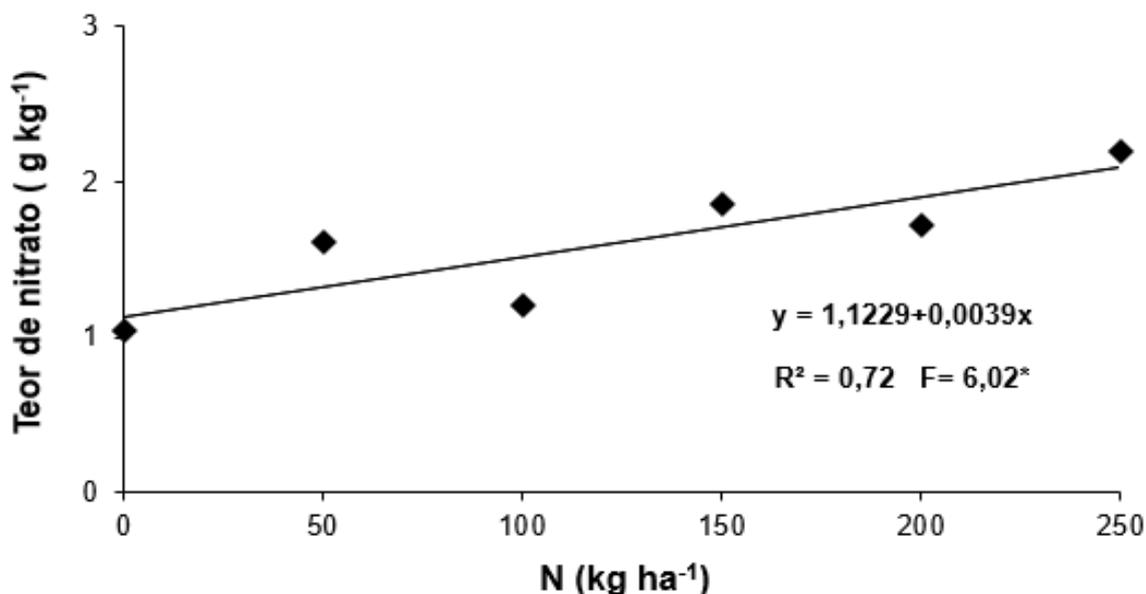
Sintomas de deficiência de nitrogênio foram observados nas plantas de rúcula adubadas com até 100 kg ha<sup>-1</sup> de N. As plantas apresentaram tamanho reduzido, sem cobertura plena do solo, pecíolos curtos e com cor púrpura, com maiores intensidades dos sintomas em menores doses, provavelmente trata-se de uma desordem nutricional a ser explicado pela baixa disponibilidade de nitrogênio no solo. Esses sintomas também foram descritos por Souza et al. (2011). De acordo com Purquerio et al. (2007), a deficiência de nitrogênio na cultura da rúcula induz menor crescimento das plantas, o que também foi relatado por Barboza (2014), principalmente nas plantas que não receberam adubação.

A adubação nitrogenada promoveu aumento linear das quantidades acumuladas de nitrato na parte aérea de rúcula aos 34 DAE (Figura 8), o que corrobora com Mantovani et al. (2005b) e Purquerio et al. (2007).

Com a adubação nitrogenada crescente, verificou-se acréscimo de 86% no teor de nitrato na parte aérea da rúcula ao comparar a maior com a menor dose, quando não se realizou adubação de N na cultura o teor de nitrato foi de 1,1 g kg<sup>-1</sup> de massa seca. Assim sendo, é possível afirmar que o conteúdo de nitrato verificado nas maiores doses está relacionado com a maior disponibilidade do nitrogênio no sistema de cultivo.

Com o aumento das doses de N verificou-se que o teor de nitrato nas folhas de rúcula aumentou consideravelmente. O teor máximo de nitrato estimado foi de 2,1 g kg<sup>-1</sup> de massa seca obtido com aplicação da dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de N, vale ressaltar que para a cultura em estudo não há uma faixa definida como adequada para nitrato. Que corrobora com os resultados obtidos por Barros Júnior et al.

(2009), que com a dose de  $195 \text{ kg ha}^{-1}$  de N obtiveram o máximo valor de  $13,29 \text{ g kg}^{-1}$  de massa seca, o que corresponde a  $0,93 \text{ g kg}^{-1}$  de massa fresca.



**Figura 8.** Teor de nitrato em plantas de rúcula em função de doses de nitrogênio, aos 34 dias após a emergência de plântulas. \*Significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Em relação ao máximo teor foliar de nitrato em folhas de rúcula de  $2,1 \text{ g kg}^{-1}$  de massa seca (Figura 8), é um teor que corresponde a  $146 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa fresca, e de acordo com a comunidade Européia está muito abaixo do limite máximo tolerável estabelecido ( $2,50 \text{ g kg}^{-1}$  de massa fresca) (MCCALL; WILLUMSEN, 1998), esse teor é 17 vezes inferior ao limite máximo admissível como prejudicial para a saúde, visto que acima desse teor o nitrato pode formar compostos mutagênicos e cancerígenos.

O suprimento de nitrogênio é o fator nutricional mais importante na determinação do acúmulo de nitrato. Diante disso, as doses do fertilizante nitrogenado não favoreceram o acúmulo de nitrato nas folhas, logo, as plantas colhidas estavam dentro dos padrões estabelecidos como aceitável, pois, o teor é um parâmetro importante na avaliação de qualidade das hortaliças folhosas quanto à segurança alimentar.

Observou-se certa variação obtida nos teores de nitrato na massa seca das folhas evidenciada pelo alto coeficiente de variação (Tabela 2), e que também foi

verificado por (MANTOVANI et al., 2005a). Isso ocorre porque é um parâmetro que varia muito na planta e no solo, e em função da presença de outros fatores como a temperatura, intensidade luminosa, época de cultivo, posição da folha e outros. No geral a presença do nitrato está relacionada com a disponibilidade do fertilizante nitrogenado no solo, que posteriormente em excesso promove o acúmulo do nitrato na planta, pois há desequilíbrio entre a absorção e a assimilação do íon, sendo que as quantidades excedentes são armazenadas nos vacúolos.

De acordo com Schröder e Bero (2001), uma das preocupações com a elevação do nitrato no organismo humano é que a causa desse acréscimo é 50% oriundo das hortaliças, que ao ser utilizado na alimentação pode constituir-se em sério problema para a saúde humana devido à produção de substâncias carcinogênicas.

## 5 CONCLUSÃO

As doses crescentes de nitrogênio pronunciaram-se positivamente sobre a altura de plantas, número de folhas, área foliar, massa fresca e seca da parte aérea.

A dose de nitrogênio que proporcionou o maior aproveitamento do N do fertilizante pela rúcula foi de 223 kg ha<sup>-1</sup>, alcançando uma produtividade máxima de 4,53 kg m<sup>-2</sup>.

A aplicação da adubação nitrogenada resulta no aumento dos teores de nitrogênio na matéria seca das plantas de rúcula até a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup>, sem maiores incrementos na produtividade.

O teor de nitrato na parte aérea de rúcula aumentou com o suprimento na dose de nitrogênio.

O teor de nitrato na dose que maximiza a produtividade não é uma característica que prejudica a qualidade da rúcula.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR JÚNIOR, R. A.; GUISTEM, J. M.; SILVA, A. G. P.; FIGUEIREDO, R. T.; CHAVES, A. M.; PAIVA, J. B. P. de; SANTOS, F. N. dos. Interferência de doses de nitrogênio na produção de área foliar, biomassa fresca e seca de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. S3970–S3974, 2010.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 95–102, 2007.

ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J.C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Biotemas**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 27–36, 2011.

ALVES, C. Z.; SÁ, M. E. Avaliação do vigor de sementes de rúcula pelo teste de lixiviação de potássio. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 108–116, 2010.

ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; RODRIGUES, J. O.; LOPES, F. B. Impacto da lixiviação de nitrato e cloreto no lençol freático sob condições de cultivo irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 88–95, 2009.

ARAÚJO, A. R.; CARVALHO, L. N.; GUILHERME, L. R. G.; CURTI, N.; MARQUES, J. J. Movimentação de nitrato e Amônio em colunas de solo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 537–541, 2004.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. Fontes e métodos de aplicação de nitrogênio em feijoeiro Irrigado submetido a três níveis de acidez do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 785–792, 2004.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Software AgroEstat** – Sistema de análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2011.

BARBOZA, E. **Adubação nitrogenada para consórcio de alface e rúcula**. 2014. 44 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014.

BARROS JÚNIOR, A. P.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; PÔRTO, D. R. Q.; PRADO, R. M.; SILVA, G. S. Teor de nitrato em consórcio de alface e rúcula em diferentes adubações nitrogenadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 1013–1018, 2009.

BJÖRKMAN, M.; KLINGEN, I.; BIRCH, A. N. E.; BONES, A. M.; BRUCE, T. J. A.; JOHANSEN, T. J.; MEADOW, R.; MOLMANN, J.; SELJASEN, R.; SMART, L. E.; STEWART, D. Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health--influences of climate, environment and agronomic practice. **Phytochemistry**, New York, v. 72, n. 7, p. 538–556, 2011.

BONO, J. A. M.; CONTREIRAS, D. P. A.; MAUAD, R. M.; ALBUQUERQUE, J. C.; YAMAMOTO, C. R.; CHERMOUTH, K. S.; FREITAS, M. E. Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Agrarian**, Dourados, v. 1, n. 2, p. 91–102, 2008.

BREMNER, J. M.; KEENEY, D. R. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by steam-distillation methods. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1965. p. 1191–1206.

BUSATO, C. **Características da planta, teores de nitrogênio na folha e produtividade de tubérculos de cultivares de batata em função de doses de nitrogênio**. 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa Minas Gerais, 2007.

BYRNE, C.; MAHER, M. J.; HENNERTY, M. J.; MAHON, M. J.; WALSH, P. A. **Reducing the nitrate content of protected lettuce**. Dublin: University College, 2002. 21 p.

CAMARGO, L. S. **As hortaliças e seu cultivo**. 3. ed. Campinas: Cargil, 1992. 252 p.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. **Informações Agrônomicas – IAC**, Campinas, n. 122, p. 12–14, 2008.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p. (Circular Técnica, 6).

CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B.; SOUZA, R. B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 5–9, 2004.

CECÍLIO FILHO, A. B.; MAIA, M. M.; MENDOZA-CORTEZ, J. W.; RODRIGUES, M. A.; NOWAKI, R. H. D. Épocas de cultivo e parcelamento da adubação nitrogenada para rúcula. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 3, p. 252–258, 2014.

COELHO, E. F.; COSTA, F. S.; SILVA, A. C.; CARVALHO, G. C. Concentração de nitrato no perfil do solo fertirrigado com diferentes concentrações de fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 263–269, 2014.

COSTA, C. M. F.; SEABRA JÚNIOR, S.; ARRUDA, G. R.; SOUZA, S. B. S. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Revista Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 93–102, 2011.

D'ALMEIDA, D. M. B. A. ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na chapada do Apodi, Ceará. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 615–621, 2005.

DYNIA, J. F.; SOUZA, M. D.; BOEIRA, R. C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 855–862, 2006.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, L. T. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1404–1411, 2010.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. p. 88.

FAQUIN, V.; MARQUES, E. S.; SANTOS, H. S.; DUBOC, E. Crescimento e concentração de nitrato em alface sob influência da relação  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$  e cloro na solução nutritiva e do horário de colheita. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Anais...** Petrolina, SBCS, 1994. p. 152–153.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 412 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 293 p.

FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: MELLO PRADO, R.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças.** Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, 2010. p. 45–62.

GRANGEIRO, L. C.; COSTA, K. R.; MEDEIROS, M. A.; SALVIANO, A. M.; NEGREIROS, M. Z.; BEZERRA NETO, F.; OLIVEIRA, S. K. L. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p.190–194, 2006.

GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, F.; NEGREIROS, M.; MARROCOS, S.; LUCENA, R.; OLIVEIRA, R. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p.11–16, 2011.

GRUTZMACHER, D. D.; GRUTZMACHER, A. D.; AGOSTINETTO, D.; LOECK, A. E.; ROMAN, R.; PEIXOTO, S. C.; ZANELLA, R. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 632–637, 2008.

HENZ, G. P.; MATTOS, L. M. **Manuseio pós-colheita de rúcula.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 7 p. (Comunicado Técnico, 64).

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, R. B.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D. Acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiros em Viçosa-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia, Consórcio Pesquisa Café, 2007.

MADEIRA, T. A.; FURLANI JUNIOR, E.; SANTOS, D. M. A.; MARTINS, L. E. C.; FERRARI, S.; ALPE, V. Avaliação da altura de plantas e número de ramos produtivos de acordo com aplicação de doses crescentes em três épocas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 33., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2007. p. 318–319.

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

MANCIN, C. A. **Produtividade e teor de nitrato de alface e rúcula em cultivo consorciado e monocultivo em função da adubação com N-ureia e esterco bovino**. 2012. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012.

MANTOVANI, J. R.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARBOSA, J. C. Comparação de procedimentos de quantificação de nitrato em tecido vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 53–59, 2005a.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 758–762, 2005b.

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa: AEAGRI, 2007. 142 p. (Caderno Didático, 38).

MAYNARD, D. N.; BARKER, A. V.; MINOTTI, P. L.; PECK, N. H. Nitrate accumulation in vegetables. **Advances in Agronomy**, Maryland Heights, v. 28, p. 71–118, 1976.

MCCALL, D.; WILLUMSEN, J. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Warwick, v. 73, n. 5, p. 698–703, 1998.

MEDEIROS, M. C. L.; MARQUES, L. F.; MOREIRA, J. N.; MAIA, A. F. C. A.; CAVALCANTE NETO, J. G.; OLIVEIRA, S. K. L.; FERREIRA, H. A. Influência de substrato e adubação foliar na germinação e vigor de mudas de rúcula. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46., 2006, Goiânia. **Anais...** Brasília: Sociedade de Olericultura, 2006. p. 2421–2424.

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

MORALES, M.; JANICK, J. Arugula: A promising specialty leaf vegetable. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (Eds.) **Trends in new crops and new uses**. Alexandria: ASHS Press, 2002. p. 418–423.

NASCIMENTO, M. V.; SILVA JUNIOR, R. L.; 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. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 1, p. 65–71, 2017.

PIGNONE, D. Present status of rocket genetic resour sesand conservation activities. In: PADULOSI, S.; PIGNONE, D. **Rocket: a Mediterranean crop for the world**. Report of a Workshop.1996, Legnaro (Padova), Italy. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 1997. p. 2–12.

PIOVESAN, R. P.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V.; REISSMANN, C. B. Perdas de nutrientes via subsuperfície em colunas de solo sob fertilização mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 757–766, 2009.

PORTO, J. S.; AMORIM, Y. F.; REBOUÇAS, T. N. H; LEMOS, O. L.; LUZ, J. M. Q.; COSTA, R. Q. Índice SPAD e crescimento do tomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Scientia Plena**, Itabaiana, v. 10, n. 11, p. 1–8, 2014.

PREZOTTI, L. C. Fertilização do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. p. 607–615.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1986. p. 543.

PURQUERIO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2005.

PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BOA, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 464–470, 2007.

RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VAN DER VINNE, J. Efeito de densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo da rúcula. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 287–295, 2004.

REIS, A. R.; FURLANI JÚNIOR, E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 163–171, 2006.

REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; FABIO, C.; MARTINS, M. I. E. G. Análise econômica de cultivos consorciados de alface americana x rabanete: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 853–858, 2005.

RUZA, A.; SKRABULE, I.; VAIVODE, A. Influence of nitrogen on potato productivity and nutrient use efficiency. **Journal of Latvian Academy of Sciences**, Berlim, v. 67, n. 3, p. 247–253, 2013.

SALA, F. C.; ROSSI, F.; FABRI, E. G.; RONDINO, E.; MINAMI, K.; COSTA, C. P. Caracterização varietal de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 405, 2004.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 286 p.

SCHRÖDER, F. G.; BERO, H. Nitrate uptake of *Lactuca sativa* L. depending on varieties and nutrient solution in hydroponic system PPH. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 548, n. 67, p. 551–555, 2001.

SEDIYAMA, M. A. N.; SALGADO, L. T.; PINTO, C. L. O. Rúcula (*Eruca sativa*). In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Coords.). **101 culturas**: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 683–686.

SILVA, M. G.; ARF, O.; SÁ, M. E.; RODRIGUES R. A. F.; BUZETTI S. Nitrogen fertilization and soil management of winter common bean crop. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 3, p. 307–312, 2004.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A.; MORETTI, C. L.; SILVA, R. H.; CARRIJO, O. A. Fontes e doses de nitrogênio na fertirrigação por gotejamento do tomateiro. In: WORKSHOP [DE] TOMATE NA UNICAMP, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2003. CD-ROM.

SILVEIRA, C. P.; OLIVEIRA, D. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Two years of nitrogen and sulfur fertilizations in a signal grass pasture under degradation: changes in the root system. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 6, p. 1195–1203, 2011.

SOLINO, A. S. S.; FERREIRA, R. O.; FERREIRA, R. L. F.; NETO, S. E. A.; NEGREIRO, J. R. S. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 18, 2010.

SOUZA, L. F. G.; RODRIGUES, M. A.; SILVA, M. L. P.; SILVA, G. S.; CECILIO FILHO, A. B. Caracterização de sintomas de excesso de micronutrientes e deficiência de macronutrientes em rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 1–8, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.  
TARKALSON, D. D.; PAYERO, J.; ENSLEY, S. M.; SHAPIRO, C. A. Nitrate accumulation and movement under deficit irrigation in soil receiving cattle manure and commercial fertilizer. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 85, n.1–2, p. 201–210, 2006.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **Cultura da rúcula**. Campinas: IAC, 1992. 8 p. (Boletim Técnico, 146).

TRANI P. E.; GRANJA N. P.; BASSO L. C.; DIAS D. C. F. S.; MINAMI, K. Produção e acúmulo de nitrato pela rúcula afetados por doses de N. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 25–29, 1994.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A. R.; AZEVEDO FILHO, J. A. Recomendação de calagem e adubação para rúcula. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

TUNCAY, Ö.; ESIYOK, D.; BÜLENT, Y.; OKUR, B. The effect of nitrogen sources on yield and quality of salad rocket grown in different months of the year. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 34, n. 4, p. 477–491, 2011.

USDA – United States Department of Agriculture. **National nutrient database for standard**: release 17. 2004. Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

WICHELNS, D.; CONE, D.; STUHR, G. Evaluating the impact of irrigation and drainage policies on agricultural sustainability. **Irrigation and Drainage Systems**, Dordrecht, v. 16, n. 1, p. 1–14, 2002.

WHO – World Health Organization. Evaluation of certain food additives. Twentieth meeting of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **WHO Food Additives Series**, Geneva, n. 599, p. 32, 1976.

YAMADA, T. **Resistência de plantas às pragas e doenças**: pode ser afetada pelo manejo da cultura. Piracicaba: Informações Agronômicas Potafós, 2004. 24 p. (Documentos, 108).

YONG, J. W. H.; NG, Y. F.; TAN, S. N.; CHEW, A. Y. L. Effect of fertilizer application on photosynthesis and oil yield of *Jatropha curcas* L. **Photosynthetica**, Praga, v. 48, n. 2, p. 208–218, 2010.

ZABINI, A. V.; CARVALHO, M. L.; BARBOSA, C. M. Adubação do cafeeiro com nitrogênio de liberação gradual em lavouras de 1º ano na região das Matas de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 34., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2008. p. 226–227.