

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JHONATAN MONTEIRO DE OLIVEIRA

Fertirrigação na cultura da rúcula (*Eruca sativa* Miller) conduzida em  
ambiente protegido

Maringá  
2013

JHONATAN MONTEIRO DE OLIVEIRA

Fertirrigação na cultura da rúcula (*Eruca sativa* Miller) conduzida em ambiente protegido

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia  
Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas

Maringá  
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

O48f Oliveira, Jhonatan Monteiro de  
Fertirrigação na cultura da rúcula (*Eruca sativa*  
Miller) conduzida em ambiente protegido / Jhonatan  
Monteiro de Oliveira. -- Maringá, 2013.  
xi, 40 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende.  
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de  
Freitas.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento  
de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia, 2013

1. Hortaliças - Adubação nitrogenada. 2.  
Hortaliças - Adubação potássica. 3. Rúcula -  
Adubação nitrogenada. 4. Rúcula - Adubação  
potássica. 5. Área foliar - Estimativa. 6.  
Hortaliças - Cultivo protegido. I. Rezende, Roberto,  
orient. II. Freitas, Paulo Sérgio Lourenço de, co-  
orient. III. Universidade Estadual de Maringá.  
Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 21.ed. 635.0487

## FOLHA DE APROVAÇÃO

JHONATAN MONTEIRO DE OLIVEIRA

Fertirrigação na cultura da rúcula (*Eruca sativa* Miller) conduzida em ambiente protegido

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

### COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Roberto Rezende  
Universidade Estadual de Maringá – UEM (Presidente)

Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas  
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Prof. Dr. Rivanildo Dallacort  
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT

Aprovada em: 25 de outubro de 2013

Local de defesa: Anfiteatro II, Bloco J-45, Universidade Estadual de Maringá.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Claudovil Martins de Oliveira e Aparecida Monteiro de Oliveira, por todo o esforço e dedicação para me mostrar sempre o caminho certo, pelo apoio em minhas decisões e pelos conselhos sempre que precisei.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Agronomia - PGA pela oportunidade de realização deste curso.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Roberto Rezende, pela oportunidade, orientação, dedicação, amizade e pelos seus valiosos ensinamentos.

Ao professor Paulo Sérgio, pelo tempo, paciência e esclarecimentos sempre que precisei de sua colaboração.

Ao professor Rivanildo Dallacort, pela convivência e orientação durante a graduação e pelo apoio e incentivo à continuação de meus estudos na pós-graduação.

Aos Professores do curso de Pós-graduação em Agronomia, em especial do Centro Técnico de Irrigação pela oportunidade oferecida e pelos ensinamentos por meio das disciplinas ministradas.

Aos colegas e amigos Anderson Takashi, Cleonir Jr., Mariana Brescansin, Heraldo Takao, André Maller e Paulo Vinícius, pela colaboração no experimento, pelos conselhos, sugestões e todos os bons momentos de convivência neste período.

À minha família pelo apoio constante e pela contribuição em minha formação enquanto pessoa.

Aos funcionários e demais membros do Centro Técnico de Irrigação pela convivência durante este período.



Fertirrigação na cultura da rúcula (*Eruca sativa* Miller) conduzida em ambiente protegido

**RESUMO**

A fertirrigação consiste na aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Esta técnica proporciona o aumento na eficiência e parcelamento da adubação de acordo com a marcha de absorção da cultura, facilidade na incorporação do fertilizante, economia de mão de obra e energia, resultando em expressiva redução de custos do sistema de produção. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos das adubações nitrogenada e potássica aplicadas via fertirrigação na produção da cultura da rúcula cultivar Folha Larga, bem como ajustar e validar modelos de estimativa da área foliar baseados em medidas lineares das folhas. O experimento foi conduzido em ambiente protegido no Centro Técnico de Irrigação (CTI) do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4x4 com 3 repetições, no qual os tratamentos foram compostos pelas combinações das doses de N (0, 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup>) e de K (0, 15, 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup>). Foi utilizado um sistema de microirrigação por gotejamento, pelo qual aplicou-se as irrigações e fertirrigações na cultura da rúcula. As variáveis analisadas foram massa fresca comerciável por metro quadrado, massa seca total por metro quadrado e número de folhas comerciáveis por planta. No ajuste dos modelos de estimativa da área foliar, o comprimento (C) e a largura (L) das folhas foram utilizados como variáveis independentes e a área foliar medida pelo método da imagem digital como variável dependente. O modelo A foi ajustado em função da multiplicação entre comprimento e largura (C\*L), no modelo B utilizou-se o comprimento (C), no modelo C utilizou-se a Largura (L) e no modelo D utilizou-se o comprimento ao quadrado (C<sup>2</sup>). O ajuste foi realizado pelo método da seleção de modelos Backward e a validação foi realizada utilizando o coeficiente de correlação (r), o índice de concordância (d), o índice de desempenho (c), a análise gráfica da área foliar estimada em função da área foliar medida, a análise da regressão do erro e análise gráfica do erro dos modelos em função da área foliar estimada. As doses de N aplicadas via fertirrigação promoveram ajuste polinomial quadrático para a massa fresca comerciável por metro quadrado quando combinadas com os níveis 0 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K, o que também ocorreu para a variável massa seca total por metro quadrado quando combinadas com o nível 60 kg ha<sup>-1</sup>. As doses de K promoveram ajuste polinomial quadrático para a massa fresca comerciável

por metro quadrado quando combinadas com o nível 240 kg ha<sup>-1</sup> de N. Para a variável número de folhas comerciáveis as doses de K apresentaram influência quando analisadas isoladamente, sendo que os valores da variável em função das doses se ajustaram em um modelo de regressão linear crescente. Com relação à estimativa da área foliar todos os modelos ajustados apresentaram desempenho considerado ótimo ( $c > 0,85$ ), no entanto a partir da análise gráfica e da regressão dos erros dos modelos apenas o modelo ajustado em função da multiplicação entre comprimento e largura (A) não apresentou erro sistemático, sendo então o mais recomendado para a estimativa da área foliar na cultura da rúcula cv. Folha Larga.

**Palavras-chave:** Nitrogênio, Potássio, área foliar, estimativa.

**ABSTRACT**

Fertigation is the application of fertilizers through irrigation water. This technique provides increased efficiency and split fertilization according to crops absorption, ease fertilizer incorporation, saving labor and energy, resulting in significant cost reduction of the production system. This study aimed to evaluate the effects of nitrogen and potassium applied by fertigation upon rocket salad cv. Folha Larga production, as well as to adjust and validate models in order to estimate leaf area based on linear leaves. The experiment was conducted in a greenhouse at the Technical Center of Irrigation (CTI) from the Department of Agronomy, University of Maringá. The experimental design was a completely randomized 4x4 factorial arrangement with three replications, which the treatments consisted of combinations of N (0, 60, 120 and 240 kg ha<sup>-1</sup>) and K (0, 15, 30 and 60 kg ha<sup>-1</sup>) rates. Drip system was used in order to apply water and fertilizers in the rocket salad crop. Analyzed variables were marketable fresh weight per square meter (MFC), total dry weight per square meter (MST) and number of marketable leaves per plant (NFC). In the adjustment of the models for estimating leaf area, leaves length (L) and width (L) were used as independent variables and leaf area measured by the method of digital image as the dependent variable. The A model was adjusted by the multiplication of length to width (L \* C); B model was based on length (L); C model used the width (L) and D model used squared length (C<sup>2</sup>). The adjustment was made by the method of selection of models and Backward validation was performed using the correlation coefficient (r), the index of agreement (d), the performance index (c), the graphical analysis of leaf area estimated as a function of leaf area measurement, regression analysis of the error and graphical analysis of the error from models as a function of estimated leaf area. Nitrogen rates applied by fertigation promoted quadratic polynomial adjustment to the MFC when combined with levels 0 and 60 kg ha<sup>-1</sup> K, which also occurred for the variable MST when combined with the level 60 kg ha<sup>-1</sup> K. The K promoted quadratic polynomial adjustment for the MFC when combined with the N level 240 kg ha<sup>-1</sup>. For the variable NFC, Potassium rates presented influence when analyzed separately and the values of the variable depending on the doses were adjusted on a crescent linear regression model. Considering the estimation of leaf area, all adjusted models e performance recognized as good (c >

0.85). However, from the graphical analysis and the regression model errors, only model A exhibited no systematic error and then the more recommended for the estimation of leaf area in the crop of rocket salad cv. Folha Larga.

**Keywords:** Nitrogen, Potassium, leaf area, estimation.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultados da análise química do solo antes da implantação do experimento. .....	12
Tabela 2	Coeficientes de uniformidades. ....	15
Tabela 3	Interpretação do índice c.....	19
Tabela 4	Resumo da análise de variância para as variáveis MFC, MST e NFC na cultura da rúcula fertirrigada com diferentes doses de N e K.....	24
Tabela 5	Valores do coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d), e índice de desempenho (c) dos modelos. ....	31

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Bifurcação do tubo de irrigação no início da parcela experimental.....	13
Figura 2	Área experimental na data da colheita .....	15
Figura 3	Tensiômetro analógico instalado na área experimental. ....	16
Figura 4	Temperatura máxima, média e mínima do ar diária durante o período do experimento. ....	21
Figura 5	Umidade relativa média do ar diária durante o período do experimento. ....	22
Figura 6	Radiação solar média diária durante do período do experimento .....	23
Figura 7	Valores de MFC em função das doses de N (A) e K (B).....	24
Figura 8	Desdobramento das doses de N nos níveis de K para a variável MFC.....	25
Figura 9	Desdobramento das doses de K nos níveis de N para a variável MFC.....	26
Figura 10	Valores de MST em função das doses de N (A) e K (B).....	27
Figura 11	Desdobramento das doses de N nos níveis de K para a variável MST.....	27
Figura 12	Valores de NFC em função das doses de N (A) e K (B).....	29
Figura 13	Regressões dos modelos de estimativa da área foliar na cultura da rúcula..	29
Figura 14	Relação entre área foliar medida e estimada.....	30
Figura 15	Relação dos resíduos com a área foliar estimada.....	31

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1	Cultura da rúcula.....	3
2.2	Cultivo protegido .....	4
2.3	Irrigação em hortaliças.....	5
2.4	Fertirrigação em hortaliças .....	6
2.5	Estimativa da área foliar .....	8
2.6	Avaliação de modelos .....	10
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	11
3.1	Caracterização da área experimental .....	11
3.2	Dados meteorológicos.....	11
3.3	Preparo do solo .....	12
3.4	Sistema de microirrigação .....	12
3.5	Uniformidade de aplicação de água.....	14
3.6	Condução da cultura .....	15
3.7	Manejo das irrigações e fertirrigações .....	15
3.8	Variáveis analisadas.....	17
3.9	Tratamentos e delineamento estatístico .....	17
3.10	Estimativa da área foliar na cultura da rúcula.....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
4.1	Caracterização meteorológica.....	21
4.2	Fertirrigação na cultura da rúcula .....	23
4.2.1	Massa fresca comerciável .....	24
4.2.3	Número de folhas comerciáveis .....	28
4.3	Estimativa da área foliar na cultura da rúcula.....	29
4.3.1	Ajuste dos modelos .....	29

4.3.1 Validação dos modelos .....	30
5 CONCLUSÕES .....	33
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34

# 1 INTRODUÇÃO

A rúcula é uma hortaliça folhosa que ocupa a 24ª posição entre as hortaliças mais comercializadas no Brasil, sendo principalmente consumida nas regiões sudeste e sul do país. Seu consumo é realizado principalmente *in natura* como salada, no entanto é comumente adicionada em variados pratos como, por exemplo, em pizzas.

O cultivo protegido contribui para a criação de ambientes melhorados, com condições que podem contribuir para um melhor desenvolvimento das plantas. Neste tipo de cultivo é possível controlar diversas condições adversas de solo, clima, temperatura e susceptibilidade às doenças e pragas que poderiam afetar negativamente a produtividade das culturas. Esta prática agrícola apresenta vantagens como: aumento de produtividade, melhoria na qualidade dos produtos obtidos, possibilidade de oferta de produtos em todas as épocas do ano, eficiente aproveitamento dos fatores de produção como, por exemplo, fertilizantes, defensivos e água; controle das condições climáticas; fixação do homem ao campo; aumento da rentabilidade do empreendimento agrícola.

A água é, sem dúvidas, um dos mais importantes fatores de produção do sistema agrícola. Em hortaliças folhosas, como a rúcula, pode representar até 94% da fitomassa fresca. Isto mostra a importância da utilização de técnicas que visem promover o correto suprimento hídrico às olerícolas, o que torna extremamente recomendável a inclusão da irrigação no sistema de produção.

A irrigação é técnica que visa o fornecimento controlado de água à cultura em quantidade suficiente e no momento adequado. Para isto, a irrigação deve ser praticada com critério técnico, levando em consideração as características edafoclimáticas e culturais. O déficit hídrico é prejudicial ao crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo limitar a produção. No entanto o excesso de água também pode ser um fator limitante ao processo produtivo, pois pode, entre outros problemas, favorecer a ocorrência de doenças.

A fertirrigação consiste na aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Esta técnica proporciona um aumento na eficiência e parcelamento da adubação de acordo com a marcha de absorção da cultura, facilidade na incorporação do fertilizante, economia de mão de obra e energia, resultando em expressiva redução de custos do sistema de produção. No entanto, requer mão de obra qualificada, pois operações de fertirrigações realizadas sem conhecimentos técnicos podem ocasionar, entre outros

problemas, em desperdício de insumos, entupimento de gotejadores, corrosão do sistema de irrigação e salinidade do solo.

O sucesso da fertirrigação depende da uniformidade de aplicação da água, pois refletirá diretamente na uniformidade de distribuição dos nutrientes. Por este motivo, a fertirrigação aliada ao sistema de microirrigação por gotejamento apresenta maior eficiência em relação a outros métodos de irrigação, pois a utilização de gotejadores autocompensantes garante vazão constante ao longo da linha.

Os nutrientes mais aplicados via fertirrigação são aqueles de alta mobilidade no solo como o potássio (K) e o nitrogênio (N). A aplicação do fósforo via fertirrigação deve ser realizada com cautela, pois este elemento pode formar precipitados com íons de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no interior da tubulação, provocando entupimento dos gotejadores.

Poucos são os estudos relacionados à técnica da fertirrigação na cultura da rúcula, o que pode ocasionar a falta de utilização ou o uso inadequado desta técnica. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos das adubações nitrogenada e potássica via fertirrigação na produção, bem como ajustar e validar modelos de estimativa da área foliar da cultura da rúcula cultivar Folha Larga conduzida em ambiente protegido.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultura da rúcula

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) é uma hortaliça folhosa pertencente à família Brassicaceae, cujas folhas são consumidas, principalmente na forma de salada (MEDEIROS et al., 2007)

A rúcula é uma planta de estrutura herbácea de porte baixo, originária da região do mediterrâneo da Europa e Ásia Ocidental, apresenta normalmente altura de 15 a 20 cm, folhas verdes, espessas de formato recortado e compridas (FILGUEIRA, 2003; TRANI et al., 1992; MINAMI e TESSARIOLI NETO, 1998). Caracteriza-se por apresentar propriedades medicinais como, diurética, digestiva e anti-inflamatória, auxiliando também na prevenção de doenças. As folhas são ricas em vitaminas A e C, proteínas, carboidratos e sais minerais (REGHIN et al., 2005; MEDEIROS et al., 2007; LINHARES et al., 2011).

Temperaturas amenas proporcionam melhor desenvolvimento da cultura. Altas temperaturas propiciam rápido crescimento e florescimento (MINAMI e TESSARIOLI NETO, 1998). De acordo com Filgueira (2003), o melhor desenvolvimento ocorre com temperaturas entre 15 e 18°C, consideradas por Trani et al. (1992) ideais para o desenvolvimento e produção de folhas grandes e tenras. No entanto, tem sido cultivada ao longo do ano em várias regiões, principalmente em regiões de altitudes elevadas, em condições de campo, assim como em ambiente protegido (FILGUEIRA, 2003; MINAMI e TESSARIOLI NETO, 1998).

A semeadura é realizada diretamente em canteiros definitivo, em sulcos longitudinais distanciados de 20 a 30 cm, deixando-se as plantas espaçadas de 5 cm, após o desbaste (TRANI et al., 1992; FILGUEIRA, 2003). Contudo, Segundo Reghin et al. (2005) a semeadura direta envolve vários fatores, e muitas vezes é difícil obter um estande uniforme devido às condições de desuniformidade dos solos, ocorrência de chuvas ou temperaturas extremas.

A colheita da rúcula é feita de 30 a 40 dias após a semeadura. Após esse período as folhas começam a ficar fibrosas e impróprias para o consumo, pois a planta começa a entrar no estágio reprodutivo, este, termina aproximadamente entre os 110 e 130 dias após a semeadura, quando tem início a colheita das sementes, com duração de cerca de 25 dias (TRANI et al., 1992; MINAMI e TESSARIOLI NETO, 1998).

## 2.2 Cultivo protegido

A produção de olerícolas é uma atividade agrícola muito vantajosa quando praticada em épocas adequadas, em condições propícias de clima e mercado para sua comercialização. Contudo, dificilmente encontra-se no sistema de produção agrícola todas estas condições. Desta forma, é imprescindível a busca de novas alternativas de cultivo e tecnologia, que contribuam para o aumento da produtividade e da estabilidade da produção, o que torna o setor agrícola competitivo e altamente sustentável (ARAÚJO et al., 2009).

O cultivo protegido contribui para a criação de ambientes melhorados, com condições que podem contribuir para um melhor desenvolvimento das plantas. Neste tipo de cultivo é possível controlar diversas condições adversas de solo, clima, temperatura e susceptibilidade às doenças e pragas que poderiam afetar negativamente a produtividade das culturas. Esta prática agrícola apresenta vantagens como: aumento de produtividade, melhoria na qualidade dos produtos obtidos, possibilidade de oferta de produtos em todas as épocas do ano, eficiente aproveitamento dos fatores de produção como, por exemplo, fertilizantes, defensivos e água; controle das condições climáticas; fixação do homem ao campo; aumento da rentabilidade do empreendimento agrícola (FILGUEIRA, 2003).

As casas de vegetação ou popularmente denominadas estufas são os ambientes nos quais se realiza a prática do cultivo protegido. Utiliza-se o plástico devido a sua versatilidade, disponibilidade, leveza e principalmente pelo seu baixo custo (FILGUEIRA, 2003).

A adoção da utilização de plásticos na agricultura teve início no Brasil na década de 70, mas, tomou grande impulso a partir da década seguinte com os primeiros resultados obtidos na região do cinturão verde no Estado de São Paulo. As primeiras culturas implantadas foram melão rendilhado (*Cucumis melo* L.), tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* Mill.), pimentão amarelo (*Capsicum annuum* L.) e flores. (ARAÚJO, 1991; MARTINS et al., 2002; VECCHIA e KOCH, 1999;).

Segundo Vida et al. (2004), as informações técnicas referentes ao desempenho das plantas em ambiente protegido ainda são insuficientes, de modo que, mais pesquisas poderão dar suporte às recomendações, contribuindo para a expansão e tecnificação desta atividade. É necessário que sejam estabelecidos critérios técnicos para a aplicação

de nutrientes para que cada planta receba a quantidade ideal dos elementos químicos não havendo o desperdício de fertilizantes (RODRIGUES et al., 2002) onerando os custos de produção.

Filgueira (2003) afirma que os fatores limitantes a implantação de casas de vegetação no Brasil tem sido o custo elevado de implantação, a instabilidade do mercado e a desorganização na comercialização, ausência de política governamental voltada ao setor de hortaliças, o elevado custo de produção de muitas hortaliças e a falta de agrotecnologia melhor adaptada às diferentes regiões produtoras do país.

### **2.3 Irrigação em hortaliças**

A técnica da irrigação aplicada ao cultivo de plantas olerícolas contribui para uma maior estabilidade do produtor em relação à comercialização dos produtos, pois dentre as vantagens que esta prática proporciona ao sistema produtivo destacam-se a maior produção (mais de um plantio por ano), produtividade (melhores condições de desenvolvimento da cultura) e maior estabilidade na produção (FILGUEIRA, 2003). Além de que gera empregos permanentes, fato este que proporciona o aumento da renda, melhorando as condições de vida dos produtores e empregados (BERNARDO et al., 2005).

É de extrema importância o conhecimento do comportamento de cada cultura em função das diferentes aplicações de água em suas fases de desenvolvimento e de maior consumo de nutrientes (MENDES, 2009). Conhecendo as características fenológicas das plantas, é possível definir qual a lâmina de irrigação mais adequada a ser aplicada nos diferentes estágios de cada cultura. O ajuste das necessidades hídricas de uma cultura evita o excesso ou a falta de água, que poderiam provocar quedas na produção (BERNARDO, 2005). Segundo Luz (2008), a reposição de lâminas de irrigação adequadas é decisiva para uma boa produção de hortaliças.

É importante que a água a ser oferecida às plantas por meio das técnicas de irrigação seja aplicada de forma adequada. As hortaliças são altamente susceptíveis a ocorrência de doenças de origem fúngica ou bacteriana (MAROUELLI, 2004). A forma de aplicação e a quantidade de água podem interferir no desenvolvimento, na fitossanidade e na produção das culturas, pois pode favorecer o desenvolvimento de doenças (PIRES et al., 2000).

Dentre os métodos utilizados para irrigação de hortaliças, destaca-se a microirrigação por gotejamento. Esta técnica foi introduzida na olericultura brasileira no decorrer da década de 1990 (FILGUEIRA, 2003). Neste método a água é aplicada em forma de gotas utilizando baixa vazão, por tempo relativamente grande, com alta frequência, próxima a zona radicular, por meio de sistemas de baixa pressão (FRIZZONE et al., 2012).

A utilização da microirrigação por gotejamento reduz a emergência de plantas daninhas em relação aos métodos de irrigação por aspersão, devido à diferença na proporção da área molhada. Enquanto que na aspersão a irrigação é realizada em área total, no gotejamento a área molhada é restrita ao bulbo molhado, e conseqüentemente, as sementes de plantas daninhas tem acesso às condições de umidade em uma proporção menor da área (FRIZZONE et al., 2012).

A irrigação por gotejamento proporciona menor estresse salino à cultura. Neste sistema de irrigação, a umidade do solo no bulbo molhado é próxima à capacidade de campo e a tensão de água no solo é relativamente pequena. Isto ameniza o aumento da tensão da água no solo devido ao teor de sais dissolvidos. Assim, para uma mesma tensão total tolerável pela planta, a cultura suportará uma maior concentração de sais dissolvidos no solo (BLANCO, 1999).

## **2.4 Fertirrigação em hortaliças**

Fertirrigação refere-se à prática em que os fertilizantes de fontes mineral ou orgânica são aplicados pelo sistema de irrigação, juntamente com a água de irrigação (ELOI et al., 2004; FRIZZONE et al., 2012).

A fertirrigação possibilita o ajuste das doses dos nutrientes a serem aplicados nos diferentes estádios das culturas, gerando maior eficiência de uso dos fertilizantes. Além disso, os adubos são aplicados na região de maior concentração radicular e a profundidade de aplicação pode ser modificada, o que diminui a perda de nutrientes por lixiviação. A aplicação de fertilizantes por meio da água de irrigação diminui a compactação do solo, pois ao se utilizar esta técnica diminui-se o tráfego de máquinas na área e, também contribui para a economia de mão de obra, reduzindo os custos de produção (CARRIJO et al., 2004; FRIZZONE et al., 2012).

A utilização de nutrientes via fertirrigação proporciona um aumento na eficiência da absorção de nutrientes, devido ao fato de os nutrientes ficarem

prontamente disponibilizados na solução do solo, facilmente absorvíveis (MARCUSSE, 2005) e, no caso do gotejamento, a região do bulbo molhado tende a se localizar na região de maior concentração de raízes (COELHO et al, 2010).

O sucesso da fertirrigação depende da uniformidade de aplicação da água, pois refletirá diretamente na uniformidade de distribuição dos nutrientes. A fertirrigação aliada ao sistema de microirrigação por gotejamento apresenta maior eficiência em relação à outros métodos de irrigação, pois a utilização de gotejadores autocompensantes garante vazão constante ao longo da linha devido ao fato de amenizar a variação de pressão (COELHO et al, 2010).

Normalmente realizam-se as adubações de hortaliças por meio da aplicação das doses dos fertilizantes menos solúveis, parte dos solúveis no estágio de pré-plantio e o restante das doses ao longo do ciclo da cultura em adubações de cobertura. A fertirrigação teve destaque a partir da introdução de sistemas de microirrigação por gotejamento na horticultura, tornando-se um dos fatores relacionados com o aumento da produtividade (CARRIJO et al., 2004).

Os nutrientes mais aplicados via fertirrigação são aqueles de alta mobilidade no solo como o potássio (K) e o nitrogênio (N). A aplicação do fósforo via fertirrigação deve ser realizada com cautela, pois este elemento pode formar precipitados com íons de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no interior da tubulação, provocando entupimento dos gotejadores (CARRIJO et al., 2004).

Alguns trabalhos já realizados demonstram a importância da fertirrigação na nutrição mineral de hortaliças. Purquerio et al. (2007) realizaram um estudo na cultura da rúcula verificando os impactos da aplicação de doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180, 240 kg ha<sup>-1</sup> de N) por meio da fertirrigação em ambiente protegido e a campo. Os autores verificaram diferenças estatísticas significativas e concluíram que os maiores desempenhos produtivos foram alcançados em cultivo protegido com a dose estimada de 178,6 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em relação ao cultivo no campo, a maior produtividade foi obtida com a aplicação de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N. A maior produtividade média foi alcançada nos cultivos protegidos sendo de 3,3 kg m<sup>-2</sup> em comparação com o plantio no campo que gerou produtividade de 3,0 kg m<sup>-2</sup>.

Araújo et al. (2009) avaliaram o efeito da aplicação de doses de N por meio da água de irrigação (0, 100, 200, 300, 400 kg ha<sup>-1</sup> de N) sobre o comprimento, peso médio, número total, diâmetro e número de frutos por planta de pimentão. A aplicação da dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio propiciou um aumento de 133% no número

máximo de frutos comerciais em comparação com a testemunha ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N). Não foram encontradas diferenças significativas no comprimento dos frutos e, o aumento nas doses de N, proporcionou ampliação no diâmetro e no peso médio de frutos.

## **2.5 Estimativa da área foliar**

A área foliar é uma variável empregada para se avaliar o crescimento das plantas, sendo comumente utilizada em estudos agronômicos e fisiológicos (Zucoloto et al., 2008). Existem várias maneiras de mensurar a área foliar em condições de campo e de laboratório, as quais podem ser destrutivas ou não.

O método destrutivo exige a retirada da folha ou outras estruturas, o que muitas vezes não é possível devido à limitação do número de plantas na parcela experimental (Adami et al., 2008). O método não-destrutivo permite acompanhar o crescimento e a expansão foliar da mesma planta até o final do ciclo ou do ensaio, além de ser rápido e preciso (Bianco et al., 2002). Na determinação da área foliar, podem ser utilizados métodos diretos e indiretos (Filho et al., 2005).

Dentre os métodos diretos para a medida de área foliar, cita-se a utilização do planímetro para a medida da área de uma folha individualmente (Godoy et al., 2007; Adami et al., 2008; Silva et al., 2008), o método gravimétrico, no qual utiliza-se a relação entre a massa da folha e a área (Reis et al., 2000) e o método da imagem digital (Monteiro et al., 2005; Adami et al., 2008; Zucoloto et al., 2008; Filho et al., 2012a; Filho et al., 2012b).

Inúmeros trabalhos têm sido realizados utilizando o método da imagem digital com diferentes espécies vegetais, com o propósito de determinar a área foliar por meio do ajuste de modelos que estimem a área foliar a partir de medidas lineares do limbo foliar. Dentre estes, encontram-se trabalhos com algodoeiro (Monteiro et al., 2005), laranja pera (Godoy et al., 2007), melão (Lopes et al., 2007), soja (Adami et al., 2008), café (Silva et al., 2008), mucuna cinza (Filho et al., 2012a) e nabo forrageiro (Filho et al., 2012b).

Para utilizar o método da imagem digital é necessária a manipulação de softwares, para fazer uma estimativa da área do objeto estudado, por meio da fotografia digitalizada. Os softwares comumente utilizados em trabalhos para determinar a área foliar são, o Sigma Scam Pro v. 5.0 (Lopes et al., 2007; Filho et al., 2012a; Filho et al.,

2012b), SIARCS 3.0 (Monteiro et al., 2005), Corel Photo Paint (Godoy et al., 2007), SPRING (Adami et al., 2008), e o QUANT (Silva et al., 2008).

Diversos trabalhos têm comprovado a precisão e a exatidão do método da imagem digital. Godoy et al. (2007) compararam o método da imagem digital com o método integrador óptico de área foliar (LICOR-3100), na estimativa da área de 16 discos de papel-cartão com diâmetro de 5,5 cm. Constatou-se que a imagem obtida com câmera digital foi mais precisa.

Adami et al. (2008) confirmam que o método de imagem digital, utilizando o software SPRING, permite excelente medida de área foliar, tanto para folíolos íntegros de soja, quanto para os danificados, com a vantagem de menor custo e precisão similar ao aparelho integrador de área foliar LI-COR. Lopes et al. (2007) encontraram uma correlação linear de 0,99 entre os métodos de discos foliares com método de fotos digitais, utilizando o software Scan Pro v.5.0, na estimativa da área foliar do meloeiro.

Silva et al. (2008) constataram que o método de imagem digital, utilizando o software QUANT v 0.1, subestimou em média de 1% os valores de área medidos por meio do integrador eletrônico de superfície (LiCor 3000, LICOR, EUA), em *Coffea arabica*. O mesmo autor testou o método de espelhamento em papel, constatando uma superestimação de, em média 2% em relação ao método integrador eletrônico de superfície.

A realização de estimativas de área foliar por meio de modelos matemáticos envolvendo medidas lineares é um método não destrutivo, de aplicação relativamente simples, que tem produzido bons resultados (Blanco e Folegatti, 2003). Estes modelos podem ser obtidos correlacionando-se a área foliar com medidas do comprimento, largura e combinações lineares destas. O emprego deste método é relativamente simples e fácil, não demandando o emprego de equipamentos de custo elevado, além de apresentar a vantagem de ser não destrutivo. Diversos trabalhos tem apresentado a sua utilização, como em Toebe et al. (2010) e Lopes et al. (2007).

Embora este método apresente expressivas vantagens, Queiroga et al, (2003) salientam que a área foliar depende não apenas das medidas lineares da folha, utilizadas no ajuste de um modelo, mas também depende do formato da folha, o qual varia durante o ciclo da planta. Ao se buscar um modelo para estimativa da área foliar, é usual, pela semelhança morfológica foliar, que sejam utilizados modelos ajustados para cultivares ou mesmo para espécies distintas em relação a planta em estudo. Dessa forma, os

pesquisadores ignoram a possibilidade da incompatibilidade do modelo para as plantas de objeto de estudo, obtendo informações inconsistentes no processo da estimativa.

## 2. 6 Avaliação de modelos

O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) permite quantificar o grau de dispersão dos dados em torno da média, ou seja, o erro aleatório (CAMARGO e CAMARGO, 2000). Logo, pode ser tomado como uma medida de precisão do modelo.

O coeficiente ( $r$ ) apresenta valor no intervalo entre -1 e 1. Valores próximos a 1 indicam alta correlação positiva, valores próximos a -1 indicam alta correlação negativa e valores próximos a 0 não indicam correlação linear entre as variáveis. Neste caso, a provável correlação não linear deve ser verificada por outros métodos (FILHO e JÚNIOR, 2009).

A análise gráfica dos valores estimados e observados em relação à reta 1:1, permite verificar a aproximação destes entre si. Essa aproximação esta relacionada com a exatidão do modelo e com a presença de erro sistemático (CAMARGO e CAMARGO, 2000).

O índice de concordância  $d$  (WILLMOTT, 1981) expressa matematicamente a aproximação dos valores da reta 1:1, o que permite quantificar a exatidão do modelo. Vários autores avaliaram a exatidão de modelos de regressão por meio do índice ( $d$ ), como em nabo forrageiro (Filho et al., 2012b); feijão porco (Toebe et al., 2012); soja (Adami et al., 2008); café (Flumignan et al., 2008); tomate (Blanco e Folegatti, 2003) e pepino (Nied, et al., 2001).

O índice ( $d$ ) apresenta valores entre 0, para nenhuma concordância, e 1, para concordância perfeita. Isso significa que se a média dos valores estimados se aproximarem da média dos valores observados, o índice  $d$  se aproximará de 1.

O índice de desempenho ( $c$ ) proposto por Camargo e Sentelhas (1997) mede a confiabilidade do modelo proposto, reunindo as características de precisão e exatidão do modelo. O valor do ( $c$ ) varia de 0 a 1, sendo que o valor máximo representa confiança perfeita e o valor mínimo, confiança nula.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no Centro Técnico de Irrigação (CTI) do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Maringá, PR, 23°25' S e 51°57' O e 542 m de altitude média. A estrutura de cultivo protegido era composta por uma cobertura tipo arco, 30 m de comprimento, 6,9 m de largura e 3,5 m de pé direito. O solo onde foi instalado o experimento é da classe Nitossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006).

#### 3.2 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos do ambiente protegido durante o período do experimento foram obtidos por uma estação meteorológica Campbell Scientific instalada no centro da área experimental composta por:

- Sensor de temperatura e umidade relativa do ar CS215, fabricado pela Campbell Ltd (UK), utiliza o elemento sensor combinado Sensirion SHT75, com saída digital SDI-12, proporcionando leituras estáveis e precisas ao longo do tempo. Montado em abrigo termométrico de 6 pratos, modelo 41303-5 A.
- Piranômetro série CMP (termopilhas), fabricado pela Kipp & Zonen, que realiza medições de radiação solar global na faixa de 400 a 1100 nm.
- Datalogger CR1000, fabricado pela Campbell Scientific, possibilita medidas analógicas simultâneas de até 100 Hz em seus 16 canais absolutos ou 8 canais diferenciais. Suas 8 portas digitais possibilitam níveis de sinais de controle de equipamentos externos.

Os dados externos foram obtidos pela estação meteorológica do Centro Técnico de Irrigação, localizada a 20 m da casa de vegetação.

### 3.3 Preparo do solo

Realizou-se o umedecimento do solo, com intuito de facilitar as operações de revolvimento, posteriormente o preparo com micro trator (enxada rotativa) e, os canteiros foram preparados com profundidade de 0,3 m.

Foram coletadas amostras de solo em diversos pontos da área experimental, a partir destas preparou-se uma amostra composta representativa da área. A análise química do solo foi realizada no Laboratório Rural de Maringá e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo antes da implantação do experimento.

<b>Elementos</b>	<b>Unidade</b>	<b>Resultado</b>
pH em CaCl <sub>2</sub>	-	5,4
pH em H <sub>2</sub> O	-	6,1
Matéria orgânica	g dm <sup>-3</sup>	12,61
Fósforo (Mehlich)	mg dm <sup>-3</sup>	9,6
Potássio	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,2
Cálcio	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,44
Magnésio	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,4
CTC	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	8,11
Saturação de bases	-	62,25%

De acordo com os resultados da análise química do solo, trinta dias antes do plantio realizou-se a calagem, para elevar a saturação de bases a 80% e a adubação orgânica utilizando-se 2,6 Kg m<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido e, no momento do plantio realizou-se a adubação mineral aplicando-se 40, 300 e 60 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, de acordo com a recomendação de Trani (2012).

### 3.4 Sistema de microirrigação

O sistema de microirrigação foi composto por reservatório de 500L, onde foram realizadas as solubilizações dos fertilizantes e uma válvula que permitia entrada de água no conjunto motobomba SC-30SM instalado com sucção negativa. Utilizou-se 10 m.c.a de pressão de operação, apresentando vazão média de 1,5 L h<sup>-1</sup> por gotejador

nestas condições. Na saída da bomba instalou-se um registro de gaveta e adaptação para manômetro, possibilitando o controle da pressão. A linha principal foi constituída por tubos de PVC de diâmetro 32 mm. Instalou-se um registro de gaveta na tubulação de retorno ao reservatório, possibilitando a limpeza da linha principal após cada fertirrigação. Foram instaladas 48 linhas de irrigação, compostas por tubos gotejadores AIT-P1 Light Dripline, de polietileno de baixa densidade de 16 mm de diâmetro e 0,2 m de espaçamento entre gotejadores, sendo uma linha por parcela, de modo que cada linha bifurcava-se em duas com espaçamento de 0,2 m. Em cada linha de irrigação foi instalado um registro, objetivando o controle da aplicação de água e nutrientes em cada parcela de forma individual (Figura 1).



Figura 1. Bifurcação do tubo de irrigação no início da parcela experimental.

Para a realização das fertirrigações utilizou-se um micro reservatório acoplado a um sistema elétrico com uma boia calibrada para o volume de 5 L, volume utilizado em cada fertirrigação por parcela, instalado dentro do reservatório principal. Após realizar a estabilização do micro reservatório efetuava-se a abertura do registro localizado no início da parcela referente ao tratamento em questão, após a aplicação do

volume de calda necessário o dispositivo elétrico acionava uma lâmpada indicando o momento de fechamento do registro inerente à parcela.

### 3.5 Uniformidade de aplicação de água

A coleta dos dados foi realizada com auxílio de recipientes plásticos, coletou-se o volume de água aplicado pelos gotejadores de 14 parcelas alternadas na área experimental durante 5 minutos para os cálculos dos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD), proposto por Keller e Karmeli (1974) e uniformidade estatística (CUE), proposto por Wilcox e Swales (1947), tais coeficientes foram obtidos utilizando-se as equações 1 e 2, respectivamente.

Os valores dos coeficientes foram classificados de acordo com a classificação apresentada por Faveta e Botrel (2001) e estão apresentados na Tabela 2.

$$CUD = \frac{q_n}{q} \quad \text{eq. 1}$$

Em que:

CUD – Coeficiente de uniformidade de distribuição (expresso em %);

$q_n$  – Vazão média dos 25% dos emissores com menor vazão ( $L h^{-1}$ );

$q$  – Vazão média dos emissores ( $L h^{-1}$ ).

$$CUE = 1 - CV_q = 1 - \frac{S_q}{q} \quad \text{eq. 2}$$

Em que:

CUE – Coeficiente de uniformidade estatística (expresso em %);

$CV_q$  – Coeficiente de variação da vazão dos emissores;

$S_q$  – Desvio padrão da vazão dos emissores ( $L h^{-1}$ );

$q$  – Vazão média dos emissores ( $L h^{-1}$ ).

Tabela 2. Coeficientes de uniformidades.

<b>Coeficiente</b>	<b>Valor</b>	<b>Classificação</b>
CUD	94,1%	Excelente
CUE	90,8%	Excelente

### 3.6 Condução da cultura

A semeadura foi realizada no dia 24 de maio de 2013 diretamente nos canteiros utilizando espaçamento de 0,2 m entre linhas e 0,05 m entre plantas na linha de semeadura, a profundidade das covas para semeadura foi de 0,01 m, utilizou-se 3 sementes por cova. A emergência das plantas ocorreu 3 dias de maio de 2013 e o desbaste do excesso de plantas foi realizado 5 dias após a emergência. A colheita foi realizada 47 dias após a semeadura (Figura 2).



Figura 2. Área experimental na data da colheita.

### 3.7 Manejo das irrigações e fertirrigações

O manejo das irrigações foi realizado utilizando leituras de 5 tensiômetros distribuídos na área experimental (Figura 3). Realizou-se a reposição de 100% da lâmina de água ao solo quando a tensão de 25 KPa era observada (KOETZ et al., 2012).



Figura 3. Tensiômetro analógico instalado na área experimental.

As fontes de nutrientes utilizadas nas fertirrigações foram ureia (45%) e cloreto de potássio (58%). Os compostos foram diluídos em soluções individuais, de modo a facilitar a administração destes no momento das aplicações.

As aplicações de nutrientes (N e K) via fertirrigação foram divididas em 3 parcelamentos (21, 28 e 35 dias após a emergência das plantas). Cada nutriente foi aplicado separadamente nas parcelas referentes a cada nível e, nos tratamentos compostos pelo nível zero aplicou-se água.

### **3.8 Variáveis analisadas**

As variáveis estudadas foram:

– Massa fresca comerciável por metro quadrado (MFC), todas as plantas da parcela útil foram coletadas e suas massas foram obtidas com auxílio de balança digital GEHAKA BG8000, com precisão de 0,1 g, posteriormente os valores foram extrapolados para metro quadrado, visando relativizar os valores.

– Massa seca total por metro quadrado (MST), após a secagem das plantas em estufa de circulação de ar forçada à 65° C até a massa constante, as plantas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g, posteriormente os valores foram extrapolados para metro quadrado, visando relativizar os valores.

– Número de folhas comerciáveis por planta (NFC), foram consideradas todas as folhas potencialmente comerciáveis de todas as plantas da parcela útil, descartando as folhas senescentes e mal desenvolvidas, posteriormente foi realizada a média de folhas por planta, visando relativizar os valores.

### **3.9 Tratamentos e delineamento estatístico**

Os resultados foram analisados através do Programa Computacional Sisvar versão 5.3 (Ferreira, 2010). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado no esquema de arranjo de tratamentos fatorial 4x4. Os tratamentos foram resultados das combinações de doses de nitrogênio (0, 60, 120, 240 Kg ha<sup>-1</sup>) e doses de potássio (0, 15, 30 e 60 Kg ha<sup>-1</sup>), totalizando 16 tratamentos. Utilizou-se 3 repetições por tratamento, totalizando 48 parcelas. Cada parcela foi composta por 3 linhas de plantio com 2 m de comprimento, 0,2 m de espaçamento entre linhas e 0,05 m entre plantas, de modo que apenas a linha central foi utilizada como parcela útil para a análise estatística, sendo ainda realizada a retirada de duas plantas em cada extremidade.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade dos erros e homocedasticidade, sendo que as variáveis MST e NFC foram transformados em logaritmo na base 10 para que atendessem aos pressupostos. Posteriormente, foram submetidos a análise de variância e a análise de regressão.

### 3.10 Estimativa da área foliar na cultura da rúcula

A colheita das folhas foi realizada dia 10 julho de 2013, foram coletadas 156 folhas, sendo 121 utilizadas no ajuste e 35 na validação dos modelos.

Para o ajuste dos modelos, foram utilizadas as medidas lineares comprimento (cm) e largura (cm) como variáveis independentes e área foliar (cm<sup>2</sup>) como variável dependente. Para a medida do comprimento da folha considerou-se o início do limbo foliar até a extremidade terminal da nervura central. Para a medida da largura da folha, tomou-se a maior medida perpendicular à nervura central.

A área foliar foi medida pelo do método da imagem digital, utilizando o software Quant (VALE et al., 2003) e com o auxílio de uma câmera fotográfica digital Sony DSC–W610. A folha foi fotografada a uma distância de 40 cm sobre um fundo branco. A planificação da folha foi realizada por uma superfície de vidro com espessura de 2 mm colocada sobre a folha, com dimensões de 0,6 x 0,6 m. As folhas sinuosas foram recortadas antes de serem planificadas, a fim de evitar as dobraduras.

O tratamento da imagem digital consiste em separar o fundo branco das demais cores, que são convertidas para a cor preta. Posteriormente, é mensurada a quantidade relativa desses grupos em relação ao total. A área correspondente à superfície foliar é obtida através da relação proporcional com uma foto de uma superfície conhecida, no qual foi utilizado um papel cor verde escuro com dimensões 0,089 x 0,089 m e espessura de 1 mm.

Foram ajustados quatro modelos, utilizando as variáveis comprimento (C) e largura (L). No modelo A foi utilizado a multiplicação entre comprimento e largura (C\*L), no modelo B foi utilizado o comprimento (C), no modelo C foi utilizado a Largura (L) e no modelo D foi utilizado o comprimento ao quadrado (C<sup>2</sup>). Os modelos foram ajustados por meio da análise de regressão Backward utilizando 121 dados experimentais. Os coeficientes dos modelos foram validados pelo teste t a 5% de probabilidade. Posteriormente os modelos foram aplicados a 35 dados experimentais com intuito de se realizar a validação dos mesmos.

A avaliação da qualidade dos modelos foi realizada utilizando o coeficiente de correlação linear (r), o índice de concordância (d) e o índice de confiança (c), análise gráfica da área foliar estimada em função da área foliar medida (MONTEIRO et al., 2005), análise da regressão do erro, análise gráfica da relação entre os resíduos com a área foliar estimada.

O coeficiente de correlação e o índice de concordância foram obtidos pela utilização das equações 3 e 4. O índice c é obtido pelo produto de r e d. A classificação do desempenho é realizada com base na Tabela 3 (Camargo e Sentelhas, 1997).

Tabela 3. Interpretação do índice c.

<b>Valor de c</b>	<b>Desempenho</b>
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤0,40	Péssimo

Para a realização da análise de regressão dos erros foi verificado que os mesmos apresentavam distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade e, os coeficientes dos modelos foram validados pelo teste t a 5% de probabilidade.

$$r = \frac{\sum(X_i - X)(Y_i - Y)}{\sqrt{[\sum(X_i - X)^2] \cdot [\sum(Y_i - Y)^2]}} \quad \text{eq. 3}$$

Em que:

r – Coeficiente de correlação de Pearson;

$X_i$  – Valor da i-ésima observação;

X – Valor da média das observações;

$Y_i$  – Valor da i-ésima estimativa;

Y – Valor da média das estimativas.

$$d = \left[ \frac{\sum (E_i - M_i)^2}{\sum (|E_i - M| + |M_i - M|)^2} \right] \quad \text{eq. 4}$$

Em que:

$E_i$  – i-ésimo valor estimado;

$M_i$  – i-ésimo valor medido;

$M$  – Média dos valores medidos

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização meteorológica

Os valores médios da temperatura máxima, média e mínima verificados no ambiente protegido durante o período do experimento foram 24,99, 18,67 e 14,09° C, respectivamente e, no ambiente externo foram 22,95, 18,89 e 15,49° C, respectivamente (Figura 4). Isto demonstra que no período do experimento a temperatura teve maior variação no ambiente protegido em relação ao ambiente externo, sendo assim, a estrutura da casa de vegetação tem como principal finalidade servir de abrigo contra a ocorrência de chuvas, que em excesso pode prejudicar o desenvolvimento das plantas.

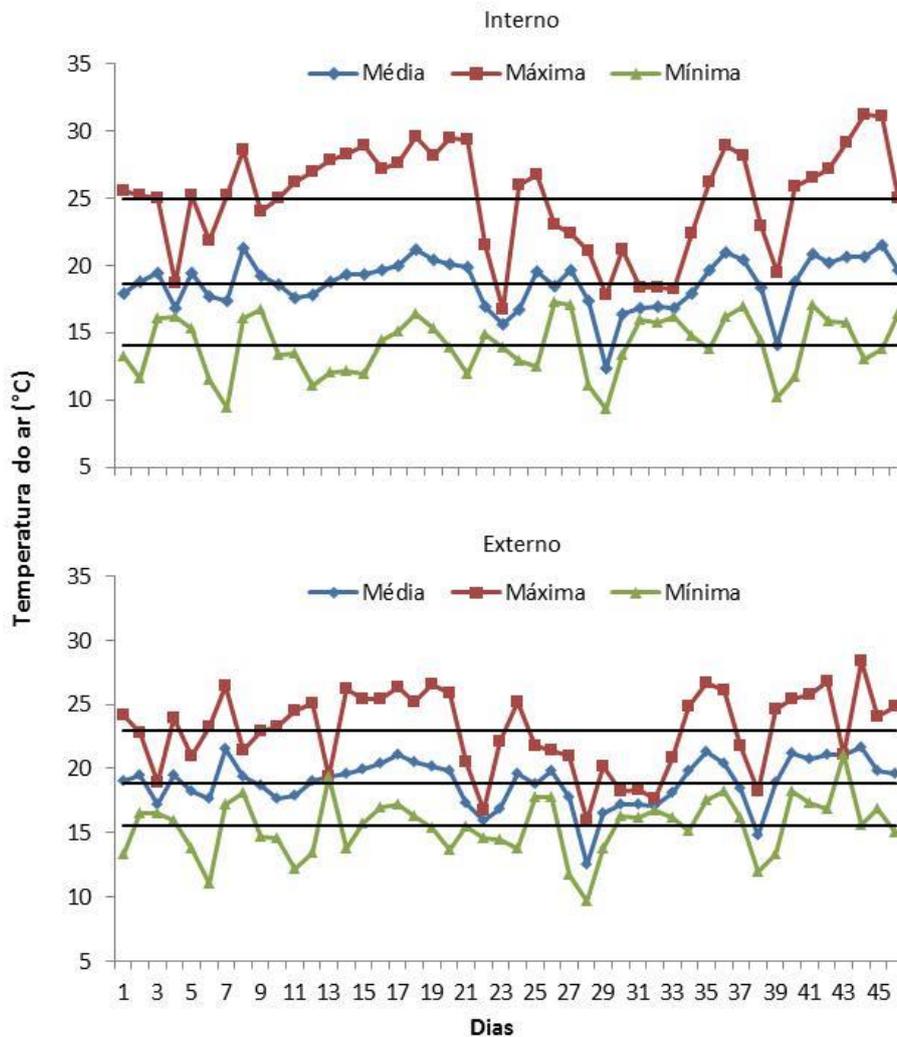


Figura 4. Temperatura máxima, média e mínima do ar diária durante o período do experimento.

A temperatura média do ar no ambiente protegido durante o período do experimento apresentou-se entre 12,4 e 21,5° C. De acordo com Trani et al. (1992) a faixa de temperatura ideal para o bom desenvolvimento da cultura da rúcula está entre 15 a 18° C, pois propicia a produção de folhas grandes e tenras. Durante o período do experimento apenas dois dias apresentaram temperaturas médias abaixo dos 15° C, no entanto na maior parte dos dias a temperatura foi superior aos 18° C (Figura 3).

Ainda na Figura 3 é possível observar que, no ambiente protegido, a temperatura mínima verificada em um dia foi 9,36° C e máxima foi 31,2° C, enquanto no ambiente externo a mínima foi 9,7° C e a máxima foi 28,4° C.

A umidade relativa média do ar no ambiente protegido variou de 69,5 a 98,1%, sendo que em 21 dias os valores foram superiores a 80%. Enquanto os dados externos registraram valores que variam entre 73,4 e 92,9%, com 32 dias em que a umidade foi superior a 80% (Figura 5). Indicando que de modo geral a umidade relativa do ar no ambiente externo foi superior ao ambiente protegido, isto ocorreu devido a alta incidência de chuvas durante o período de execução do experimento.

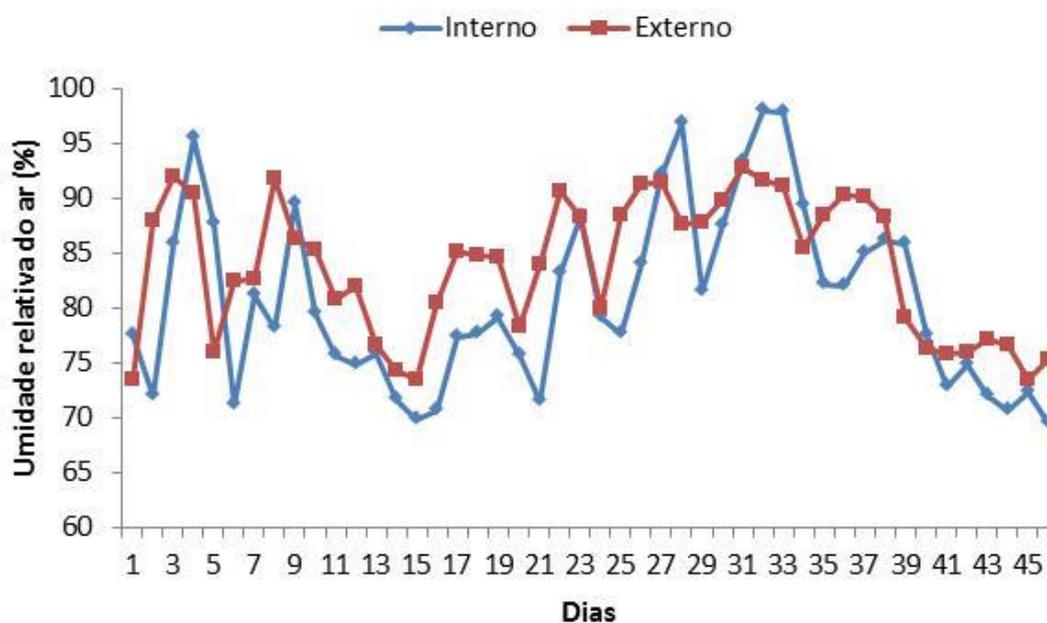


Figura 5. Umidade relativa média do ar diária durante o período do experimento.

Devido à alternância de dias secos e chuvosos durante o período do experimento, houve grande variação nos valores de radiação solar, pois em dias

chuvosos esta tende a apresentar menores valores devido a grande quantidade de nuvens. Os menores valores médios de radiação solar obtidos no ambiente protegido foram 0,88, 0,97, e 1,26 MJ m<sup>-2</sup> e, os maiores foram 9,59, 9,24 e 8,99 MJ m<sup>-2</sup>. Enquanto no ambiente externo os menores valores foram 1,09, 1,26 e 1,76 MJ m<sup>-2</sup> e os maiores foram 13,83, 13,85 e 14,12 MJ m<sup>-2</sup> (Figura 6).

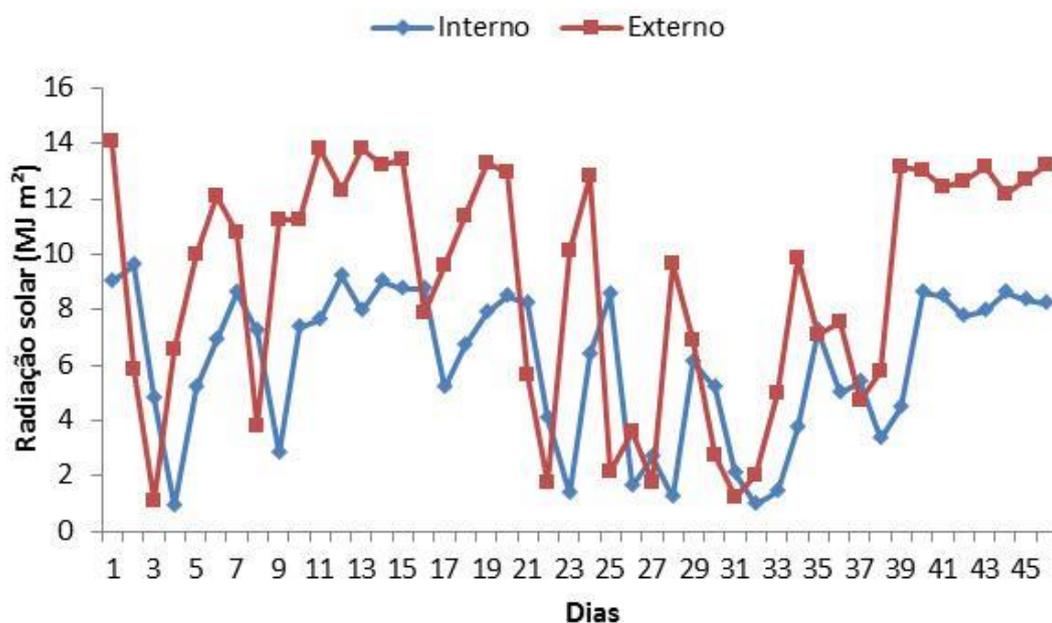


Figura 6. Radiação solar média diária durante o período do experimento.

#### 4.2 Fertirrigação na cultura da rúcula

Houve efeito significativo da interação entre N e K para as variáveis MFC e MST. Enquanto para a variável NFC apenas as doses de K apresentaram efeito significativo (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis MFC, MST e NFC na cultura da rúcula fertirrigada com diferentes doses de N e K.

Fonte de Variação	GL	MFC	MST	NFC
N	3	2,350 <sup>ns</sup>	1,496 <sup>ns</sup>	1,518 <sup>ns</sup>
K	3	1,550 <sup>ns</sup>	0,791 <sup>ns</sup>	3,115*
N*K	9	4,874*	2,936*	1,057 <sup>ns</sup>
Erro	32	-	-	-
Média		2536,09	2,41	0,93
CV (%)		8,96	2,61	5,54

\* significativo a 5% pelo teste F; ns não significativo a 5% pelo teste F

#### 4.2.1 Massa fresca comerciável

Os valores de MFC por metro quadrado referente às doses de N e K observadas individualmente estão dispostas na Figura 6. Os valores de MFC em relação às doses de N se ajustaram em um modelo de regressão polinomial quadrática (Figura 6A), de modo que a máxima produção estimada pela regressão foi 2.638,5 g ha<sup>-1</sup>, obtidos com a dose de 145,7 kg ha<sup>-1</sup>. Enquanto em relação às doses de K não observou-se ajuste significativo (Figura 6B).

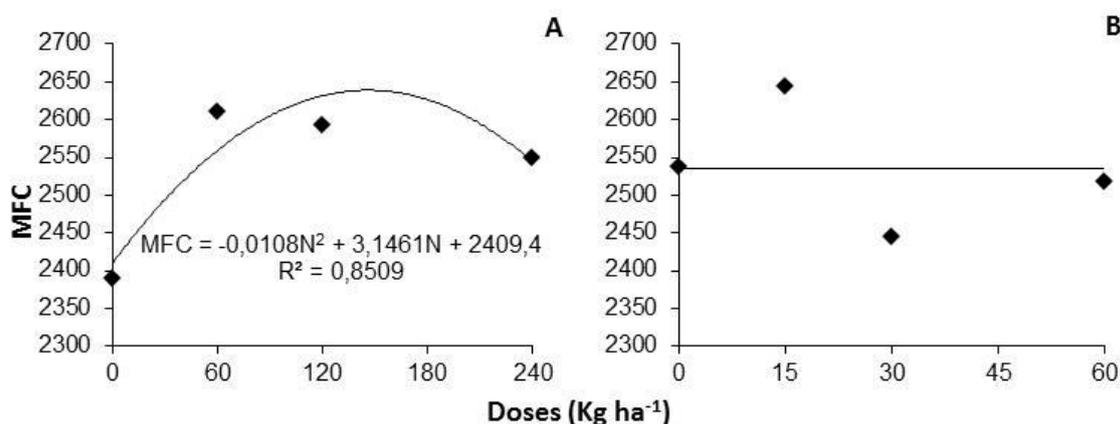


Figura 7. Valores de MFC em função das doses de N (A) e K (B).

Em relação ao desdobramento das doses de N nos níveis de K observa-se que os dados de MFC se ajustaram em regressões polinomiais quadráticas para os níveis 0 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K. A máxima produção de massa fresca comerciável por metro quadrado

estimada pela regressão foi de 2.762,4 g m<sup>-2</sup>, obtidos com a dose de 131,1 kg ha<sup>-1</sup> de N para o nível 0 de K (Figura 7A ) e, 2.754,1 g m<sup>-2</sup>, obtidos com a dose de 108,3 kg ha<sup>-1</sup> de N para a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K (Figura 7D).

Ao estudar o efeito do aumento das doses de N aplicadas via fertirrigação, Purquerio et al. (2007) observaram ajustes polinomiais quadráticos nos cultivos em ambiente protegido e no campo. No entanto, os melhores desempenhos foram propiciados pelas doses estimadas de 178,6 e 240 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Araújo et al (2011) observaram que o aumento das doses de N aplicadas via fertirrigação em alface cv. “Verônica”, promoveu decréscimo da massa fresca da parte aérea.

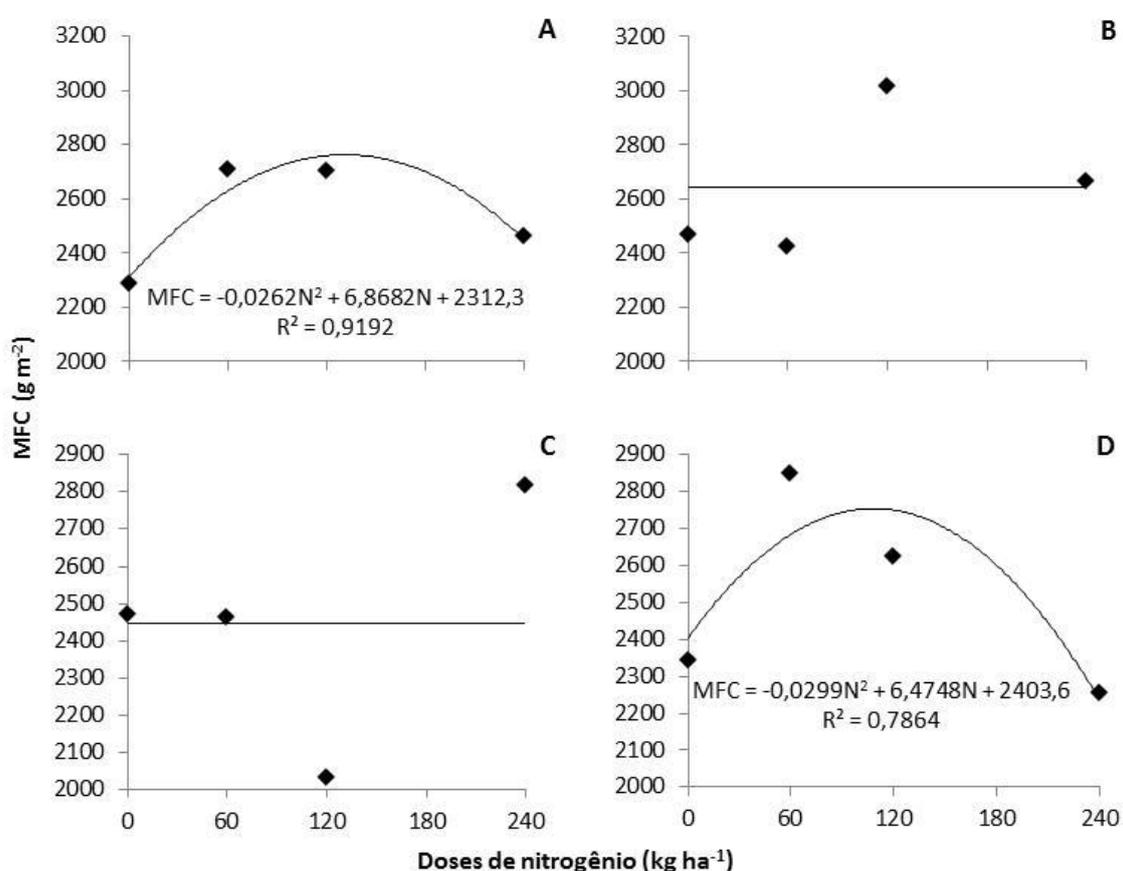


Figura 8. Desdobramento das doses de N nos níveis de K para a variável MFC.

Ao estudar o desdobramento das doses de K nos níveis de N observa-se que não foram ajustados modelos de regressões significativos para os níveis 0, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 8 A, B e C).

Os dados referentes ao nível 240 Kg ha<sup>-1</sup> de N se ajustaram em um modelo de regressão polinomial quadrático, evidenciando que tal dose interfere na absorção de K

pelas plantas de rúcula (Figura 8D). Porto et al. (2013) afirmam que o incremento das doses de K promovem o aumento na massa fresca das plantas. No entanto o máximo valor estimado pelo modelo foi 2783,3 g m<sup>-1</sup>, correspondente à dose de 26,8 Kg ha<sup>-1</sup>, sendo que a partir desta dose houve decréscimo nos valores de MFC.

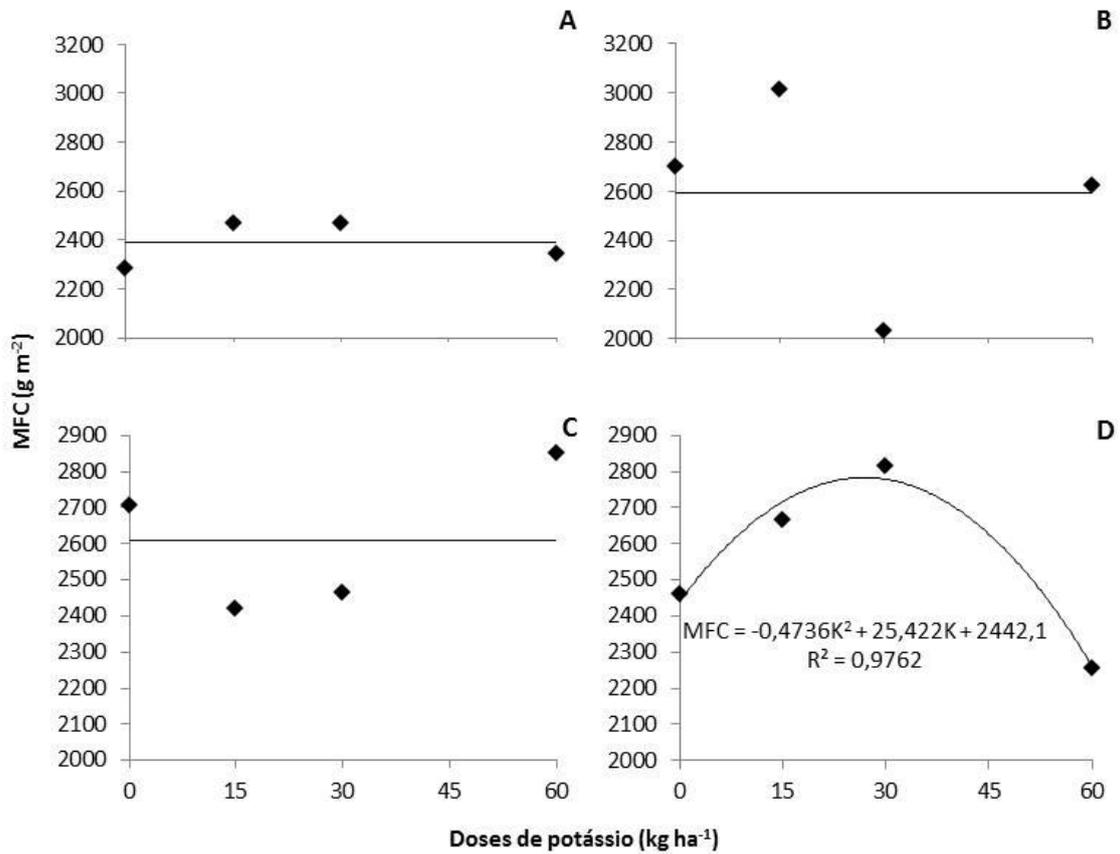


Figura 9. Desdobramento das doses de K nos níveis de N para a variável MFC.

#### 4.2.2 Massa seca total

Na figura 10 estão dispostos os valores de massa seca total por metro quadrado referente às doses de N (A) e K (B). Os valores não se ajustaram em modelos de regressões significativos.

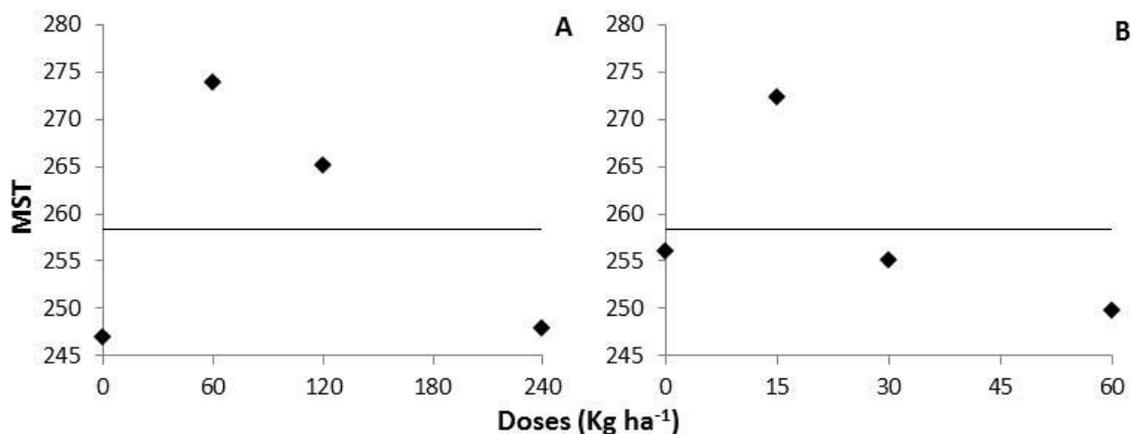


Figura 10. Valores de MST em função das doses de N (A) e K (B).

A partir do estudo do desdobramento das doses de N nos níveis K, observa-se que não foram obtidos modelos de regressões significativos para os níveis 0, 15 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K (Figura 11 A, B e C). Enquanto os valores de MST referentes ao nível de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K apresentaram ajuste polinomial quadrático (Figura 10D).

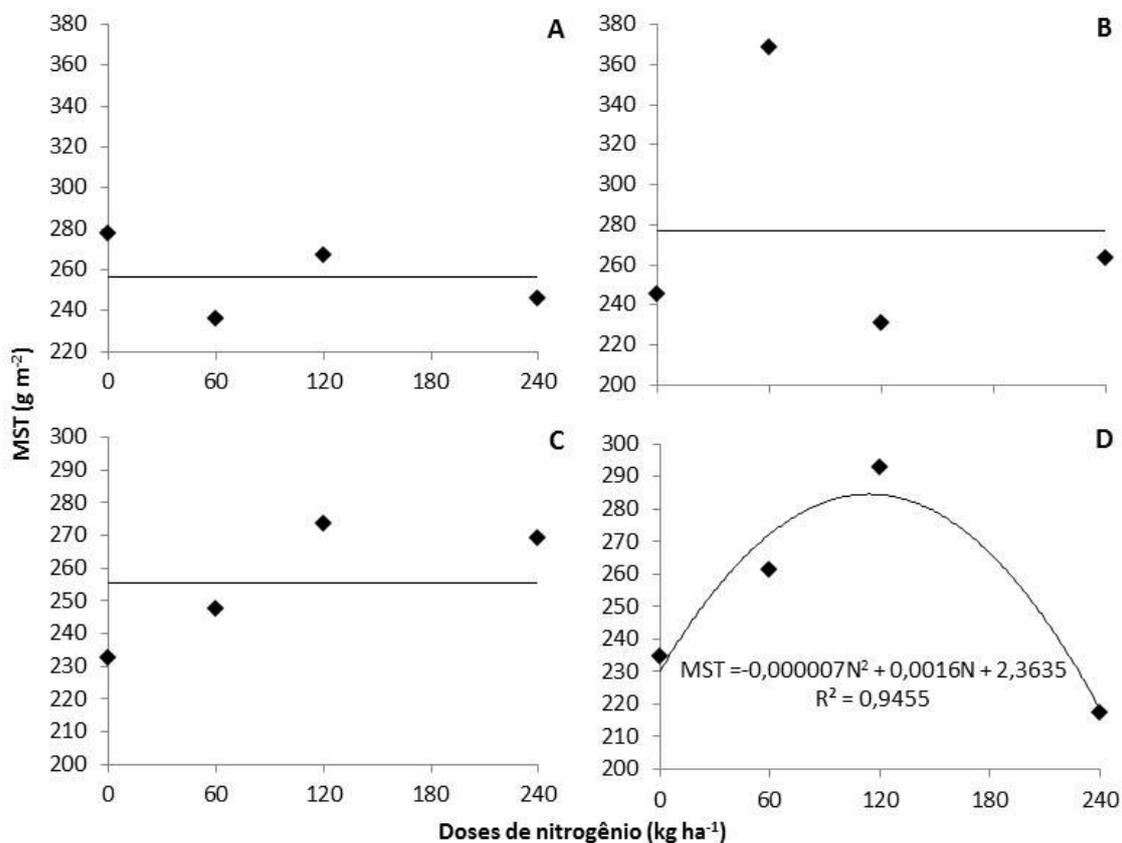


Figura 11. Desdobramento das doses de N nos níveis de K para a variável MST.

A máxima produção de MST, estimada pela regressão foi de 285,1 g m<sup>-2</sup>, observada na dose 114,3 Kg ha<sup>-1</sup> de N. Purquerio et al. (2007) observaram incremento de matéria seca até a dose de 186,3 kg ha<sup>-1</sup> de N em ambiente protegido e 198,5 kg ha<sup>-1</sup> de N em cultivo no campo.

Os desdobramentos das doses de K nos níveis de N não se ajustaram modelos de regressões significativos.

#### **4.2.3 Número de folhas comerciáveis**

Os valores de NFC por planta em função das doses de N estão apresentados na Figura 12. Em relação às doses de N não houve ajuste de regressão significativa (Figura 12A). Ao estudar o efeito da fertirrigação nitrogenada na cultura da rúcula, Carvalho et al. (2012) verificaram ajuste linear do número de folhas em relação às doses de N, sendo que o aumento nas doses de N propiciou o aumento no números de folhas.

Enquanto as doses de K originaram um modelo de regressão linear crescente, indicando que o aumento das doses de K estimula o aumento no número de folhas na cultura da rúcula. Assim o máximo NFC observado foi 9,17 folhas por planta, obtido com a dose 60 Kg ha<sup>-1</sup> de K.

Ao estudar o efeito das doses de N aplicadas via fertirrigação em alface cv. “Verônica” Araújo et al (2011) observaram comportamento contrário, em que o aumento nas doses de N promoveram a diminuição do número de folhas.

A combinação das doses de N e K não apresentou interação significativa para a variável NFC.

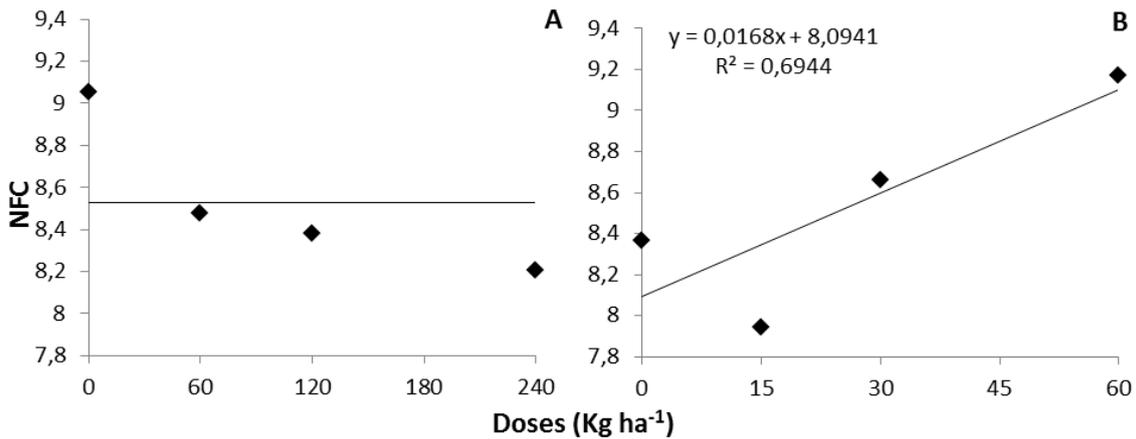


Figura 12. Valores de NFC em função das doses de N (A) e K (B).

### 4.3 Estimativa da área foliar na cultura da rúcula

#### 4.3.1 Ajuste dos modelos

Os quatro modelos ajustados de estimativa da área foliar na cultura da rúcula estão apresentados na Figura 13, observa-se que os modelos A e D foram ajustados em equações de regressões lineares, enquanto os modelos B e C se ajustaram em regressões polinomiais quadráticas.

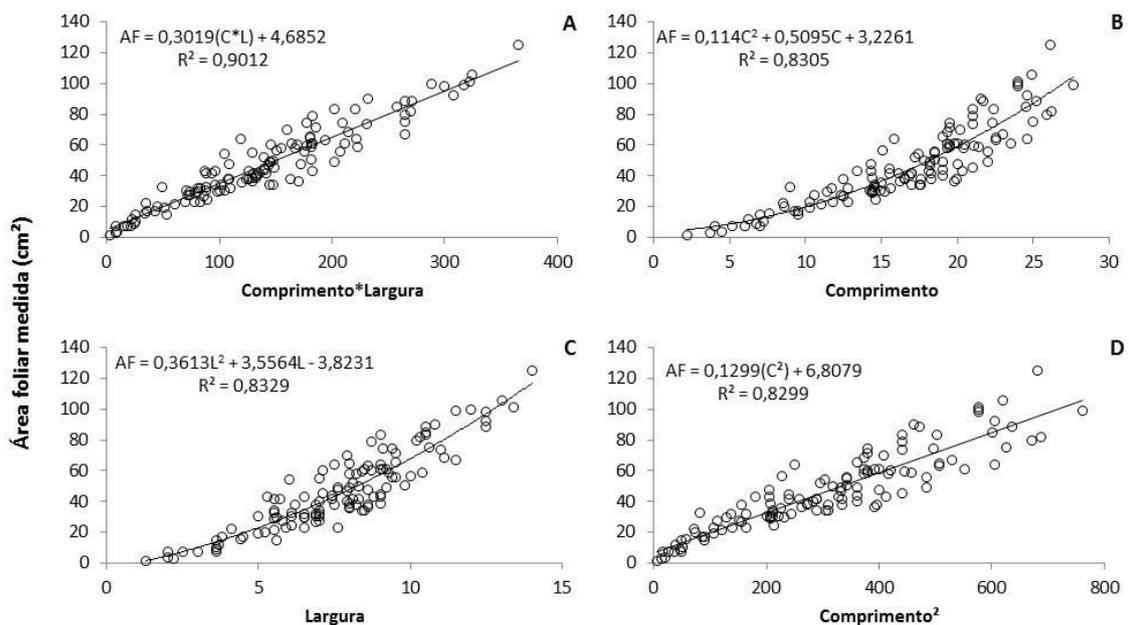


Figura 13. Regressões dos modelos de estimativa da área foliar na cultura da rúcula.

### 4.3.1 Validação dos modelos

A análise gráfica dos valores estimados e observados em relação à reta 1:1 permite observar que os modelos A e C apresentam maior exatidão (Figura 13), pois esta aproximação está relacionada com a exatidão do modelo e com a presença de erro sistemático (CAMARGO e CAMARGO, 2000). Estes modelos apresentaram índices  $d$  iguais a 0,99 e 0,98, respectivamente (Tabela 5). Quanto aos modelos B e D é possível observar uma porção de dados que se distanciam da reta 1:1 (Figura 14), estes modelos apresentaram índices  $d$  iguais a 0,96 e 0,97, respectivamente.

Os valores de  $d$  confirmam a observação realizada por meio da análise gráfica, pois este índice expressa matematicamente a aproximação dos valores com a reta 1:1, permitindo a quantificação da exatidão do modelo (WILLMOTT, 1981).

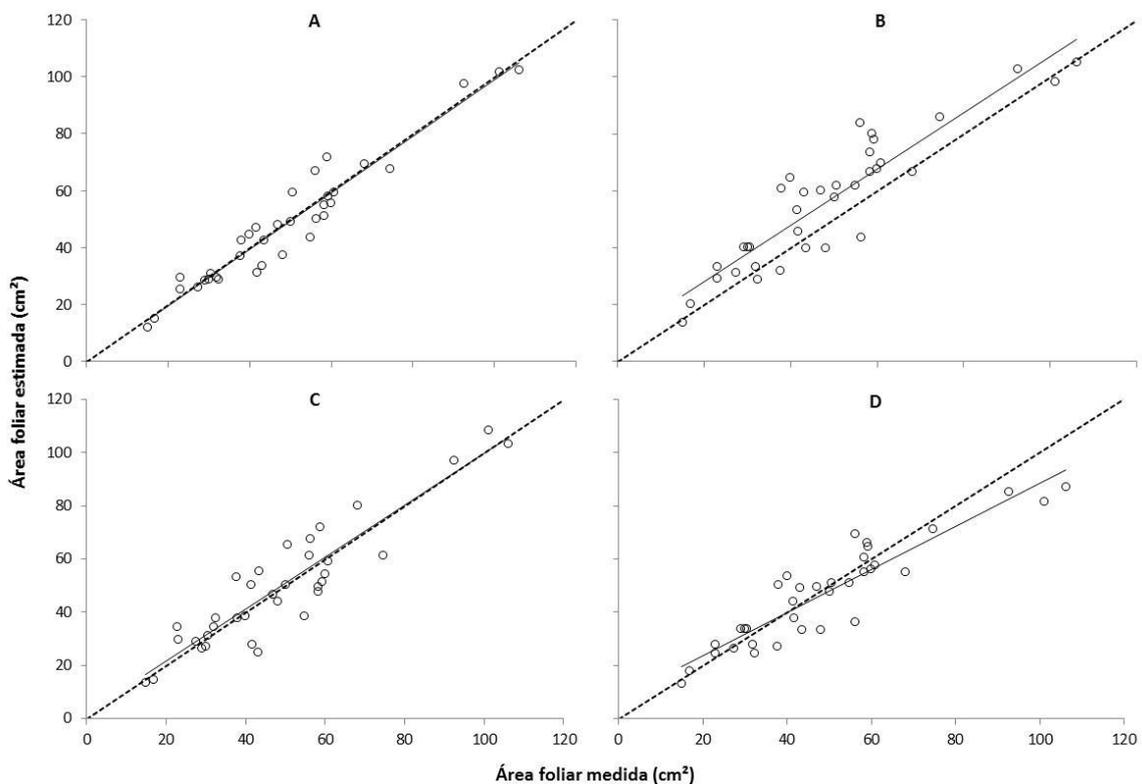


Figura 14. Relação entre área foliar medida e estimada.

Tabela 5. Valores do coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d), e índice de desempenho (c) dos modelos.

Modelo	r	d	c
A	0,97	0,99	0,96
B	0,91	0,96	0,87
C	0,92	0,98	0,90
D	0,92	0,97	0,89

A partir da relação dos resíduos com a área foliar estimada (Figura 15), pode-se constatar que o modelo A não apresenta erro sistemático, isto é comprovado por meio da análise da regressão dos resíduos em função da área foliar estimada, pois este modelo não apresentou regressão significativa. Graficamente é possível observar a presença do erro sistemático para o modelo B, sendo o mesmo, identificado e descrito matematicamente na análise de regressão dos resíduos do modelo. Para os modelos C e D, graficamente não é possível identificar a presença do erro sistemático, contudo ao realizar a análise de regressão dos resíduos em função da área foliar estimada dos modelos observa-se a presença do erro sistemático.

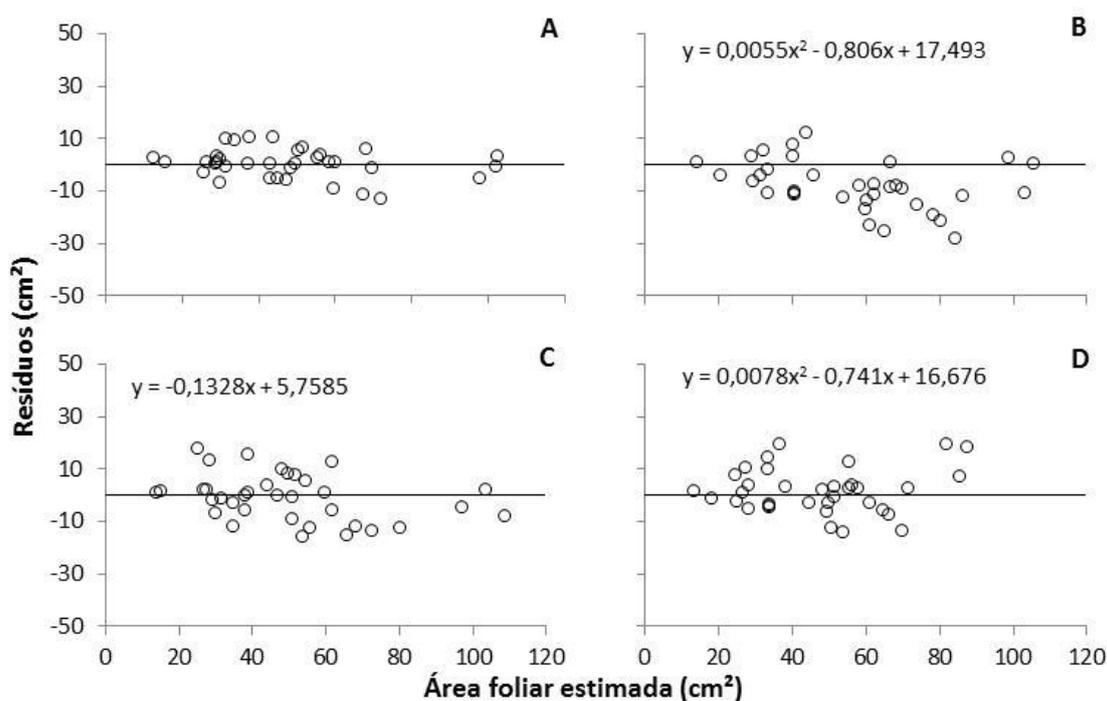


Figura 15. Relação dos resíduos com a área foliar estimada.

Percebe-se que a análise gráfica da relação dos resíduos com a área foliar estimada para detecção do erro sistemático dos modelos é insatisfatória, pois não permite a detecção de sutilezas do erro sistemático inerente ao modelo. Portanto, a adoção da análise de regressão dos resíduos dos modelos torna-se uma poderosa ferramenta na avaliação de modelos.

De acordo com o índice  $c$  todos os modelos apresentam desempenho ótimo (Tabela 4), pois apresentam  $c$  superior a 0,85 (Camargo e Sentelhas, 1997).

A comparação de modelos utilizando o coeficiente de correlação, o índice de concordância, o índice de desempenho e a relação dos resíduos em função da área foliar estimada, não é uma ferramenta que possa garantir a qualidade do modelo quanto ao requisito precisão, exatidão e ausência de erro sistemático. Dessa maneira é imprescindível a realização de um teste estatístico por meio da análise da regressão dos resíduos, para que seja possível detectar o viés inerente aos modelos.

## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho, para as condições estudadas e equipamentos utilizados, as análises e discussões apresentadas permitem as seguintes conclusões:

Em relação à fertirrigação na cultura da rúcula.

- As doses de N causam comportamento quadrático na MFC quando combinadas com os níveis 0 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K, o mesmo ocorre com a MST quando doses de N são combinadas com o nível 60 kg ha<sup>-1</sup> de K.
- As doses de K causam comportamento quadrático na MFC quando combinadas com o nível 240 kg ha<sup>-1</sup> de N.
- O aumento nas doses de K promove aumento no NFC.

Em relação à estimativa da área foliar na cultura da rúcula.

- O modelo A, que utiliza a multiplicação entre comprimento e largura, é o melhor para se estimar a área foliar na cultura da rúcula, pois não apresenta erro sistemático.
- Análise gráfica do erro dos modelos pode ser insensível em determinados casos na identificação do erro sistemático.
- A análise de regressão do erro dos modelos é uma ferramenta que auxilia na avaliação da qualidade dos modelos, complementando o índice de confiança.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. *Braganita*, v. 27, n. 4, p. 1053-1058, 2008.

ARAÚJO, J. A. C. Recentes avanços da pesquisa agronômica na plasticultura brasileira. In: Araujo, J. A. C.; Castellane, P. D. (Eds.) **Plasticultura**. Jaboticabal: FUNEP. 1991. p. 41-52.

ARAÚJO, J. S.; ANDRADE, A. P.; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A. V. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 2, p. 152-157, 2009.

ARAÚJO, W. F.; SOUSA, K. T. S.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BARROS, M. M.; MARCOLINO, E. Resposta da alface a adubação nitrogenada. *Revista Agro@mbiente*, v. 5, n. 1, p. 12-17, 2011.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**, 7 ed. Viçosa: UFV, 2005.

BIANCO, S.; PITELLI R. A.; CARVALHO, L. B. Estimativa da área foliar de *Cissampelos glaberrima* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha*, v. 20, n. 3 p. 353-356, 2002.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. A new method for estimating the leaf área index of cucumber and tomato plants. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 4, p. 666-669, 2003.

BLANCO, F. F. Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1999, 122p.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia*, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 5, n.1, p. 89-97, 1997.

CARVALHO, K. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVEIRA, M. H. D.; CABRAL, C. E. A.; LEITE, N. Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 15; p. 1545-1553, 2012.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R.B.; MAROUELLI, W.A.; ANDRADE, R.J. Fertirrigação de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças. **Circular técnica**, n. 32. 2004. 12p.

COELHO, E. F., COSTA, E. L da, BORGES, A, L., NETO, T. M. de A., PINTO, J, M. Fertirrigação. In: **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: Epamig, v. 31, n. 259, 2010. p 58-70.

ELOI, W. M.; SOUZA, V. F.; VIANA, T. V. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; HOLANDA, R. S. F.; ALCANTARA, R. M. C. M. Distribuição espacial do sistema radicular da gravioleira em função de diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação. *Irriga*, v. 9, n. 3, p. 256-69, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FAVETA, G. M., BOTREL, T. A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de modelos. *Scientia Agricola*, v. 58, n. 2, p. 427-430, 2001.

FERREIRA, D. F. Programa computacional Sisvar - UFLA, versão 5.3, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2003, 412p.

FILHO, A. C.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A. L.; NEU, I. M. M.; FACCO, G. Estimativa da área foliar de mucuna cinza por meio de método não destrutivo. *Ciência Rural*, v. 42, n. 2, p. 238-242, 2012 a.

FILHO, A. C.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A. L.; GAVRIELE, C. Estimativa da área foliar de nabo forrageiro em função de dimensões foliares. *Bragantia*, v. 71, n. 1, p. 47-51, 2012 b.

FILHO, D. B. F; JÚNIOR, J. A. da S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson ( $r$ ). *Revista Política Hoje*, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

FILHO, M. A. C.; ANGELOCCI, L. R.; VASCONCELOS, M. R. B.; COELHO, E. F. Estimativa da área foliar de plantas de lima ácida ‘Tahiti’ usando métodos não-destrutivos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 27, n. 1, p. 163-167, 2005.

FLUMIGNAN, D. L., ADAMI, M., FARIA, R. T. de. Área foliar de folhas íntegras e danificadas de cafeeiro determinada por dimensões foliares e imagem digital. *Coffee Science*, v.3, n.1, p. 1-6, 2008.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: Gotejamento e microaspersão**, 1 ed. Maringá: Eduem, 2012, 356p.

GODOY, L. J. G.; YANAGIWARA, R. S.; BÔAS, R. L. V.; BACKES, C.; LIMA, C. P. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja “Pêra”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, n. 3, p. 420-424, 2007.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle Irrigation Design Parameters. *Transactions of the ASAE*, v. 17, n. 4, p 678-684, 1974.

KOETZ, M.; CARVALHO, K. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; REZENDE, C. G.; SILVA, J. C. Rúcula submetida a doses de fósforo em latossolo vermelho no cerrado. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 15, p. 1554-1562, 2012.

LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; BEZERRA, A. K. H.; PEREIRA, M. F. S.; PAZ, A. E. S. Rendimento de cultivares de rúcula adubado com diferentes doses de *Merremia aegyptia* L. *Revista Verde*, v. 6, n. 2, p. 7-12, 2011.

LOPES, S. J.; BRUM, B.; SANTOS, V. J.; FAGAN, E. B.; LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L. Estimativa da área foliar de meloeiro em estádios fenológicos por fotos digitais. *Ciência Rural*, v. 37, n. 4, p. 1153-1156, 2007.

LUZ, G. L. **Frequência de irrigação no cultivo hidropônico da alface**. 2008. 60 p. Dissertação (Mestrado) Centro de Ciências Rurais - Universidade Federal de Santa Maria, RS.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. *Engenharia Agrícola*, v.v25, n.v3, p.v642-650, 2005.

MAROUELLI, W. A. Uso da irrigação como estratégia na prevenção de doenças em hortaliças. *Embrapa hortaliças*, v. 651, n. 107, p. 42-44, 2004.

MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N.; MENDEZ, M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência Brasileira. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200-201, p. 15-23, 2002.

MEDEIROS, M. C. L.; MEDEIROS, D. C.; LIBERALINO FILHO, J. Adubação foliar na cultura da rúcula em diferentes substratos. *Revista Verde*, v. 2, n. 1, p. 85-89, 2007.

MENDES, E. S. **Uso consultivo de água pela alface (*Lactuca sactiva* L.) cultivares Verônica (crespa) e Elisa (lisa) pelo método da irrigação e percolação**. 2009. 30 p. Instituto Federal do Sul de Minas – Inconfidentes, MG.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. **A cultura da rúcula**. Piracicaba: ESALQ, 1998. p. 19.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A.; PRELA, A. Estimacão da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. *Bragantia*, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005.

NIED, A. H.; DALMAGO, G. A.; HELDWEIN, A. B.; WILSMANN, S. Modelos para determinao não-destrutiva da área das folhas do pepineiro cultivado em estufa plástica. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v. 7, n. 1, p. 15-26, 2001.

PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; CALHEIROS, R. O. Manejo da irrigao em hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v. 18, p. 147-157, 2000.

PORTO, R. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. S. M.; CORDOVA, N. R. M.; POLYZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. *Revista Agro@mbiente*, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2013.

PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; BÔAS, R. L. V. Efeito da adubao nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produo de rúcula. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 25, p. 464-470, 2007.

QUEIROGA, J. L.; ROMANO, E. D. U.; SOUZA, J. R. P.; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 1, p. 64-68, 2003.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; OLINIK, J. R.; JACOBY, C. F. S. Efeito do espaçamento e do número de mudas por cova na produo de rúcula nas estaes de outono e inverno. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, n. 5, p. 953-959, 2005.

REIS, T. E. S.; REIS, L. C.; BARROS O. N. F. Comparao de métodos de determinao de área: superfície foliar do feijoeiro. *Geografia*, v. 9, n. 2, p. 151-157, 2000.

RODRIGUES, D. S.; PONTES, A. L.; MINAMI, K.; DIAS, C. T. S. Quantidade absorvida e concentraes de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.137-144, 2002.

SILVA, A. R.; LEITE, M. T.; FERREIRA, M. C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. *Bioscience Journal*, v. 24, n. 3 p. 66-73, 2008.

TOEBE, M.; BRUM, B.; LOPES, S. J.; FILHO, A. C.; SILVEIRA, T. R. Estimativa da área foliar de *Crambe abyssinica* por discos foliares e por fotos digitais. *Ciência Rural*, v. 40, n. 2 p. 475-478, 2010.

TOEBE, M.; FILHO, A. C.; BURIN, C.; FICK, A. L.; NEU, I. M. M.; CASAROTTO, G.; ALVES, B. M. Modelos para a estimação da área foliar de feijão de porco por dimensões foliares. *Bragantia*, v. 71, n. 1, p. 37-41, 2012.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **Cultura da rúcula**. Boletim técnico do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: Instituto Agronômico, 1992. p.8. (Instituto Agronômico, n. 146).

TRANI, P. E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. Campinas: Instituto Agronômico, 2012. p.34.

VALE, F. X. R.; FERNANDES FILHO, E. I. F.; LIBERATO, J. R. Quant – A software for plant disease severity assessment. International Congress of Plant Pathology, 8. Christchurch, ISPP, 2003, p. 105. (Abstract 8.18).

VECCHIA, P. T. D.; KOCH, P. S. História e perspectivas da produção de hortaliças em ambiente protegido no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 20 p. 5-10, 1999.

VIDA, J. B.; TESSMANN, D. J.; ZAMBOLIM, Z.; VERZIGNASSI, J. R.; FILHO, J. U. T. B. Controle da podridão gomosa em melão rendilhado em cultivo protegido por sanitização de ferramentas de poda. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, n. 06, p. 626-630, 2004.

WILCOX, J. C.; SWAILES, G. E. Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinklers. *Scientific Agricultural*, v.27, p.565-583, 1947.

WILLMOT, C. J. On the validation of models. *Physical Geografy*, v. 2, p. 184-194, 1981.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. S.; COELHO, R. I. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira 'Prata-Anã'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 4, p. 1152-1154, 2008.