

FRANCISCO CÁSSIO GOMES ALVINO

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FITAS POROSAS PARA IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA SUBSUPERFICIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A475c
2016
Alvino, Francisco Cássio Gomes, 1989-
Caracterização e avaliação de fitas porosas para
irrigação localizada subsuperficial / Francisco Cássio Gomes
Alvino. - Viçosa, MG, 2016.
xi, 39f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Everardo Chartuni Mantovani.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Irrigação agrícola. 2. Água - Uso. 3. Hidráulica
agrícola. 4. Inovação agrícola. 5. Rúcula - Cultivo.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em
Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 631.587

FRANCISCO CÁSSIO GOMES ALVINO

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FITAS POROSAS PARA IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA SUBSUPERFICIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós – Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADO: 19 de julho de 2016.

Genelício Crusoé Rocha

Fernando França da Cunha

Catariny Cabral Aleman
(Coorientadora)

Everardo Chartuni Mantovani
(Orientador)

Senhor, fazei-me instrumento de vossa paz.
Onde houver ódio, que eu leve o amor;
Onde houver ofensa, que eu leve o perdão;
Onde houver discórdia, que eu leve a união;
Onde houver dúvida, que eu leve a fé;
Onde houver erro, que eu leve a verdade;
Onde houver desespero, que eu leve a esperança;
Onde houver tristeza, que eu leve alegria;
Onde houver trevas, que eu leve a luz.
Pois é perdoando que se é perdoado!

Oração de São Francisco

Dedicatória

A **Jesus Cristo**, dedico esta dissertação, por não me desamparar em meio a tantos desafios, colocando bons amigos “anjos” que me ajudaram a conduzir e concluir o mestrado.

Aos meus Pais, **Francisco Cássio Gomes Alvino** e **Maria de Fatima Gomes Alvino**, e meus irmãos **Ana Lucia Gomes Alvino** e **Joaquim Neto Gomes Alvino** que em meio a todas as dificuldades enfrentadas durante a vida, nunca deixaram de ter fé que dias melhores viriam, encorajados sempre a seguir em frente.

À meu orientador **Everardo Chartuni Mantovani** e minha Coorientadora **Catariny Cabral Aleman**, por acreditar no meu potencial e sempre me encorajar a lutar pelos meus sonhos, mesmo quando eu já não conseguia enxergá-los.

.....Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por meio do Departamento de Engenharia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (Área de Concentração em Recursos Hídricos e Ambientais), pela oportunidade em cursar o Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento de bolsa de estudo.

Ao Prof. Everardo Chartuni Mantovani, pela orientação e conhecimentos transmitidos e por acreditar e incentivar as pessoas.

À Coorientadora e amiga Catariny Cabral Aleman pelos conselhos e apoio a encarar o desafio do tema da dissertação.

Aos Professores Fernando França Cunha, Catariny Cabral Aleman e Hermínia Emília Prieto Martinez, pelas contribuições para a realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do DEA, pela convivência e apoio no desenvolvimento do Mestrado.

Aos meus estagiários Rafael Martins, Lucas, Joana, Mariana, Hiago, Rodrigo Dal Sasso, Arthur e Nicolay Wolff pelo apoio e companheirismo nas avaliações experimentais.

Aos funcionários da Fitotecnia, do Departamento de Transporte e da Engenharia Agrícola da UFV pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos amigos do GESAI (Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada) pelo auxílio na realização dos trabalhos.

Biografia

Francisco Cássio Gomes Alvino, filho de Francisco Alvino e Maria de Fatima Gomes Alvino, nascido na cidade de Marizópolis-PB, no estado da Paraíba em 15 de junho de 1989. De 2006 a 2007 fez o curso profissionalizante de técnico agrícola no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, IFPB, Brasil. No período de 2009 a 2014 graduou-se em Agronomia pela a Universidade Federal de Campina Grande-PB, campus Pombal-PB. Em agosto de 2014, ingressou no programa de Pós-graduação em nível de mestrado, em Engenharia Agrícola, na área de Recursos Hídricos e Ambientais, submetendo-se à defesa de dissertação em julho de 2016.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
CAPITULO 1.....	4
CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICO DE FITAS POROSA RDI COM A DEMANDA DE ÁGUA PELA RAIZ.....	4
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1 Caracterização da área experimental.....	10
2.2 Determinação da vazão das fitas porosas.....	11
2.3 Uniformidade de distribuição de água.....	11
2.4 Coeficiente de variação de fabricação (CVf).....	12
3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	13
4. CONCLUSÃO.....	16
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
CAPITULO 2.....	19
CARACTERÍSTICA AGRONOMICA E PRODUTIVIDADE DE TRÊS CULTIVARES DE RÚCULA (<i>Eruca Sativa</i>) IRRIGADA COM FITAS POROSAS	19
RESUMO.....	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1 Caracterização da área experimental	23
2.2 Instalação do experimento.....	23
2.3 Produção de mudas.....	25
2.4 Delineamento experimental.....	26
2.5 Variáveis avaliadas.....	26
2.5.1 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	26
2.5.2 Massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA).....	27
2.5.3 Massa seca de parte aérea (MSPA).....	27
2.5.4 Comprimento (CR) e massa seca de raízes (MSR).....	27
2.5.5 Estimativa da área foliar.....	27
2.5.6 Índice de clorofila foliar.....	28
2.5.7 Teor relativo de água na folha (CRA).....	28
2.5.8 Análise estatística.....	29
3.RESULTADO E DISCUSSÃO.....	29
4.COCLUSÕES.....	35
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Modelo da Fita Porosa Rood Demand Irrigation (RDI). _____ 07
- Figura 2 - Estrutura utilizada para ensaios de avaliação do sistema RDI. _____ 10
- Figura 3 - Pluviógrafos Irriplus P300®. _____ 11
- Figura 4 - Vazões obtidas em intervalos de 24 horas no período de 27/09/2015 a 05/10/2015 (A) e 10/10/2015 a 14/10/2015 (B). _____ 13

CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Instalação das fitas porosas RDI (A), Sistema de boias (B) e Preenchimento das calhas com solo (C) Viçosa-MG. _____ 23
- Figura 2 - Curva de retenção de água do solo. _____ 25
- Figura 3 - Integrador de área foliar (Licor 3100) _____ 28
- Figura 4 - Clorofilômetro portátil SPAD 502 - Minolta (A); Avaliação de clorofila na folha (B) 28

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Classificação do coeficiente de variação de fabricação (CVf) de emissores da irrigação localizada por gotejamento (SOLOMON, 1979).	08
Tabela 2 - Classificação do coeficiente de variação de fabricação (CVf) de emissores para gotejamento (ASAE, 1985).	08
Tabela 3 - Classificação do coeficiente de uniformidade	09
Tabela 4 - Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) nos dias 27/09 a 05/10/2015 e 10/10/2015 a 14/10/2015.	14

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Análise granulométrica e classificação textural do material do solo	24
Tabela 2 - Resultado das análises químicas do material do solo	24
Tabela 3 - Lamina em milímetro, correspondendo as laminas de irrigação (h), 6, 12, 24 h	29
Tabela 4 - Resumo da análise de variância em parcelas subdivididas para as diferentes laminas e as diferentes cultivares de rúcula.	31
Tabela 5 - Massa Fresca total, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, em função de diferentes laminas de irrigação.	32
Tabela 6 - Massa seca total, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, em função de diferentes laminas de irrigação.	33
Tabela 7 - Área foliar (cm ²), Índice de clorofila foliar (ICF), Teor relativo de água na folha (TRA), Comprimento de Raiz (CR), em função de diferentes laminas de irrigação.	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMAQ	Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AF	Área foliar
ALtF	Altura final das plantas
ALtI	Altura inicial das plantas
ASAE	American National Standard
CC	Capacidade de Campo
CR	Comprimento de Raiz
CRRH	Centro de Referência de Recursos Hídricos
CUC	Coefficiente de uniformidade de Christiansen
CV _f	Coefficiente de variação de fabricação
CV _q	Coefficiente de Variação de Vazão
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ET _c	Evapotranspiração da cultura
ICF	Índice de clorofila foliar
ISSO	Organização Internacional para Padronização
KPA	Kilopascal
MCA	Metro coluna de água
Ψ _m	Potencial matricial de água no solo
	Umidade volumétrica
r	Umidade volumétrica residual do solo
s	Umidade volumétrica do solo saturado
n e m	Parâmetros adimensionais da equação de regressão
N	Número de medidas
NBR	Norma Brasileira
OSMO-DRAIN	Systems replaces conventional irrigation
PF	Peso do material fresco
OS	Peso do material após secagem em estufa
PSI	Libra-força por polegada quadrada
PST	Peso do material saturado

RESUMO

ALVINO, Francisco Cássio Gomes Alvino, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2016. **Caracterização e avaliação de fitas porosas para irrigação localizada subsuperficial.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Coorientadora: Catariny Cabral Aleman.

A sustentabilidade da irrigação passa por grandes desafios, exigindo o desenvolvimento de novas tecnologias e técnicas de implantação de sistemas que possibilitem o uso eficiente da água, redução e controle no consumo e custo da energia e otimização do uso de mão de obra como é o caso das fitas porosas. O RDI (Irrigação por Demanda da Raiz) é uma fita porosa recém lançada no mercado mundial, sendo que sua caracterização e avaliação se tornam importantes para definir a sua viabilidade técnica e econômica nos cultivos irrigados. Em função da pouca disponibilidade de características hidráulicas é essencial o desenvolvimento de trabalhos que possam dar subsídios ao correto dimensionamento de sistemas de irrigação subsuperficial. Assim, objetivou-se neste trabalho, caracterizar o desempenho hidráulico das fitas porosas e avaliar os indicadores agronômicos de três cultivares de rúcula submetidas a diferentes lâminas de irrigação utilizando as fitas porosas RDI. O experimento foi realizado em dois ambientes, ambos em Viçosa MG, o primeiro foi no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, utilizando-se calhas de PVC rígido com seis metros de comprimento onde foram instaladas uma fita porosa RDI sem cobertura de solo e no final um Pluviógrafo Irriplus P300® que registrava a lâmina total aplicada e assim a vazão real das fitas porosas. Determinou-se o Coeficiente de Uniformidade Christiansen (CUC ajustado) e o coeficiente de variação de fabricação (CV_f). O segundo experimento foi conduzido em ambiente protegido não climatizado. Foram utilizadas calhas de PVC preenchidas com solo aplicando-se três diferentes lâminas de água baseada no tempo diário de funcionamento das fitas de 24, 12 e 6 horas diárias (100%, 50% e 25%) e três cultivares de rúcula (Antonnela, Folha Larga e Cultivada). A caracterização hidráulica das fitas porosas RDI em funcionamento livre apresentaram elevada desuniformidade de distribuição de água, CV_f insatisfatório com grande instabilidade em seu funcionamento. Apesar das limitações na qualidade na aplicação de água, foi possível observar que a cultura da rúcula apresentou maior produtividade utilizando as fitas porosas RDI, no período de operação correspondente a 12 h dia⁻¹. Conclui-se que não é recomendado o uso do sistema RDI nas condições atuais de desenvolvimento do produto pela excessiva variabilidade e instabilidade no funcionamento.

ABSTRACT

ALVINO, Francisco Cássio Gomes Alvino, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2014. **Characterization and porous tapes evaluation for irrigation located Subsurface** Adviser: Everardo Chartuni Mantovani. Co- Advisers: Catariny Cabral Aleman.

The sustainability of irrigation involves great challenges, requiring the development of new technologies and systems implementation techniques that enable efficient use of water, reduce and control the consumption and cost of energy and optimization of labor use as is the case porous tapes. The RDI (irrigation Demand Root) is a newly porous tape released on the world market, and its characterization and independent evaluation become important to define their technical and economic viability. Due to the limited availability of hydraulic characteristics it is essential to develop work that can give subsidies to the correct dimensioning of irrigation systems with this type of water distribution. Thus, the aim of this study was to characterize the hydraulic performance of the porous tape and evaluate the agronomic indicators of three rocket cultivars submitted to different irrigation using porous tapes RDI. The experiment was conducted in two environments, both in Viçosa MG, the first was in the Hydraulics Laboratory of DEA-UFV, using rigid PVC gutters to six meters long which were installed a porous tape RDI soilless coverage and the end a rain gauge Irriplus P300® which recorded total depth applied and so the actual flow of the porous tape. It was determined the set CUC (Christiansen Uniformity Coefficient) and manufacturing variation coefficient (CVF). In the second, the experiment was conducted in a protected environment without temperature and humidity control. PVC troughs filled with soil by applying three different water depths were used based on the daily operating time of the tapes 24, 12 and 6 hours a day (100%, 50% and 25%), three rocket cultivars (Antonnela, Folha Larga and Cultivada). Hydraulic characterization of porous tapes RDI freewheel feature high uniformity of water distribution, poor CVF for this type of system, with great instability in its operation. Despite the limitations in the quality in the application of water, it was observed that the culture of the rocket showed higher productivity using the porous tape RDI in period of 12 h / day operation (50%). It is concluded that the use of the RDI system in the current conditions of product development by excessive variability and instability in operation is not recommended.

1. INTRODUÇÃO

Em virtude da crescente evolução da agricultura irrigada, o uso de sistemas com maior eficiência na utilização de água, energia, mão de obra e operacionalidade vem crescendo exponencialmente no Brasil e no mundo. Dentre os sistemas de irrigação pressurizados, o método da irrigação localizada tem assumido um papel cada vez mais relevante o que resulta em grande demanda por pesquisas que possam contribuir com a racionalização e sustentabilidade dos recursos hídricos por meio deste método.

As principais vantagens da irrigação localizada podem ser atribuídas a um maior potencial de eficiência no uso da água, produtividade, eficiência na aplicação de adubação através da fertirrigação, controle fitossanitário, vantagens estas de suma importância para agricultura brasileira.

Faria et al. (2006) acrescentam que além de ser utilizada em uma diversidade de culturas, a irrigação localizada permite a intensificação de técnicas de cultivo e a obtenção de um produto mais competitivo pela melhor qualidade e produção em diferentes épocas.

Estudos realizados pela Embrapa Hortaliças têm indicado que o uso da irrigação por gotejamento no Brasil vem crescendo consideravelmente, principalmente em cultivo de hortaliças por favorecer melhoria na qualidade dos frutos e baixo índice de praga e doença. Embora as áreas irrigadas por sistemas localizados no Brasil sejam inferiores à irrigação por aspersão, seu uso tem aumentado notavelmente nas últimas décadas. Segundo Christofidis (2016), e a Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação da Abimaq, o incremento da área com irrigação localizada no Brasil, houve um incremento de cerca de 150% na adoção desses sistemas no período de 2000 a 2015.

Apesar do custo ainda elevado comparativamente a outros sistemas, a irrigação localizada é uma alternativa viável para várias hortaliças, com custo de aquisição e implantação da ordem de R\$ 7.000,00 ha⁻¹ a R\$ 18.000,00 ha⁻¹, dependendo do nível de automação e da qualidade do equipamento (MAROUELL; SILVA, 2011).

Com o avanço das tecnologias de irrigação e a demanda cada vez maior por recursos hídricos, acentuou-se a busca por métodos mais eficientes. Desta forma, o sistema de gotejamento subsuperficial tem se tornado um método comum de irrigação na agricultura (BEN-GAL; LAZOROVITCH; SHANI, 2004).

Derivado do sistema de gotejamento superficial, a irrigação por gotejamento subsuperficial caracteriza-se por emissores instalados abaixo da superfície do solo na camada

que corresponde a profundidade efetiva do sistema radicular das plantas. Esta técnica de irrigação teve origem em Israel na década de 60 (MARQUES 2006), sendo instalada comercialmente pela primeira vez no Brasil em 1996, em área experimental na usina São Martinho, em Pradópolis-SP (AGUIAR 2002), constituindo um sistema moderno que visa disponibilizar a água apenas na região radicular das plantas.

Dentre as vantagens da irrigação por gotejamento subsuperficial destacam-se potencialmente a redução das perdas de água por evaporação, limitação na germinação de sementes de plantas daninhas, menor incidência de doenças pela menor umidade na superfície, grande potencial para automação, maior eficiência no uso de maquinário agrícola, menor consumo de energia, aplicação da água diretamente à zona radicular das plantas e possibilidade de utilização de águas residuárias. Como limitações apresenta a impossibilidade ou maior dificuldade de monitoramento do funcionamento da linha lateral, substituição de faixa entupida ou danificada, entupimento dos emissores ocasionado pela intrusão de raízes no interior do emissor ou pela sucção de partículas do solo pelo emissor quando a pressão se torna negativa, demanda aplicação superficial de água para garantir germinação uniforme das sementes.

Em trabalho realizado por Garcia (2003) avaliando os efeitos da irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial associadas a fertirrigação e dois tipos de plantio na produtividade de batata foi observado que o sistema de plantio fileira dupla sob irrigação subsuperficial favoreceu uma maior produtividade de batata.

Diante do exposto os objetivos do trabalho foram avaliar as características hidráulicas das fitas porosas RDI (Irrigação de acordo com a demanda da planta) e o desempenho e três cultivares de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) irrigadas com o sistema RDI instalado de forma subsuperficial, tendo por referência o manejo com demanda de água pelas raízes.

2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICOS

AGUIAR, F. Gotejamento enterrado é novidade na irrigação da cana. **Agrianual** 2002, São Paulo, p.256-7, 2002.

BEN-GAL, A.; LAZOROVITCH, N.; SHANI, U. Subsurface drip irrigation in gravel filled cavities. **Vadose Zone Journal**, Austin, v.3, n.4, p.1407-1413, 2004.

CRISTOFIDIS, D. Situação das áreas irrigadas: levantamento da estimativa da área irrigada de 2000 a 2015 agrupados por tipo de sistema. – Brasília: Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação – CSEI / ABIMAQ 2016. http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/csei_area_irrigada_brasil.pdf. Acesso em: 23 junho. 2016.

FARIA, L.A.; SIQUEIRA, W.C.; LIMA, E.M.C.; GOMES, L.A.A.; REZENDE, F.C. Crescimento do meloeiro (*cucumis melo* L.) cultivado em ambiente protegido e irrigado por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA AGRÍCOLA SBEA, 35., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2006. P. 37.

GARCIA, C.J.B. **Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.) com dois sistemas de plantio**. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem)) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2003. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/93821>>. Acesso em: 2016-10-23.

MARQUES, P. A. A.; FRIZZONE, J. A.; TEIXEIRA, M. B. O estado da arte da SDI. **Colloquium Agrarian**, Presidente Prudente, v.2, n.1, p.17-31, 2006. <http://dx.doi.org/10.5747/ca.2006.v02.n1>

SANTOS, D. **Distribuição do sistema radicular e produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) fertirrigada por gotejamento subsuperficial**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem)) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2010. Disponível em: < <http://repositorio.unesp.br/handle/11449/93771>>. Acesso em: 2016-10-23.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE FITA POROSA RDI COM A DEMANDA DE ÁGUA PELA RAIZ

RESUMO

ALVINO, Francisco Cássio Gomes Alvino, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2016. **Caracterização Hidráulica de Fita Porosa RDI com a demanda de água pela raiz.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Coorientadora: Catariny Cabral Aleman

O objetivo do trabalho foi caracterizar e avaliar o desempenho hidráulico da fita porosa com demanda de água pelas raízes modelo RDI (Irrigação de acordo com a demanda da planta). Para a caracterização das fitas porosas foram adaptadas metodologias conforme os procedimentos das normas NBR ISO 9261, ASAE, 1985 e classificação do coeficiente de uniformidade de fitas gotejadoras. O ensaio experimental foi conduzido no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV em Viçosa, Minas Gerais. Para a realização do ensaio foi montada uma bancada de ensaio, onde utilizou-se cinco calhas de PVC espaçadas entre si por 0,50 m, sendo que, no centro de cada calha foram instaladas uma fita porosa RDI. O sistema de irrigação foi abastecido a partir de um reservatório de 250 litros, sob pressão recomendada de 1,4 m.c.a. Na avaliação das características hidráulicas das fitas porosas foram determinadas a vazão, uniformidade de distribuição de água e coeficiente de variação de fabricação. As fitas porosas apresentaram grande variação de vazão, expressando uma má distribuição de água aplicada pelo sistema. Para variabilidade na uniformidade de aplicação foi constatado valores abaixo do recomendado, demonstrando uma má uniformidade e baixa eficiência. O coeficiente de variação de fabricação para as fitas porosas apresentam valores superiores ao limite máximo segundo a norma que é de 0,07.

ABSTRACT

ALVINO, Francisco Cássio Gomes Alvino, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2014. **Characterization and porous tape evaluation for irrigation located Subsurface** Adviser: Everardo Chartuni Mantovani. Co- Advisers: Catariny Cabral Aleman.

The objective of this study was to characterize and evaluate the hydraulic performance of the porous tape with demand for water by the roots RDI model (irrigation according to plant demand). For the characterization of porous tapes were adapted methodologies according to the procedures of ISO 9261 standards, ASAE, 1985 and ranking coefficient of uniformity of drip tapes. The research was conducted in the Hydraulics Laboratory of DEA-UFV - Viçosa, Minas Gerais. For the test run has assembled a test bench, where we used five PVC rails spaced by 0.50 m, and in the center of each track were installed a porous tape RDI. The irrigation system was supplied from a reservoir of 250 liters under pressure recommended 1.4 m.c.a. In evaluating the hydraulic characteristics of the porous tapes were determined flow rate, uniformity of water distribution and manufacturing variation coefficient. Porous tapes showed wide variation in flow, expressing a maldistribution of water applied by the system. To variability in the uniformity of application was found values lower than recommended, showing poor uniformity and low efficiency. The manufacturing variation coefficient (CVF) for porous tapes are higher than the ceiling according to the standard which is 0.07.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é um dos setores que mais demanda o uso da água no Brasil, e como quase toda energia utilizada nesta cadeia produtiva é proveniente das usinas hidroelétricas, setor energético que contribuiu para a recente crise econômica no agronegócio brasileiro, há uma demanda do aprimoramento de técnicas no desenvolvimento de sistemas de irrigação pressurizada de tal modo que os recursos hídricos, energético e humanos sejam otimizados.

Nos últimos anos as empresas que atuam no setor agrícola estão desenvolvendo e comercializando sistemas de irrigação como fitas ou tubos porosos para uso na irrigação localizada, um exemplo é o RDI (Irrigação por Demanda da Raiz), um sistema de irrigação localizada subsuperficial. Este instrumento hidráulico consiste em uma fita porosa que tem como objetivo interagir com os exsudatos liberados pelas raízes das plantas, fornecendo o volume de água necessário para atender sua exigência hídrica (Figura 1). Este equipamento é instalado na profundidade correspondente entre 20 e 30 cm abaixo da zona radicular da planta cultivada.



Figura 1 - Modelo da Fita Porosa RDI (Irrigação com demanda de água pelas raízes).

De acordo com Dalri et al. (2015) analisar os componentes das características hidráulicas do tubo gotejador é um dos requisitos necessários ao dimensionamento de um sistema de irrigação localizada, o tipo de material empregado no processo de fabricação, diâmetro interno do tubo e a relação vazão-pressão são parâmetros hidráulicos que influenciam diretamente no desempenho de sistemas pressurizados de irrigação.

Conforme a norma NBR ISO 9261 da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (2006), para a determinação do ensaio de uniformidade de vazão relacionado com a pressão de serviço em tubo emissores seus valores deverão ser expressos por meio do coeficiente de variação de vazão (CVq), que deve ser inferior à 7%. Estas avaliações devem ser realizadas em um laboratório padronizado, sobre bancada específica de ensaio, todavia ainda não existe normas brasileiras que regulamentam os requisitos referentes a tubo porosos ou fitas porosas. Segundo

Soloman (1979) e a American National Standard ASAE (1985), os valores observados de coeficiente de variação de fabricação dos emissores podem ser agrupados em nível de uniformidade (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Classificação do coeficiente de variação de fabricação (CVf) de emissores da irrigação localizada por gotejamento (SOLOMON, 1979).

CVf	Interpretação
$\leq 0,03$	uniformidade excelente
0,03 a 0,07	uniformidade média
0,07 a 0,10	uniformidade baixa
0,10 a 0,1	uniformidade pobre
$\geq 0,14$	uniformidade inaceitável

Tabela 2. Classificação do coeficiente de variação de fabricação (CVf) de emissores da irrigação por gotejamento (ASAE, 1985).

CVf	Interpretação
$\leq 0,05$	uniformidade boa
0,05 a 0,10	uniformidade média
0,10 a 0,15	uniformidade marginal
$\geq 0,15$	uniformidade inaceitável

Pinto et al. (2014) com a finalidade de caracterizar tubos porosos Osmo-Drain® oriundos de pneus reciclados quanto aos fatores de perda carga, vazão em função da pressão e variação de vazão por meio de metodologia adaptada, concluíram que o tubo poroso apresenta bom desempenho frente ao coeficiente de variação de vazão para todas as pressões analisadas (29,4; 39,2; 49,1; 58,9; 68,7; 78,5 e 88,3 kPa).

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é considerado o parâmetro mais utilizado que expressa a uniformidade e a distribuição de água em uma área irrigada e a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo, por isso, é considerado como um dos fatores mais importantes no dimensionamento de sistemas agrícolas irrigados (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2012).

Para avaliação de uniformidade de um sistema de irrigação localizada pode-se utilizar, a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1974), que sugerem a coleta da vazão dos emissores em quatro pontos ao longo de quatro linhas laterais, sendo que tanto os emissores quanto as linhas a serem utilizadas na amostragem devem ser definidas nas posições iniciais, a 1/3, a 2/3 e no final. No final da amostragem serão mensurados 16 vazões dentro do setor de irrigação, cujos valores serão utilizados no cálculo do CUC.

Deniculi et al. (1980) propôs uma alteração nas coletas de vazão ampliando de quatro para oito pontos em cada uma das quatro linhas amostradas. Eles comprovaram que a ampliação na coleta de vazão no início, a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 e no final do comprimento da linha lateral, possibilita maior precisão.

Entretanto no caso das fitas porosas não existe ainda nenhuma metodologia disponível para caracterizá-las hidraulicamente ou avaliar sua uniformidade de distribuição de água aplicada, todavia conforme os valores de CUC obtidos após uma avaliação de uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento, este pode ser classificado quanto a uniformidade (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

Classes	CUC (%)
excelente	>90
bom	80-90
razoável	70-80
ruim	<60

Fonte: (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2012)

Para o caso das fitas porosas RDI não há metodologias descritas em nenhuma literatura para caracterizá-las hidraulicamente, sobretudo no que se refere à determinação dos parâmetros para cálculos de uniformidade de aplicação de água e coeficiente de variação de fabricação (CV_f). Por se tratar de fitas porosas que apresenta milhares de orifícios com diferentes diâmetro e espaçamento diferentes ao longo do seu comprimento.

Considerando o exposto, desenvolveu-se esse trabalho com o intuito de caracterizar hidraulicamente fitas porosas RDI por meio de ensaios técnicos de irrigação localizada subsuperficial visando determinar a vazão média, avaliar a uniformidade de distribuição de água e estabelecer o coeficiente de variação de fabricação (CV_f).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O ensaio experimental foi conduzido no período de julho a outubro de 2015 no Laboratório de Hidráulica do Centro de Referência de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa (20° 46' S, 42° 52' W, 660 m).

Para caracterizar o desempenho hidráulico e técnico das fitas porosas RDI foi montada uma bancada de ensaio, onde utilizou-se cinco calhas de PVC rígido com seis metros de comprimento espaçadas entre si por 0,50 m, onde no centro de cada calha foram instaladas uma fita porosa RDI. As fitas porosas ficaram suspensas por meio de suportes de madeira, com declividade linear igual a 2% (Figura 2).



Figura 2 - Estrutura utilizada para ensaios de avaliação do sistema RDI.

O sistema de irrigação foi abastecido a partir de um reservatório de 250 litros, com um sistema de controle de entrada e saída de água sob pressão (2 psi), conforme recomendado pelo fabricante. O controle da pressão de serviço foi montado com um sistema de boia com regulagem de nível igual a 1,4 m de altura em relação às calhas. O nível da água foi mantido constante ao longo de todo ensaio experimental. Foi utilizado nos testes a água fornecida pela Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa (SAAE), cuja análise química apresentou 6,5 mg L⁻¹ de resíduos sólidos solúveis totais, estando dentro do limite aceitável de até 25 mg L⁻¹, segundo a norma NBR ISSO 9261.

2.2 Determinação da vazão das fitas porosas

Foi instalado no final de cada calha um Pluviógrafo Irriplus P300® onde foi registrada a lâmina gotejada em um comprimento de seis metros de fita e, assim foi garantida as condições contínuas e automáticas de medição horária da vazão da fita porosa (Figura 3). Os pluviógrafos utilizados foram calibrados um a um, garantindo um adequado grau de conformidade e medição.



Figura 3 - Pluviógrafos Irriplus P300®.

2.3 Uniformidade de distribuição de água

Para análise da uniformidade de aplicação de água com o coeficiente CUC e eficiência de distribuição de água do sistema de irrigação RDI (BERNARDO, SOARES, MANTOVANI, 2006), foram utilizados dados contínuos de lâmina horárias coletada em cada pluviógrafo e transformada em vazão horária ($L \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-1}$). Com uso dos 24 valores horários de vazão, calculou-se a vazão diária, para posterior transformação em lâmina diária (mm dia^{-1}). Com base nas cinco medidas de lâmina média por comprimento linear de calha (L_i) foi calculado o $CUC_{ajustado}$, considerando a médios de L_i (Equação 1).

$$CUC_{ajustado} = 100 \left(1 - \frac{\sum |L_i - \bar{L}|}{n * \bar{L}} \right) \quad \text{Equação 1}$$

em que:

$CUC_{ajustado}$ = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

L_i = lâmina diária de cada uma das cinco fitas porosas amostrada, $\text{mm dia}^{-1}\text{m}^{-1}$;

\bar{L}_i = lâmina média das cinco fitas porosas amostradas, $\text{mm dia}^{-1}\text{m}^{-1}$; e

n = número de repetições (cinco), adimensional.

2.4 Coeficiente de variação de fabricação (CVf)

Na determinação do coeficiente de variação de fabricação (CVf) da fita poroso RDI utilizou-se as lâminas diárias coletadas de cada fita e, com base na média destas lâminas e seu respectivo desvio padrão da amostra foi calculado o CVf (SOLOMON, 1979) (Equação 2).

$$CVf = \left(\frac{Sq}{qm} \right) 100 \quad \text{Equação 2}$$

em que:

CVf = coeficiente de variação de fabricação, unidade de medida;

Sq – desvio padrão da amostra, mm dia⁻¹m⁻¹; e

qm – vazão média da amostra, mm dia⁻¹m⁻¹.

Os valores do desvio padrão (Sq) da vazão ou lâmina dos emissores testados, submetidos à mesma pressão foi calculado com uso da Equação 3.

$$Sq = \sqrt{\frac{\sum |L_i - \bar{L}|}{n-1}} \quad \text{Equação 3}$$

em que:

Sq = desvio padrão da vazão dos emissores sob funcionamento isobárico, adimensional;

L_i = lâmina diária de cada uma das cinco fitas porosas amostrada, mm dia⁻¹m⁻¹;

\bar{L} = lâmina média das cinco fitas porosas amostradas, mm dia⁻¹m⁻¹; e

n = número de repetições (cinco), adimensional.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Figura 4 são apresentados os resultados de lâmina obtidas entre as fitas porosas de RDI em diferentes dias e fitas para duas épocas de medidas, sendo a Figura 4A para um período de nove dias e a 4B para um período de cinco dias.

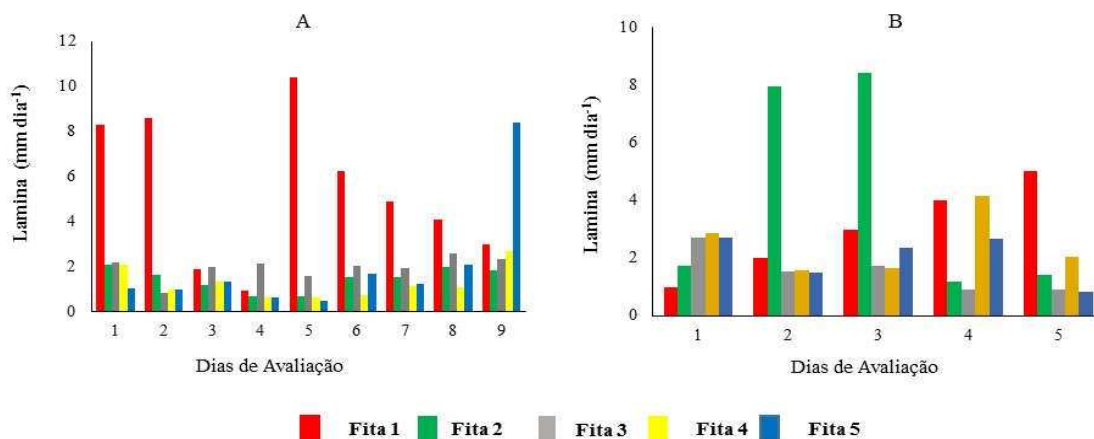


Figura 4 - Vazões obtidas em intervalos de 24 horas no período de 27/09/2015 a 05/10/2015 (A) e 10/10/2015 a 14/10/2015 (B), Viçosa-MG, Brasil, 2015.

Observa-se uma grande variação das lâminas entre as fitas, como pode ser observado nas fitas 1 e 5 da Figura 4A que apresentou valores mínimos e máximos de 1,41 a 10,74 e 0,62 a 8,85 mm dia⁻¹ m⁻¹, respectivamente, entre os dias 27/09 a 05/10/2015. No segundo período de avaliação Figura 4B é possível observar a mesma grande variação entre as fitas porosas, como valores mínimos e máximos de 0,63 a 8,30 mm dia⁻¹ m⁻¹, respectivamente.

Os valores de vazão ou lâminas de irrigação medidos nas duas avaliações Figura 4 indicaram uma distribuição inadequada da água aplicada pelo sistema, podendo-se inferir que a porosidade da fita não é homogênea ao longo do comprimento linear da mesma. São necessários testes físico-químicos no material poroso da fita para melhor entender suas propriedades hidráulicas e a variabilidades que a lâmina de irrigação aplicada correspondente ao valor determinado pela técnica de manejo.

Outra observação importante é que, contrariando as informações do fabricante, as fitas porosas liberam água de forma independente da demanda radicular expressa em emissão de exsudados. Ademais de liberar de forma independente a vazão a mesma é irregular e variável.

Frizzone e Dourado Neto (2003) relatam que um dos principais fatores que podem acarretar a oscilação de vazão nos emissores de um mesmo tubo gotejador, são os materiais utilizados em seu processo de fabricação.

Contraopondo com a variabilidade obtida pelo RDI, estudo realizado por Dalri et al. (2015), avaliando a vazão de quatro gotejadores autocompensantes Amanco Drip PC, Naan PC, Ram e Twin Plus, que são comercializados no Brasil para instalação superficial ou subsuperficial. Os valores encontrados uniformidade de vazão foram excelentes e dentro das especificações exigidas pelas normas técnicas.

Sousa et al. (2012) em trabalho comparando dois emissores utilizados na irrigação localizada subsuperficial, sendo um protótipo com protetor no emissor e outro convencional, instalados em vasos com cultura e outros apenas com solo, observaram que os emissores não ocasionaram redução em suas vazões, com variações mínimas após um ano de funcionamento.

Na Tabela 4 são apresentados os valores diários dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen ajustado e Coeficiente de variação de fabricação (CVf) para as fitas porosas, avaliadas no primeiro teste no período de 27/09 a 05/10/2015 e 10/10 a 14/10/2015.

Tabela 4. Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), Viçosa-MG, Brasil, 2015.

Dia de medida	CUC _{ajustado} (%)	CVf (%)
27/09/2015 (dia 1)	73%	31,1
28/09/2015 (dia 2)	30%	98,1
29/09/2015 (dia 3)	30%	97,7
30/09/2015 (dia 4)	34%	92,5
01/09/2015 (dia 5)	60%	49,9
02/10/2015 (dia 6)	20%	115,8
03/10/2015 (dia 7)	43%	84,9
04/10/2015 (dia 8)	50%	72,7
05/10/2015 (dia 9)	40%	89,1
10/10/2015 (dia 1)	67%	53,8
11/10/2015 (dia 2)	32%	90,1
12/10/2015 (dia 3)	30%	97,6
13/10/2015 (dia 4)	49%	68.89
14/10/2015 (dia 5)	34%	92,5

Os valores de $CUC_{ajustado}$ e CVf para as fitas porosas apresentam grande variabilidade, incompatível com sistemas de irrigação em geral e mais especificamente para irrigação localizada por gotejamento. O sistema apresenta má qualidade de uniformidade e baixa eficiência, sendo que os valores de $CUC_{ajustado}$ nos nove dias avaliados apresentaram uma variação de 20% a 73% e os CVf de 31,1 a 115,8%, dependendo do dia avaliado.

Para sistemas de aplicação localizada, são esperados valores de CUC acima de 90% (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2012), o que não foi observado nas medidas realizadas neste trabalho o que implica na inviabilidade no uso do sistema RDI, pois os valores encontrados influenciaram diretamente no custo e a qualidade da irrigação, proporcionando problemas econômicos e ambientais.

Cunha et al. (2013) avaliando CUC ao longo do tempo, em um sistema de gotejamento subsuperficial, observaram que os valores de CUC tenderam a variar ao longo do período de operação do sistema, apresentando resultados que oscilaram de 92,25 a 96,13% no período de 200h.

Para CVf observou valores excessivamente altos e instáveis (31,1 a 115,8%), onde os recomendados pela norma NBR ISO 9261 (ABNT, 2006) deve ser inferior a 7%, implicando que a fita porosa RDI não se enquadra nas normas da ABNT. Dalri et al. (2015) avaliando o desempenho hidráulico de quatro gotejadores autocompensante comerciais, verificaram valores variando de 1,9 a 4,5%.

Prado et al. (2014) analisando as características hidráulicas de gotejadores também encontraram valores de CVf inferior a 7%. Pinto et. al. (2014) por meio de estudos de caracterização hidráulica de tubos porosos Osmo-Drain® sob diferentes pressões, alcançaram resultados de CVf inferior a 7%.

A determinação do coeficiente de variação de fabricação CVf em emissores, tubos ou fitas porosas é fundamental no controle de qualidade de fabricação destes materiais, visto que suas vazões podem ser inconstantes em lotes com altos coeficientes de variação de fabricação como observado neste trabalho.

Em virtude dos valores observados de vazão, CUC e CVf infere-se que a fita porosa RDI não reúne condições mínimas de aplicação no campo. A variabilidade entre as fitas e entre os dias de avaliações na bancada experimental significa que o produto necessita de melhor desenvolvimento para ser recomendado e utilizado pelos irrigantes.

4. CONCLUSÃO

As fitas porosas RDI apresentaram grande variabilidade de vazão entre linhas e ao longo do tempo, não apresentando condições hidráulicas adequadas, de acordo com os testes realizados em laboratório e as normas de recomendação.

Os coeficientes de variação de fabricação para todos os testes realizados foram abaixo de 0,07.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT 1986: Associação brasileira de normas técnicas. **Requisitos mínimos para elaboração de projeto de sistema de irrigação localizada**. PNBR 12:02.08 - 022. São Paulo, 1986, 8 p.

ABNT 2004: Associação brasileira de normas técnicas. **Irrigação localizada**: microaspersores - requisitos gerais e métodos de ensaio. PNBR 04:015.08 – 015. São Paulo, 2004, 11 p.

ABNT 2006: Associação brasileira de normas técnicas. **Equipamentos de irrigação agrícola – emissores e tubos emissores – especificação e métodos de ensaio**. NBR ISO 9261:2006. Rio de Janeiro, 2006, 17 p.

AMERICAN NATIONAL STANDARD. **ANSI/ASAE S553**: Collapsible emitting hose (drip tape): specifications and performance testing. St Joseph, 1985. 6p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625 p.

CUNHA, N.F.; OLIVEIRA, R.C.; SILVA, N.F.; MOURA, L.M.F.; TEIXEIRA, M.B.; FILHO, R.R.G. Variabilidade Temporal aa Uniformidade de Distribuição em Sistema de Gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.7, n.4, p.248-257, 2013.

DALRIL, A.B.; GARCIAL, C.J.B.; ZANINIL, J.R.; FARIAL, R.T.; PALARETTI, L.F. Caracterização técnica e desempenho hidráulico de quatro gotejadores autocompensantes utilizados no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.8, p.1439-1444, 2015.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v.27, n.150, p.155–162, 1980.

FRIZZONE, J.A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação e análise econômica. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (ed.). **Irrigação**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. v.2, cap.15, p. 573-652.

FRIZZONE, J.A.; VIEIRA, A.T.; PAZ, V.P.; BOTREL, T.A. Caracterização hidráulica de um tubo gotejador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v.2, n.3, p.278-283, 1998.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. *Transactions of the ASAE*, v.17, p.678-684, 1974.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2012.

PINTO, M.F.; CAMARGO, A.P.C.; NETO, O.R.N.; FRIZZONE, J.A. Caracterização hidráulica de tubos porosos oriundos de pneus reciclados utilizados em irrigação subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.11, p.1095–1101, 2014.

PRADO, G.; NUNES, L.H.N.; TINOS, A.C. Avaliação técnica de dois tipos de emissores empregados na irrigação localizada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.8, n.1, p.12-25, jan. 2014.

SOUSA, W.J.; BOTRET, T.A.; COELHO, R.D.; NOVA, N.A.V. Irrigação localizada subsuperficial: Gotejador convencional e novo protótipo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.8, p.811–819, 2012.

SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 5, p.1038-8. 1979.

FRANCISCO CÁSSIO GOMES ALVINO

Capítulo 2

CARACTERÍSTICA AGRONÔMICA E PRODUTIVIDADE DE TRÊS CULTIVARES DE
RÚCULA (*Eruca sativa*) IRRIGADA COM FITAS POROSAS

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

RESUMO

ALVINO, Francisco Cássio Gomes Alvino, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2016 **Avaliação da Morfofisiologia e Produtividade de Três Cultivares de Rúcula (*Eruca sativa*) Irrigada Sob Fitas Porosas** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Coorientadora: Catariny Cabral Aleman

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar os indicadores agrônômicos de diferentes cultivares de rúcula em diferentes lâminas de irrigação utilizando fitas porosas RDI (Irrigação por demanda das raízes). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em arranjo de parcelas subdivididas, com três diferentes lâminas de água (100%, 50% e 25%), três cultivares de rúcula (V1 Antonnela, V2 Cultivada e V3 Folha Larga) com três repetições. O experimento foi instalado em uma casa de vegetação na UFV. As lâminas de água aplicadas com as fitas porosas de RDI de 100, 50 e 25%, correspondiam aos tempos de pressurização de 24, 12 e 6 horas diária, respectivamente. Foram avaliadas a massa fresca da parte aérea, da raiz e total, massa seca da parte aérea e da raiz, área foliar, teor relativo de água na folha, índice de clorofila foliar, comprimento de raiz e taxa de crescimento relativo. Observou-se que as fitas porosas RDI instaladas subsuperficialmente apresentaram também grande variabilidade entre fitas e temporal, dificultando uma análise mais segura sobre a melhor estratégia de irrigação com essa metodologia. Verificou-se que a cultivar Folha Larga apresentou maior fitomassa fresca e seca quando submetida a lamina média correspondente a 157 mm obtida com tempo de funcionamento de 12 horas diárias (50%).

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, área explorada com hortaliças e estimada em 800 mil hectares no qual são produzidos 19,3 milhões de toneladas e uma produtividade de 24 toneladas por hectares (EMBRAPA, 2011), onde estimar 6.000 ha ano⁻¹ confirmar essa informação ocupados pela rúcula (SALA et al., 2004), com mais da metade dessa área concentrada na região do sudeste do País (PURQUERIO; TIVELLI, 2006). De acordo com dados levantados no sistema de estatística de Mercado da CEAGESP, o estado que mais comercializa a cultura da rúcula é São Paulo com evolução do volume comercializado entre 1999 e 2009 que resultou em aumento de 103% (ROCHA, 2010).

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma brássica cujas folhas são muito apreciadas na forma de salada. Produzida em todas as regiões do Brasil, desde o final da década de 1990, a rúcula vem conquistando maior espaço no mercado. Estima-se que a área cultivada seja de 6.000 ha ano⁻¹, com 85% da produção nacional concentrada no sudeste (SALA et al., 2004; PURQUEIRO et al., 2007).

Informações específicas como a exigência hídrica durante o ciclo, condições ideais de controle eficiente da umidade do solo e aplicações de lâminas de irrigação que supram a necessidade são escassas na literatura, sendo que para potencializar a sua produtividade minimizando o custo e os riscos na produção, devem ser realizados estudos com novas estratégias e tecnologia de irrigação.

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça folhosa, que tem apresentado um aumento em sua produção e consumo no Brasil, representada principalmente pelas cultivares Cultivada e Folha larga. Ela pertence à família Brassicaceae e tem como centro de origem o Mediterrâneo (sul da Europa e parte ocidental da Ásia). É uma planta que apresenta porte baixo, folhas alongadas e recortadas de coloração verde escuro e de sabor picante, atingindo uma altura de 15 a 20 cm no ponto de colheita. Apresenta dentre todas as hortaliças a maior fonte de ferro, contendo ainda cálcio, fósforo e vitaminas A e C. (EMBRAPA, 2011; GONZALEZ *et al.*, 2006).

Desenvolve-se bem em condições de clima ameno e solos férteis, necessita de boa disponibilidade hídrica durante todo o seu desenvolvimento vegetativo, sendo que o estresse hídrico por déficit retarda ou impossibilita o desenvolvimento do seu sistema radicular e conseqüentemente redução no crescimento da parte aérea e na produção de matéria verde (MINAMI; TESSARIOLI NETO, 1998). Já o excesso de água, segundo Pimpini e Enzo (1997); Purqueiro et al. (2007), pode ocasionar aparecimento de doença conhecida como tombamento das plantas (*damping off*) provocado por fungos de solo.

Apesar da cultura da rúcula ser recomendada a ser produzida em período de temperaturas amenas, ela tem sido cultivada ao longo do ano em numerosas regiões brasileiras. Resultado comprovado por Moura et al. (2008) e Cunha (2013), cultivando rúcula em diferentes épocas climáticas do ano, sendo seca e chuvosa, verificaram produtividades superior de massa fresca quando cultivada em época seca, sob irrigação.

As hortaliças folhosas apresentam elevada demanda de água, pois são plantas estritamente sensíveis ao estresse hídrico. Vieira et al. (2005) estudando o comportamento da produtividade comercial da alface sob efeito de lâmina de irrigação aplicada, concluíram que tanto lâminas excessivas, quanto déficit promoveram menores valores médios de produtividade comercial.

De acordo com pesquisa realizada por Becari (2015) a cultura da rúcula cultivada em diferentes classes de textura de solo e diferentes porcentagens da capacidade de campo, observou maior produção de matéria fresca para reposição de 80 a 120% da capacidade de campo em solos de textura média e de 120% da capacidade de campo em solo de textura argilosa.

A adoção de um sistema de irrigação e a realização de manejo adequado pode viabilizar a produção e o empreendimento, haja vista que as hortaliças de maneira geral apresentam desenvolvimento intensamente influenciado pelas condições ideais de umidade do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os indicadores agronômicos de três cultivares de rúcula submetidas a diferentes lâminas de irrigação utilizando fitas porosas RDI (Irrigação por demanda de água das raízes) e ainda verificar o desempenho das fitas porosas em condições de instalação subsuperficial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi conduzido no Campo Experimental Professor Diogo Alves de Melo da Universidade Federal de Viçosa (20 45' S; 42° 52' W; 581 m). O clima segundo a classificação climática proposta por Koppen é do tipo Cwa Subtropical, com temperatura e precipitação medias anuais de 19,4 °C e 1221,4 mm, respectivamente (VIANELLO e ALVES 1991).

O trabalho foi desenvolvido durante o período de fevereiro a março de 2016, em casa vegetação de 210 m², com cobertura na forma circular, altura do pé direito de 3m e altura de arco 1,5m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade e 150 um de espessura.

2.2 Instalação do experimento

Na montagem do experimento foram instaladas 9 calhas de PVC rígido com seis metros de comprimento e 1.2 m² de área, sendo que no centro de cada calha colocou-se uma fita porosa RDI espaçadas à cada 0,50m e para o abastecimento de água foram utilizadas duas caixas d'água de 250 litros suspensas por uma estrutura de 1m de altura. As calhas foram cobertas por solos previamente peneirado, e as fitas porosas ficaram enterradas a uma profundidade de 10 cm.

Nas caixas d'água foram instaladas um sistema de boia que possibilitou que o nível de água permanecesse constante fazendo o controle de entrada da água nas fitas porosas RDI sob pressão de 1,4 m.c.a (2 psi) conforme recomendação pelo fabricante.



Figura 1. Instalação das fitas porosas RDI (A), sistema de abastecimento de água com boias (B) e preenchimento das calhas com solo (C) Viçosa-MG.

Na reposição e controle do consumo de água destinado às fitas porosas utilizou-se dois reservatórios graduados com volume conhecido de 60 litros. Os reservatórios eram conectados a

as fitas permitiam que fossem mantidas sob pressão de 1,4 m.c.a, sendo possível determinar o volume de água liberada pelas fitas porosas.

O solo usado no preenchimento das calhas foi um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico argiloso, originário de barranco com classificação de horizonte C, tendo como característica limitações por matéria orgânica, e necessidade de ser peneirado para separação de torrões, raízes e palha.

Após o solo ter sido peneirado foi feita incorporação do mesmo na proporção 2/3 de solo para 1/3 de esterco curtido de caprino, logo em seguida uma amostra de solo foi coletada, e analisada pelo Laboratório de Fertilidade e Física de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Foram determinados os atributos químicos, granulométricos e físico-hídricos (Tabelas 1 e 2).

Foi realizada correção da acidez e fertilidade do solo, conforme a recomendações do Instituto Agrônomo, Centro de Horticultura de Campinas – SP (2014). Realizou-se adubação por metro linear em cada calha com 33 g super simples, 4 g de sulfato de amônio, 4 g de cloreto de potássio, 0,16 g de ácido bórico e 0,45 g de sulfato de cobre.

Tabela 1. Análise granulométrica e classificação textural do material do solo

Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classificação textural*
-----Kg/Kg-----				
0,144	0,083	0,039	0,735	Argila

* Classificação textural segundo a Sociedade Brasileira de Ciências dos Solos (LEMOS e SANTOS, 1996).

Tabela 2. Resultado das análises químicas do material do solo.

pH	P	K	Zn	MO	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cu	B	H + Al ³⁺	Sb	CTC _{Total}
H ₂ O	----- mg dm ³ -----		-----	dag/Kg	-----			cmol _c dm ³	-----		
4,9	1,2	22	0,5	1,45	0,6	0,1	0,2	0,1	2,80	0,76	0,76

P, K, Zn, e Cu disponíveis extraídos com Mehlich I; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; Acidez potencial a pH extraída com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹; B extraído com água quente

Para obtenção das características físico-hídricos do solo foi determinado a curva de retenção de água no solo. A curva foi obtida com auxílio de mesa de tensão para os pontos -6, -10, -30, -60 Kpa, e na câmara de Richards os pontos de -100, -400 e -1500 Kpa. O ajuste da curva foi realizado de acordo com a metodologia de Van Genuchten (1980) (Equação 1). Os parâmetros r , s , α , n e m foram determinados com base nos dados observados na curva de retenção de água no solo, utilizando o programa Soil Water Retention Curve (version 3.00 beta), sendo que a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente foram determinados de acordo com a curva de retenção de água no solo (Figura 2). A capacidade de campo para esse

solo foi de 0,5600 cm³cm⁻³ (-6 kPa) e o ponto de murcha permanente 0,2510 cm³cm⁻³ (-1500 kPa).

$$\theta = r + \frac{s - r}{[1 + (\alpha |\psi_m|^n)]^m} \quad (02)$$

Em que:

- umidade volumétrica em função do potencial matricial (cm³ cm⁻³);
- r - umidade volumétrica residual do solo (cm³ cm⁻³);
- s - umidade volumétrica do solo saturado (cm³ cm⁻³);
- n e m - parâmetros adimensionais da equação de regressão;
- α - parâmetro com dimensão igual ao inverso da tensão (kPa⁻¹);
- ψ_m - potencial matricial de água no solo (kPa).

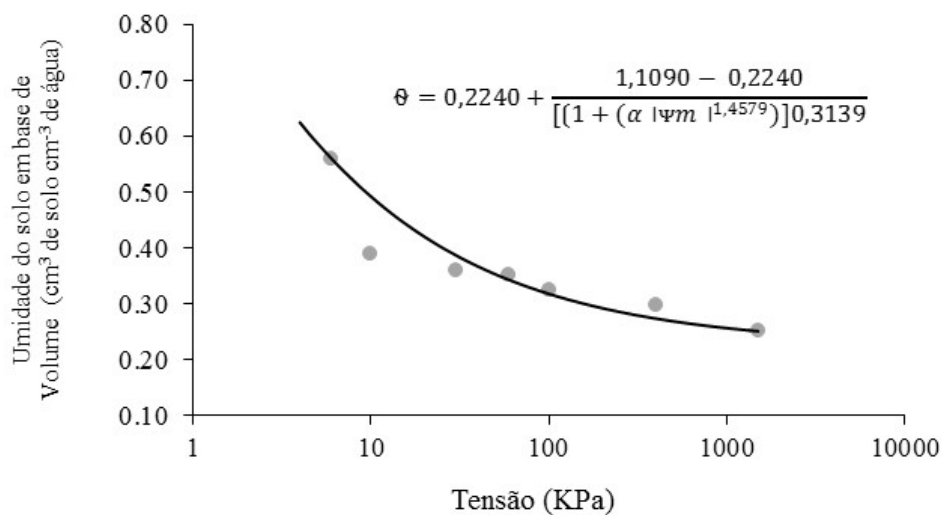


Figura 2: Curva de retenção de água do solo.

2.3 Produção de mudas

Foram cultivadas três cultivares de Rúcula, sendo elas Antonela, Folha Larga e Cultivada pertencente a espécie *Eruca sativa* Miller. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido, com 200 células devidamente preenchidas com substrato comercial Plantmax®. As mudas foram transplantadas quando apresentavam 4 folhas definitivas, o que

aconteceu com 12 dias após a semeadura, colocou-se uma planta por cova. O espaçamento utilizado foi de 0,1 x 0,5 m, totalizando 20 plantas por unidade experimental.

2.4 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento experimental em parcelas subdividida, com três diferentes lâminas de água (100%, 50% e 25%) três cultivares de rúcula (V1 Antonneta; V2 Cultivada e V3 Folha Larga) com três repetições. Dentro de cada parcela das lâminas de água, foram instaladas as subparcela com os três cultivares de rúcula.

As lâminas de irrigação foram estabelecidas conforme o tempo de funcionamento das fitas porosas, a lâmina de água 100% correspondeu as fitas porosas de RDI que ficavam pressurizadas durante 24 horas diária. Os tratamentos de 50 e 25% correspondiam a aplicação de água por 12 e 6 horas diária, respectivamente.

2.5 Variáveis avaliadas

2.5.1 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A taxa de crescimento relativo (TCR) (eq.03) foi determinada a partir das medidas de altura semanal, segundo metodologia de Radford (1967). A altura das plantas foi medida semanalmente com o auxílio de régua milimetrada, considerando a base das plantas da rúcula até maior altura da folha.

$$TCR = \frac{\ln(Alt F) - \ln(Alt I)}{T} \quad (03)$$

Em que:

TCR - taxa de crescimento relativo (cm⁻¹dia⁻¹)

AltF - altura final das plantas (cm);

AltI - altura inicial das plantas (cm);

T - intervalo de tempo (dias).

2.5.2 Massa da Matéria Fresca da Parte Aérea (MFPA)

Após 40 dias da semeadura foi realizada a colheita da rúcula, e posteriormente, efetuou-se a pesagem de 8 plantas com um auxílio de uma balança de precisão, determinando-se média da massa fresca. Os resultados obtidos foram expressos em g planta⁻¹.

2.5.3 Massa seca de parte aérea (MSPA)

A massa seca da parte aérea (MSPA) foi determinada após a colheita final, onde as plantas foram acondicionadas em sacos de papel com as devidas identificações e posteriormente colocada em estufa de circulação de ar a 75 °C, permanecendo por três dias, em seguida, o material foi pesado com auxílio de balança analítica e o resultado expresso em g planta⁻¹.

2.5.4 Comprimento (CR) e massa seca de raízes (MSR)

O comprimento de raízes (CR) foi medido após a colheita final e separação de parte aérea e da raiz, para a medição do comprimento foi utilizada uma régua milimetrada, em seguida as raízes foram colocadas em sacos de papel e depois em estufa de circulação de ar a 75 °C ficando por três dias, em seguida foram pesadas em balança analítica e assim determinada a massa seca de raiz (MSR).

2.5.5 Estimativa da área foliar

A determinação da estimativa da área foliar (cm²) foi realizada após a colheita, avaliaram-se 8 plantas por subparcela, realizada pelo método direto, em que as folhas foram medidas por meio do equipamento integrador de área foliar (LICOR 3100), que mede automaticamente a área pela passagem das folhas pelo sensor.



Figura 3: Integrador de área foliar (Licor 3100)

2.5.6 Índice de clorofila foliar

Para estimar o índice de clorofila foliar, foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas em cada sub-parcela, onde foi utilizado o clorofilômetro portátil (SPAD 502 - Minolta) de forma indireta e não destrutiva. Foram realizadas três leituras do teor foliar de clorofila total em cada

folha. O valor do teor de clorofila atribuído às sub-parcelas foram representados pela média das leituras das folhas avaliadas e selecionadas aleatoriamente.



Figura 4: Clorofilômetro portátil SPAD 502 - Minolta (A); Avaliação de clorofila na folha (B)

2.5.7 Teor relativo de água na folha (CRA)

Para determinar o teor relativo de água nas folhas foram escolhidas duas plantas por subparcela onde foram retirados 8 discos foliares de uma folha por planta, utilizando vazador cilíndrico cuja área é igual a $3,84 \times 10^{-5} \text{ m}^2$. Em seguida os discos foliares foram pesados em balança com precisão de 1 mg e colocados em placa de Petri, onde as mesmas foram preenchidas com água destilada. Após 24 horas, os discos foliares foram secos em papel toalha e pesadas novamente (Pst). Após estes procedimentos o material foi colocado em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 48 horas, obtendo-se assim a massa da matéria seca (Ps) (Barrs, 1968):

$$CRA = \frac{(PF-PS)}{(Pst-PS)} \times 100 \quad (03)$$

CRA = teor relativo de água na folha, %;

Pf = massa do material fresco, g;

Ps = massa do material após secagem em estufa, g;

Pst = massa do material saturado, g.

2.5.8 Análise estatística

Os dados foram analisados por meio de análise de variância. Para as lâminas de irrigação e variedades pela significância foi utilizando o teste t a 1% de probabilidade e o teste de Tukey, utilizando o software estatístico ASSISTAT 7.7 beta (SILVA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3 são apresentadas as três lâminas de irrigação (mm) aplicadas pelo volume de água liberado pelas fitas, do período após o transplante da cultura até a colheita. Verificou coerência entre os valores médios aplicados no tratamento de 50% que correspondeu a 157,4 mm, com valores finais de 54% em relação a lâmina máxima. No tratamento correspondente a 25%, a liberação de água foi superior ao planejado atingindo o valor de 115,4 mm, correspondente a 39,8% da lâmina máxima.

Tabela 3. Lâmina totais de irrigação (mm), correspondendo ao tempo de irrigação (h) 6, 12, 24 h.

Tempo de Irrigação (h)	6	12	24
Lâmina (mm)	115,4	157,4	290,2

Apesar das lâminas de irrigação apresentarem valores médios específicos de 290,2; 157,4 e 115,4 mm, observou-se grande variabilidade nas lâminas liberadas pelas fitas porosas no experimento de casa-de-vegetação, onde se constatou variabilidade dentro da mesma parcela.

A comprovada variabilidade de aplicação de água em condições subsuperficial corroboram os resultados de avaliação hidráulica das fitas instaladas superficialmente em laboratório, permitindo também não recomendar o uso do sistema RDI instalado subsuperficial, simulando as condições de campo. Na instalação subsuperficial nas calhas de PVC observou-se também liberação de água de forma contínua e irregular, não ocorrendo à característica informada nos catálogos de liberação de água pela demanda das raízes. Tal fato confirma a reprovação do sistema RDI para irrigação de uma forma geral.

A variabilidade de aplicação de água observada nas subparcelas trouxe muita incerteza no processo de irrigação, onde o controle de água exigia medidas, acompanhamento e observações permanentes, o que inviabilizariam a utilização do método em condições de campo. Para compensar esta variabilidade, foi necessário eliminar plantas de subparcelas onde avaliação da umidade do solo pelo método padrão de estufa e pelo método sensorial indicavam constante aplicação excessiva ou baixa de água.

Na Tabela 4 apresenta-se o resultado da análise de variância para as lâminas de irrigação, variedades de rúcula e o efeito da interação entre os dois fatores para: massa fresca da parte aérea, da raiz e total, massa seca da parte aérea e da raiz, área foliar, teor relativo de água na folha, índice de clorofila foliar, comprimento de raiz e taxa de crescimento relativo.

Tabela 4. Resumo da análise de variância em parcelas subdivididas para as diferentes laminas e as diferentes cultivares de rúcula. Viçosa – 2016.

FV	QUADRADO MÉDIO											
	GL	MFPA	MFR	MFT	MSPA	MSR	MST	AF	CRA	ICF	CR	TCR
Bloco	2	1.03	0.00018	1.01	0.00235	0.00039	0.00419	43.434	0.00108	0.70084	0.029	0.00009 ^{ns}
lâminas (L)	2	294.26**	0.60**	321.36**	2.00102**	0.47111**	4.3934**	112035.86**	0.065**	20.2585**	144.54**	0.00010 ^{ns}
resíduo A	4	0.21	0.00313	0.22	0.00101	0.00110	0.00146	20.15080	0.0014	0.15371	0.3185	0.00004
cultivar (V)	2	115.28**	0.173**	124.38**	0.62573**	0.1089**	1.254**	23869.364**	0.1515**	28.911**	17.808**	0.00005 ^{ns}
L x V	4	3.58**	0.0090**	3.57**	0.06439**	0.00250**	0.084**	1769.03**	0.0056**	8.6353**	8.978**	0.00004 ^{ns}
resíduo B	12	0.21	0.00072	0.21	0.00509	0.00087	0.00485	60.745	0.00078	0.76513	0.141	0.00006
Total	26	838.95	1.611	911.32	5.580	1.1856	11.706	279782.99	0.4748	144.0944	363.65	0.00157
média geral		15,96	0.64	16.61	1.51	0.48414	1.99	313.15	0.4939	33.9066	18.766	0.0621
C.V.%		2.90	6.44	2.81	3.28	6.46	2.705	1.96	6.725	1.87	2.51	11,36

* e **: significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. ns: Não significativo. massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da Raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), área foliar cm² (AF), teor relativo de água na folha (CRA), índice de clorofila foliar (ICF), comprimento de raiz (CR), taxa de crescimento relativo (TCR).

Observou-se diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, para todas as variáveis estudadas considerando a interação entre lâminas de irrigação e variedades de rúcula, exceto para a taxa de crescimento relativo. Os coeficientes de variação significativa foram entre 1,87 a 6,46%, sendo considerado baixos por se tratar de ensaio conduzindo em casa de vegetação e com os controles e abandono de plantas em que a variabilidade do sistema comprometeu o desenvolvimento adequado das mesmas, como citado anteriormente (GOMES,1987).

Na Tabela 5 são apresentadas as médias das variáveis MFT, MFPA e MFR . Verifica-se que, a cultivar Folha Larga foi a que expressou melhor comportamento quando se comparada as demais.

Tabela 5. Valores médios de massa fresca total, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz em função de diferentes lâminas de irrigação no cultivo protegido de rúcula, Viçosa-MG, Brasil, 2016.

Fator de Resposta	lâmina	cultivares de rúcula		
		Antonela	Cultivada	Folha larga
massa fresca total (g planta ⁻¹)	25%	6.49 cC	10.15 cB	15.74 cA
	50%	18.73 aC	23.02 aB	26.45 aA
	100%	13.91 bC	15.76 bB	19.20 bA
massa fresca da parte aérea (g planta ⁻¹)	25%	6.19 cC	9.75 cB	15.22cA
	50%	18.00 aC	22.12 aB	25.32 aA
	100%	13.43 bC	15.16 bB	18.50 bA
massa fresca da raiz (g planta ⁻¹)	25%	0.31 cC	0.39 cB	0.52 cA
	50%	0.73 aC	0.89 aB	1.13 aA
	100%	0.48 bC	0.60 bB	0.73 bA

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes comparam a lâmina de irrigação médias seguidas de letras maiúsculas diferentes são referentes à Variedade Tukey (p<0,05).

Foi verificado que a lamina de 50% de disponibilidade de água na planta foi superior às demais. Isso sugere que, a cultivar Folha Larga e a lamina de 50% tem o melhor ajuste fisiológico da supressão hídrica, do que as demais avaliadas, a cultivar Folha Larga produziu 41% a mais de massa fresca total, quando comparada com a cultivar Antonela e 15% da Cultivada, quando submetidas a lâmina de 50%.

De acordo com os resultados obtidos constatou-se que a rúcula supriu suas necessidades hídricas, com aplicação média da lâmina de 50% de disponibilidade de água, correspondendo a um período de 12 horas diária de funcionamento do sistema. Os resultados obtidos foram similares aos encontrado por Cunha et al., (2013) testando quatro lâminas de irrigação de 82,1; 113,4; 134,2 e 167 mm na cultura de rúcula, determinadas de acordo com a demanda de

evapotranspiração da cultura (ETc). Os autores constataram maiores valores de fitomassa para cultivar Folha Larga - Top Seed de 21,67 g planta⁻¹, quando comparado com as cultivares Apreciata, Folha Larga – Feltrin e Cultivada – Feltrin.

Santos et al. (2011) avaliando a produção de cinco cultivares de rúcula (Antonella, Bella, Donatela, Folha Larga e Rococó) em diferentes soluções hidropônica, verificou que a cultivar Folha Larga apresentou maior produção de massa fresca da parte aérea 22.71 (g planta⁻¹), sendo superior as demais cultivares.

Moline et al., (2015) trabalharam com a cultivar Cultivada de rúcula, em diferentes lâminas de irrigação, sendo a testemunha sem irrigação, 50, 70, 100 e 120% da demanda evapotranspirométrica correspondendo a lâmina de 1,9; 2,6, 3,8 e 4,6 mm dia⁻¹, respectivamente, durante o período de 40 dias. Os autores verificaram maiores médias de matéria verde à medida que aumentaram as lâminas de água até 100% que correspondeu a lâmina aplicada total de 152 mm dia⁻¹, decrescendo para lâmina maior de 120%. O valor de maior produtividade é bem próxima da lamina de 157,4 mm obtida nesse trabalho.

Na Tabela 6 apresentam-se os valores de massa seca, observa-se resultados semelhantes aos obtidos na massa fresca. A lâmina de irrigação de 50% proporcionou maiores valores de massa seca de parte aérea e raiz e a cultivar Folha Larga foi a que apresentou maiores médias 1,99; 3,09; 2,10 g de massa seca, quanto submetidas nas laminas de água de 100%, 50% e 25%, respectivamente.

Tabela 6. Valores médios de massa seca total, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz em função de diferentes lâminas de irrigação no cultivo protegido de rúcula, Viçosa-MG, Brasil, 2016.

Fator de Resposta	lâmina	cultivares de rúcula		
		Antonela	Cultivada	Folha larga
massa fresca total (g planta ⁻¹)	25%	0.89 cC	1.25 cB	1.99 bA
	50%	2.47 aC	2.69 aB	3.09 aA
	100%	1.61 bC	1.83 bB	2.10 bA
massa fresca da parte aérea (g planta ⁻¹)	25%	0.73 cC	1.02 cB	1.58 bA
	50%	1.85 aB	1.99 aB	2.24 aA
	100%	1.21 bB	1.39 bA	1.55 bA
massa fresca da raiz (g planta ⁻¹)	25%	0.15 cC	0.23 cB	0.41 cA
	50%	0.61 aC	0.70 aB	0.85 aA
	100%	0.40 bB	0.43 bB	0.55 bA

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes comparam a lâmina de irrigação; médias seguidas de letras maiúsculas diferentes são referentes à Variedade Tukey (p<0,05).

Cunha et al (2013) em trabalho citado anteriormente não obtiveram diferença estatística, para variável fitomassa seca em todas as cultivares de rúcula submetidas a quatro lâminas de água 50%, 75% ,100%, 120% de acordo com a ETc, em diferentes épocas de produção.

É possível observar na Tabela 7 que o teor de água nas folhas e o comprimento de raízes foi superior para cultivar Folha Larga em condições de disponibilidade de água na lâmina de irrigação 50%.

Tabela 7. Valores médios área foliar (cm²), índice de clorofila foliar (ICF), teor relativo de água na folha (CRA), comprimento de raiz (CR), em função de diferentes lâminas de irrigação no cultivo protegido de rúcula, Viçosa-MG, Brasil, 2016.

Fator de Resposta	lâmina	cultivares de rúcula		
		Antonela	Cultivada	Folha larga
área foliar (cm ²)	25%	142.33 cC	201.00 cB	284.49 cA
	50%	391.60 aB	405.00 aB	496.66 aA
	100%	273.00 bC	296.33 bB	328.00 bA
índice de clorofila	25%	33.16 aA	34.05 bA	30.06 bB
	50%	33.520 aB	39.20 aA	33.54 aB
	100%	34.13 aA	34.24 bA	33.24 aA
comprimento de raiz (cm ²)	25%	15.97 bA	16.33 bA	15.00 cB
	50%	20.72 aC	23.01 aB	26.22 aA
	100%	15.28 bC	17.16 bB	19.18 bA
teor relativo de água nas folhas	25%	0,31 bC	0,50aB	0,57bA
	50%	0,48 aB	0,53 aB	0,75 aA
	100%	0,32 bC	0,39 bB	0,56 bA

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes comparam a lâmina de irrigação; médias seguidas de letras maiúsculas diferentes são referentes à Variedade Tukey ($p < 0,05$).

Observa-se na Tabela 7 que o teor de água nas folhas e o comprimento de raízes foi superior para cultivar Folha Larga em condições de disponibilidade de água na lâmina de irrigação 50%.

Figueiredo et al. (2010) estudando a relação entre área foliar e biomassa seca em diferentes cultivares de rúcula, verificaram um efeito linear ao passar dos dias, onde detectaram valores médios de 600 cm², esses resultados são divergentes dos observados nesta pesquisa.

Almeida et al (2012) avaliando a cultura da rúcula em cultivo hidropônico, verificaram um desenvolvimento na área foliar, de modo, que o aumento da disponibilidade de água proporcionava aumento a área foliar da rúcula, onde em uma duração de funcionamento do sistema de 14 h dia⁻¹ obtiveram uma área foliar de 361 cm², superior aos valores encontrados nesse trabalho. As folhas são as principais responsáveis pela captação de energia solar e pela produção de matéria orgânica através da fotossíntese (Magalhães, 1985). Segundo Peixoto (1998), a área foliar de uma planta constitui a matéria prima para a fotossíntese, sendo muito importante para produção de carboidratos, lipídios e proteína.

Em relação ao comprimento das raízes, Ensinas et al. (2009) encontraram resultados distintos aos dessa pesquisa, onde os diferentes níveis de disponibilidade de água não

apresentaram diferença significativa. Segundo Larcher (2004) um grande comprimento de raiz é importante para a maior absorção de água e sustentação da planta.

Em relação a clorofila, verificou-se que a cultivar Antonela não apresentou diferença significativa em relação as diferentes lâminas de irrigação aplicada. Quando comparados as diferentes cultivares e as diferentes lâminas de irrigação, constata-se que a cultivar Cultivada na lâmina de 50% foi a que apresentou maiores teores de clorofila. Silva et al. (2012), avaliando o índice de clorofila na cultura da rúcula submetida diferentes salinidades na solução nutritiva, verificaram que também a cultivar Cultivada foi a que apresentou maiores teores de clorofila, quando avaliadas trinta dias após a semeadura.

O aumento nos teores de clorofila é resultante do desenvolvimento do cloroplasto ou do aumento no número de cloroplastos, onde e sugerido a planta a ativação de um mecanismo de proteção ao aparato fotossintético (GARCÍA VALENZUELA et al., 2005).

Segundo Malavolta (1989) é importante o bom suprimento nutricional e hídrico na planta, para que a mesma exerça suas funções primárias, a disponibilidade hídrica e um elemento fundamental para formação da clorofila.

4. CONCLUSÕES

- A cultivar Antonela apresentou maior produção com o manejo de irrigação utilizando as fitas porosas RDI, funcionando no período de 12 h dia⁻¹ de operação (50%), correspondendo a uma lâmina média de 157,5 mm; e
- Novos estudos devem ser realizados para um melhor entendimento do desempenho das fitas porosas RDI em campo, correlacionando-as com cultura da rúcula.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.; SANTOS, C.A.C.; SANTOS, A.R.; PEIXOTO, C.P.; SANTOS, J.M.S.; FILHO, J.A. Avaliação do desenvolvimento da rúcula em cultivo hidropônico submetida a diferentes níveis de pH. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.13, p.127-134, 2012.

BARRS, H. D. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In, Koz lowsky, T. T. (ed.) *Water Deficits and Plant Growth* (vol. I). New York, **Academic press**, p. 235-268.

BECARI, G.R.G. **Eficiência do uso da água e parâmetros nutricionais na cultura da rúcula submetida a diferentes condições de estresse hídrico**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia (Irrigação e Drenagem)) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/136040>>. Acesso em: 2016-10-23.

CUNHA, F.F.; GODOY, A.R.; MAGALHÃES, F.F.; CASTRO, M.A.; LEAL, A.J.F. Irrigação de diferentes cultivares de rúcula no nordeste do Mato Grosso do Sul. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v.2, n.3, p.131-141, 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Brasília: EMBRAPA – Hortaliças, 2010 e 2011. Disponível em: <<http://cnph.embrapa.br>>. Acesso em: julho. 2016.

ENSINAS, S.C; BISCARO, G.A; BORELLI, A.B; MÔNACO, K.A; MARQUES, R.J.R.; ROSA, Y.B.C. Níveis de fertirrigação nas características morfofisiológicas de mudas de rúcula. *Agrarian*, Grande Dourados, v.2, n.3, p.7-17, 2009.

FIGUEIREDO, R.T.; GUISTEM, J.M.; CHAVES, A.M.S.; AGUIAR J.R.A.; SILVA, A.G.P.; PAIVA J.B.P.; SANTOS, F.N. Relação entre a área foliar, número de folhas e biomassa seca e fresca da planta de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, p.913-918, 2010.

GARCIA, C.J.B. **Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.) com dois sistemas de plantio**. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem)) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2003. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/93821>>. Acesso em: 2016-10-23.

GARCÍA-VALENZUELA, X.; GARCÍA-MOYA, E.Q. RASCÓN-CRUZ, L. HERRERAESTRELLA, L.; AGUADO-SANTACRUZ, G.A. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyll cells. **Journal of Plant Physiology**, Oxford, v.162, n.6, p.650-61, 2005.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1987. 467 p.

GONZALEZ, A. F.; AYUB, R. A.; REGHIN, M. Y. Conservação de rúcula minimamente processada produzida em campo aberto e cultivo protegido com agrotêxtil. *Horticultura Brasileira*, v.24, p.360-360, 2006.
http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/79.pdf

LARCHER W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004. 531p.

LI-COR. **LI 3100 area meter instruction manual**. Lincoln: LICOR, 1996. 34p.

MAROUELL. W. A; SILVA. W.L.C. Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças. Circular Técnica 98. Brasília, DF Dezembro, 2011. 2ª edição - Embrapa Hortaliças.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1985. v.1, p.332-349.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292p.

MINAMI, K.; TESSAROLI, N, J. **A cultura da rúcula**. Piracicaba: ESALQ, 1998. 19 p. (Série Produtor Rural).

MOLINE, E.F.V.; BARBOZA, E.; STRAZEIO, S.C.; BLIND, A.D.; FARIAS, E.A.P. Diferentes lâminas de irrigação na cultura da rúcula no sul de Rondônia. **Nucleus**, Ituverava, v.12, n.1, p.371-378, 2015.

MOURA, K.K.C.F.; et al. Avaliação econômica de rúcula sob diferentes espaçamentos de plantio. **Caatinga**, Mossoró, v.21, n.2, p.113-118, 2008.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja (Glycine max (L) Merrill) em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. 1998. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escolar Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1998.

PIMPINI, F.; ENZO, M. Present status and prospects for rocket cultivation in the Veneto region. In: PADULOSI, S.; PIGNONE, D. **Rocket: A mediterranean crop for the world**. REPORT OF A WORKSHOP. 1996 Legnaro (Padova), Italy’. International Plant Genetic Institute, Rome, Italy. 1997. p.51-66.

PURQUEIRO, L.F.V.et al. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.3, p.464-470, 2007.

PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI, S.W. **O mercado de rúcula**. Pesquisadores Científicos, Instituto Agrônomo/APTA – Centro de Horticultura, 2007. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Rucula/Rucula.htm>> Acesso em julho / 2016.

RADFORD, P.J. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v.7, n.1, p.171-175, 1967.

ROCHA IL. Novidades no Mercado de Frutas e Hortaliças Frescas. **Hortibrasil**, 2010.

SALA, F.C.; ROSSI, F.; FABRI, E.G. et al. Caracterização varietal de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, 2004. Suplemento CD-ROM. Trabalho apresentado no 44º Congresso Brasileiro de Olericultura.

SANTOS, O.S.S.; MELO, E.F.R.Q.; BASSOS, D.P.; MENEGAES, J.F.; FILHO, A.C.; FILIPETTO, J.E.; LUZ, R.C. Produção de cinco cultivares de rúcula em duas soluções hidropônicas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.4, p.468-472, 2011.

SILVA MAB. 2004. GEAGESP. Seção de Economia. São Paulo - SP. Comunicação pessoal.

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT versão 7.7 beta**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN, Assistência Estatística. Disponível em:<<http://www.assistat.com>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

SILVA, R.T.; OLIVEIRA, F.A.; NETA, M.L.S.; SOUZA, A.A.T.; OLIVEIRA, M.K.T.; MEDEIROS, R.C.A.M.; PAIVA, E.P. Índice de clorofila na cultura da rúcula submetida diferentes salinidades na solução nutritiva. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.3, p.90-94, 2012.

TRANI, P. E.; Calagem e Adubação para hortaliças sob cultivo protegido. Instituto Agrônomo, **Centro de Horticultura, Campinas (SP)**. Campinas (SP), março de 2014.

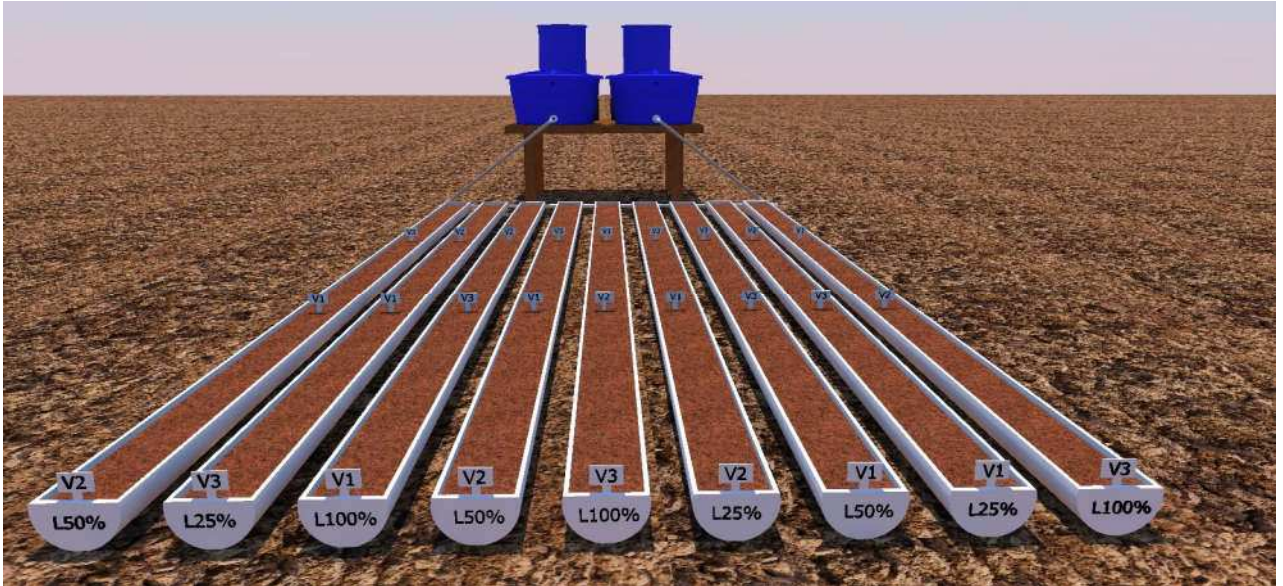
VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892–898, 1980.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. Meteorologia básica e Aplicações. Viçosa – MG. Imprensa Universitária, 1991. 449p.

VIEIRA, T. A.et al. Viabilidade econômica do cultivo da alface americana, irrigada com diferentes níveis de reposição de água. In: Seminário de Iniciação Científica do Cefet Uberaba – MG, 83., 2005, Uberaba. **Resumos...** Uberaba: Suplemento CD-ROM.

Anexo1:

Croqui representando a distribuição dos tratamentos do experimento:



Lamina de Irrigação 25%

Lamina de Irrigação 50%

Lamina de Irrigação 100%

V1 Cultivar Antonela

V2 Cultivar Folha Larga

V3 Cultivar Cultivada