

KEVIM MUNIZ VENTURA

**EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM UM SISTEMA VERTICAL SOB IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA**

Botucatu

2017

KEVIM MUNIZ VENTURA

**EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM UM SISTEMA VERTICAL SOB IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Irrigação e
drenagem)

Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez
Román

Coorientador: Roberto Lyra Villas Boas

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP
- FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

V468e Ventura, Kevim Muniz, 1992 -
Eficiência do uso da água em um sistema vertical sob irrigação localizada / Kevim Muniz Ventura. - Botucatu: [s.n.], 2017
57 p.: il., color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román
Coorientador: Roberto Lyra Villas Boas
Inclui bibliografia

1. Irrigação. 2. Agroecologia. 3. Fotossíntese. 4. Fertilização. 5. Vermicompostagem. I. Sánchez Román, Rodrigo Máximo. II. Villas Boas, Roberto Lyra. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

Elaborada por Maria Lúcia Martins Frederico - CRB-8:5255

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO CULTIVO VERTICAL
ORGÂNICO DE HORTALIÇAS SOB SISTEMA DE IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA**

AUTOR: KEVIM MUNIZ VENTURA

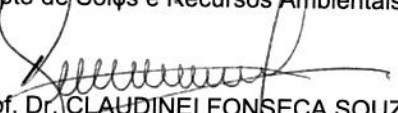
ORIENTADOR: RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN

COORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA
(IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. HELIO GRASSI FILHO
Depto de Solos e Recursos Ambientais / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. CLAUDINEI FONSECA SOUZA
Depto de Recursos Naturais e Proteção Ambiental / UFSCAR

Botucatu, 18 de dezembro de 2017

AGRADECIMENTOS

A **Deusa**, sem teu amparo nada disso teria sido possível.

A minha pessoa, **Jonas Rafael Vargas**, que desde sempre trás luz pra minha vida.

Ao orientador, Prof. **Rodrigo Máximo Sánchez Róman**, por acreditar em mim desde o começo e por todo o apoio durante o mestrado.

Ao coorientador, Prof. **Roberto Lyra Villas Boas**, por todo o apoio necessário para o desenvolvimento desta pesquisa.

A minha **família** por todo o apoio, torcida e carinho.

A minha *sestra* de outras vidas, **Luiz Felipe Perdigão Alves**. Obrigado por sempre acreditar em mim, por me ouvir madrugadas a dentro e por incessantemente ser meu porto seguro.

A **Regiane de Carvalho Bispo**, melhor pessoa que Botucatu me proporcionou. Obrigado por tudo, todos os conselhos, todas as risadas e por estar comigo em todos os momentos.

A **Roberta Daniela da Silva Santos** e **Marcello Henryque Costa de Souza**, amigos que espero levar pro resto da vida. Obrigado pelos conselhos e por momentos de descontração que tornaram esses anos mais leve.

Ao **Jose Israel Ramos**, obrigado por toda ajuda durante meu experimento.

Ao **Departamento de Engenharia Rural** da UNESP/FCA, pela oportunidade de realização do curso.

Ao **CNPQ**, pela concessão da bolsa.

"Sejam apaixonados por aquilo que vocês fazem,
e isso irá tira-los da mediocridade."

Karine Louise

RESUMO

Pesquisas agropecuárias que buscam aumentar a eficiência do uso da água e da terra de sistemas agrícolas irrigados vem crescendo cada vez mais visando suprir a crescente demanda alimentícia da população. O sistema de hortas orgânicas verticais surge para tentar suprir essa demanda, porém por se tratar de um sistema inovador ainda existe diversos parâmetros a serem estudados com atenção. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar um sistema de produção irrigada vertical em termos produção de hortaliças e da eficiência do uso da água, a influencia da localização das plantas na estrutura, o desempenho da fertirrigação e do biofertilizante orgânico produzido no sistema vertical, além de avaliar os coeficientes de uniformidade (Christiansen, de distribuição, estatístico e eficiência de aplicação). O sistema vertical apresentou uma EUA superior quando comparado com o cultivo em solo ou em canteiros em substrato para as culturas analisadas. Os parâmetros biométricos não apresentaram diferença estatística quando comparados os sistemas convencionais e vertical. Houve diferença estatística quanto à orientação das culturas com referência à trajetória do sol. A fertirrigação resultou em uma produção mais homogênea para a cultura da alface, uma vez que os parâmetros biométricos analisados foram mais uniformes entre os níveis do sistema vertical. Em termos de uniformidade de aplicação, os coeficientes foram superiores com o passar dos ciclos, garantindo que a aplicação de água neste sistema fosse satisfatória. Os resultados dos trabalhos realizados evidenciam que o sistema vertical tem potencial para produção de hortaliças orgânicas de qualidade.

Palavras-chaves: Irrigação, agroecologia, fertirrigação, fotossíntese, vermicompostagem.

ABSTRACT

Agricultural research that seeks to increase the efficiency of water and land use in irrigated agricultural systems has been increasing in order to meet the growing food demand of the population. The system of vertical organic gardens arises to try to supply this demand, but because it is an innovative system there are still several parameters to be studied carefully. Thus, the objective of this work was to evaluate a vertical irrigated production system in terms of vegetable production and water use efficiency, the influence of levels and sides in the production of vegetables, the performance of the fertirrigation and the organic biofertilizer produced in the system vertical, in addition to evaluating the coefficients of uniformity (Christiansen, distribution, statistical and application efficiency). The vertical system presented a superior WUE to the other treatments for all cultures analyzed, and the biometric parameters did not show statistical difference when compared to the conventional and vertical systems. There was a statistical difference between the different sides of the system for the analyzed cultures. Fertigation resulted in a more homogeneous production for the lettuce crop, since the biometric parameters analyzed were more uniform between the levels of the vertical system. In terms of uniformity of application, the coefficients were higher after the cycles, ensuring that the water application in this system was satisfactory. The results of the studies showed that the vertical system has the potential to produce quality organic vegetables.

Keywords: Irrigation, agroecology, fertigation, photosynthesis, vermicomposting.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO 1 - Análise da uniformidade de aplicação em diferentes sistemas de cultivo com irrigação localizada	19
1.1 INTRODUÇÃO.....	20
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	21
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
1.4 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO 2 - Eficiência do uso da água em um sistema vertical sob irrigação localizada	28
2.1 INTRODUÇÃO.....	29
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	31
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
2.3.1 Parâmetros biométricos	37
2.3.2 Eficiência do uso da água	39
2.3.3 Incidência solar	40
2.3.4 Caracterização do bioferlizante	43
2.3.5 Aplicação do biofertilizante	45
2.4 CONCLUSÃO	48
AGRADECIMENTOS	48
REFERÊNCIAS.....	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS.....	55

INTRODUÇÃO GERAL

A horticultura tem um papel fundamental na sociedade, uma vez que produz alimentos essenciais para a dieta humana. A produção de hortaliças no Brasil vem sofrendo mudanças em seu modelo de produção, se adaptando as modernizações visando garantir maiores produtividades e qualidade. Ricas em águas nutrientes, fibras, vitaminas, minerais e substancias que combatem doenças e pobres em calorias, as hortaliças são um importante componente da dieta do brasileiro, e são responsáveis por fornecer nutrientes essenciais para a alimentação da população (BRANCO e ALCANTRA, 2012).

A maioria das propriedades que faz com que o Brasil seja destaque na produção de hortaliças são de base familiar, sendo que estas estão localizadas principalmente na região Sul e Sudeste do país. A agricultura familiar é responsável pela geração de renda e emprego e o setor apresenta um alto crescimento, nos últimos anos a produção e produtividade dobraram sem que houvesse um aumento da área cultivada, que em 2015 era em torno de 800 mil hectares. De acordo com a Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), o consumo de hortaliças vem crescendo, assim como a exigência do consumidor. O resultado desse crescimento são pesquisas e geração de novas tecnologias na cadeia produtiva de hortaliças que permitem o avanço desta, o que gera um estímulo na diversificação e na produção na propriedade rural (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2015).

Neste contexto, a agricultura orgânica tem se mostrado uma alternativa que atende esses requisitos, assim como aumenta o valor de comercialização dos produtos. Dentro das normas de produção preconizadas pela agricultura orgânica, estão o uso de caldas biofertilizantes e substancias húmicas (DUENHAS, 2004; FREIRE et al., 2009).

O Brasil é um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo, e as hortaliças comercializadas em grandes centros não são uma exceção quando se trata de uso indiscriminado de produtos químicos. A horta orgânica dá a garantia de um alimento livre de químicos, uma vez que os consumidores tem a segurança do produto que põe à mesa, uma vez que o próprio morador ou agricultor familiar acompanha todas as etapas de produção, garantindo que os alimentos consumidos serão de qualidade e não irão causar danos a saúde. Uma alternativa que vem

crescendo para escapar dos alimentos convencionais são as feiras orgânicas, entretanto esses alimentos geralmente apresentam preços elevados. Com o sistema vertical é possível manter uma plantação em casa com ervas e folhosas de forma mais econômica (BISCARO, 2005; CLEMENTE, 2015).

Uma das formas de produzir biofertilizantes estão a compostagem e vermicompostagem. Tecnologia com baixo custo e pouca exigência de espaço, a vermicompostagem pode ser adaptada para diversas situações, nos grandes centros ou no meio rural. A utilização deste sistema é uma estratégia muito utilizada na agricultura familiar pois o mesmo gera subprodutos que possuem elevado valor agregado. Essa técnica transforma os resíduos orgânicos em húmus, produto com alta concentração de nutrientes essenciais disponíveis e matéria orgânica, que pode ser utilizado de diversas formas contribuindo para um bom crescimento e desenvolvimento das plantas (MORAIS, LOPES e RESENDE, 2014; COSTA, XIMENES e XIMENES, 2015; ROCHA et al., 2016).

A forma de aplicação do fertilizante também influencia no rendimento final do cultivo, e uma das técnicas que tem sua utilização amplamente difundida é a fertirrigação. Segundo Villas Boas et al. (2006), esta técnica consiste em utilizar o sistema de irrigação como condutor e distribuir fertilizantes juntamente com a água. Segundo os autores qualquer sistema pode conduzir e distribuir fertilizante junto com a água, e que a uniformidade de distribuição do mesmo está diretamente ligado aos coeficientes de distribuição de água pelo sistema, sendo que aqueles que apresentam alta uniformidade de distribuição, como a irrigação localizada, são os mais adequados para esta técnica.

Geralmente associado a produções hortícolas, a irrigação localizada apresenta uma crescente taxa de adoção entre os produtores devido à mesma permitir um melhor aproveitamento da água, garantindo maiores produtividades (TESTEZLAF e MATSURA, 2015). Ainda segundo os autores, este método consiste na aplicação localizada da água no solo próximo as raízes das plantas, ao contrario dos outros métodos que irrigam toda a área cultivada. Neste sistema a área de solo molhado é reduzida, garantindo uma menor perda por evaporação. Dentre as vantagens deste sistema está a redução na necessidade de mão de obra no campo, facilidade de aplicação de fertilizantes, grande adaptação a diferentes solos e topografia, menor evaporação da água aplicada, maior aproveitamento hídrico e o

auxílio no controle fitossanitário (FRIZZONE, 2015; SILVA, FOLEGATTI & DUARTE 2015).

Segundo Sampaio (2010), a irrigação eficiente consiste em suprir a necessidade hídrica ao desenvolvimento potencial das culturas, de forma que a lâmina aplicada não exceda o limite do solo. Excessos de aplicação promovem degradação dos solos, erosão hídrica, lixiviação de fertilizantes.

O desenvolvimento das plantas é sensível às condições ambientais bióticas e abióticas (KUMAR et al., 2006, LIU e STUTZEL, 2004, PAYERO et al., 2008). Uma das formas de se analisar o rendimento de um cultivo as condições ambientais ou antrópicas se dá através dos indicadores de eficiência (PEREIRA, CORDERY, IACOVOS, 2012). Um dos principais indicadores é a eficiência do uso da água (EUA), definida pela razão entre a produção de biomassa ou produção comercial e a lâmina de água aplicada ou evapotranspirada (LIU e STUZEL, 2004; Kumar et al., 2017).

O aumento nos níveis da EUA é uma tarefa complexa e demanda conhecimentos interdisciplinares (SOUZA et al., 2000). Dentre os métodos para aumentar o EUA estão as modificações em estruturas de irrigação já existentes, melhor gestão no uso dos recursos hídricos, aprimorar os métodos de irrigação, melhoria na condução da água da fonte até a cultura, e criação de novas técnicas para irrigação mais eficiente (COELHO, COELHO FILHO e OLIVEIRA, 2005; DONATO et al., 2013).

Além do uso eficiente da água, a produtividade em áreas irrigadas por sistemas localizados depende de vários fatores, dentre eles a manutenção dos sistemas. Para que a irrigação seja eficiente é essencial que haja uma uniformidade de aplicação de água. A uniformidade de aplicação tem um efeito chave no rendimento de culturas, e pode ser considerado um dos fatores mais importantes no dimensionamento e operação de sistemas de irrigação. Após instalado em campo, é necessário realizar análises periódicas afim de avaliar estes coeficientes de uniformidade garantindo que a lâmina de irrigação aplicada está sendo recebida por todas as plantas (FAVETTA e BOTREL, 2001; SILVA e SILVA, 2005; BARRETO FILHO et al., 2000). A uniformidade de distribuição é uma informação importante para avaliar sistemas de irrigação localizada, segundo Prado e Colombo (2007) sistemas que apresentam baixa uniformidade de aplicação de água propiciam quedas na produção e uso excessivo de água.

Visando uma agricultura mais sustentável, uma alternativa são as hortas verticais. Também conhecido como jardim vertical, o sistema vertical de cultivo é uma técnica voltada para produção de culturas medicinais, alimentícias e ornamentais em locais que não disponham de espaço ideal para produção convencional. Essa tecnologia é amplamente utilizada em projetos de extensão que buscam uma produção sustentável de alimentos. Em vários casos descritos na literatura, a estrutura para o sistema é montada a partir de materiais reutilizáveis como tambores de plástico, garrafas PET e pedaços de bambus (MOTTA, 2014).

Dentre as inúmeras vantagens do sistema de horta vertical, algumas delas se destacam: o aumento da produtividade, a possibilidade de produção de alimentos de qualidade, produção sem sazonalidade, fácil manejo, economia de espaço e o uso de materiais reciclados. A produtividade em sistemas de produção vertical gira em torno de 5 a 10 vezes mais por metro quadrado quando se compara ao método tradicional de cultivo, em termos práticos isso significa a possibilidade de produzir até 10 vezes mais em uma mesma área (CLEMENTE, 2012; LIMA, DUARTE e ARAÚJO, 2014; FRANZ et al., 2015).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização inicial de um sistema vertical de produção de hortaliças irrigadas afim de avaliar o potencial deste sistema como fonte alternativa de produção visando uma agricultura sustentável.

Artigo publicado na revista Irriga, Edição Especial – IRRIGA & INOVAGRI 2017

VENTURA, K. M.; BISPO, R. C.; SANTOS, R. D. S.; SOUZA, M. H. C.; SÁNCHEZ ROMÁN, R. M. Análise da uniformidade de aplicação em diferentes sistemas de cultivo com irrigação localizada. *Irriga*, Botucatu, v. 1, n. 1, p.57-63, out. 2017.

CAPÍTULO 1 - Análise da uniformidade de aplicação em diferentes sistemas de cultivo com irrigação localizada

KEVIM MUNIZ VENTURA¹; REGIANE DE CARVALHO BISPO¹; ROBERTA DANIELA DA SILVA SANTOS¹; MARCELLO HENRYQUE COSTA DE SOUZA¹ E RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN²

¹*Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - UNESP/FCA, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Botucatu, SP, kkkevim@hotmail.com, regianecarvalhoks@gmail.com, roberta_dani30@hotmail.com, marcello_henry@hotmail.com.*

²*Professor assistente, Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP. Botucatu, SP, rmsroman@fca.unesp.br*

RESUMO

A crescente necessidade de elevar a produção em menos espaço guia as pesquisas agropecuárias visando criar tecnologias que busquem atender essa demanda. A possibilidade de produzir hortaliças de forma alternativa é algo que desperta atenção nos agricultores familiares e moradores de áreas urbanas que desejam produzir o próprio alimento. A irrigação é uma das práticas de maior importância para o sucesso de uma horta, seja ela convencional ou vertical, por isso é de suma importância que sistemas de irrigação apresentem uma boa uniformidade de aplicação de água. Desta forma, avaliar o sistema é uma etapa primordial para garantir o adequado manejo da irrigação. O objetivo deste trabalho foi avaliar os coeficientes de uniformidade (Christiansen, de distribuição, estatístico e eficiência de aplicação) em uma fita gotejadora após 2 ciclos, em dois sistemas de cultivo (convencional e vertical). Com os resultados obtidos, foi possível observar que a fita utilizada no sistema vertical obteve coeficientes de uniformidade superiores com o passar dos ciclos, garantindo que a aplicação de água neste sistema fosse mais satisfatória que o sistema convencional.

Palavras-chave: Sistema vertical, gotejamento, coeficiente de uniformidade

K. M. Ventura; R. De C. Bispo; R. D. S. Santos; M. H. C. Souza; R. M. Sánchez-Román

ANALYSIS OF APPLICATION UNIFORMITY IN DIFFERENT LOCALIZED IRRIGATION SYSTEMS

ABSTRACT

The growing need to increase production in fewer space guides agricultural research to create technologies that seek to meet this demand. The possibility of producing vegetables in an alternative way is something that attracts attention to family farmers and urban dwellers who wish to provide their food. Irrigation is one of the most important practices for the success of a conventional or vertical garden, so it is critical that irrigation systems have an excellent uniformity of water application. In this way, to evaluate the system is a primordial stage to guarantee the adequate management of the irrigation. The objective of this work was to evaluate the coefficients of uniformity (Christiansen, distribution and statistical) in a drip tape after 2 times of use in a traditional and vertical cropping systems. With the results obtained, it was possible to observe that the drip tape utilized in the vertical system got higher coefficients of uniformity than the conventional one, ensuring that the application of water in this system was more satisfactory.

Key words: Vertical system, drip irrigation, uniformity coefficient

1.1 INTRODUÇÃO

Prática que propicia o cultivo agrícola em regiões onde há déficits hídricos, a irrigação é uma alternativa que gera aumentos consideráveis na produtividade de culturas quando bem dimensionada e manejada (PRADO e COLOMBO, 2007). Segundo Hernandez (2004) essa prática deve ser vista como uma técnica que permita o material genético das culturas a se expressarem com todo seu potencial produtivo.

Visando o uso racional da água é importante se utilizar técnicas e sistemas de irrigação mais eficientes evitando o desperdício de água e energia elétrica (NASCIMENTO et al., 2009). Dentro dos inúmeros sistemas de irrigação, a localizada vem ganhando destaque pois segundo Souza e Matsura (2004) este aplica pequenas quantidades de água próximo da zona radicular das plantas através de gotas em um sistema que trabalha com baixa pressão e vazão, tornando-o mais eficiente.

A produtividade em áreas irrigadas por sistemas localizados depende de vários fatores, dentre eles a manutenção dos sistemas. Para que a irrigação seja eficiente é essencial que haja uma uniformidade de aplicação de água. A uniformidade de aplicação tem um efeito chave no rendimento de culturas, e pode ser considerado um dos fatores mais importantes no dimensionamento e operação de sistemas de irrigação. Após instalado em campo, é necessário realizar análises periódicas afim de avaliar estes coeficientes de uniformidade garantindo que a lâmina de irrigação aplicada está sendo recebida por todas as plantas (FAVETTA e BOTREL, 2001; SILVA e SILVA, 2005; BARRETO FILHO et al., 2000).

A uniformidade de distribuição é uma informação importante para avaliar sistemas de irrigação localizada, segundo Prado e Colombo (2007) sistemas que apresentam baixa uniformidade de aplicação de água propiciam quedas na produção e uso excessivo de água. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a uniformidade de aplicação de água através de diferentes parâmetros para dois sistemas com irrigação localizada durante dois ciclos de cultivo.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP, campus Botucatu-SP conforme as recomendações da Norma ISO 9261:2004 onde foram avaliadas fitas gotejadoras modelo Amandi (Tabela 1), da fabricante nacional Petroisa®.

Tabela 1. Dados da fita gotejadora.

Especificações	
Marca	Petroisa®
Modelo	Amandi
Espessura da parede (mm)	0,38
Diâmetro Interno (mm)	16
Espaçamento (cm)	30
Pressão nominal (kPa)	100
Vazão Nominal (L h ⁻¹)	5
Equação do emissor	$Q = 0,46 \times p^{0,5}$

Fonte: Catálogo da empresa Petroisa®

As fitas gotejadoras foram provenientes de dois sistemas irrigados, um de forma convencional e outro sistema vertical de produção onde foram retirados 3 fitas de cada sistema (Figura 1). O sistema convencional era composto por 6 canteiros de 2,0x3,5 m, com 4 fitas gotejadoras cada. O sistema vertical utilizado foi construído em tambores de 200 L, com uma fita gotejadora no centro.

Figura 1. (A) Canteiros do sistema convencional (B) Sistemas verticais



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2016).

Antes da instalação dos sistemas de irrigação foi realizado uma avaliação com as fitas novas. As fitas gotejadoras foram instaladas a campo em 12/02/2016 para o cultivo de alface, cebolinha e rúcula, 46 dias após a instalação as mesmas foram retiradas e realizou-se a segunda avaliação. As fitas gotejadoras foram reinstaladas para o segundo ciclo no dia 29/03/2016 e ficaram a campo até o dia 11/05/2016, quando foram realizadas as últimas avaliações.

A avaliação das fitas gotejadoras foi realizada na bancada de ensaios para tubos gotejadores. A bancada é composta por um reservatório de água com capacidade de 300 litros, um conjunto moto-bomba e um filtro de tela metálica de 200 mesh. Na bancada podem ser avaliadas linhas laterais com 6 metros de comprimento, e nela podem ser instaladas 4 linhas, com recirculação de água, além de 2 válvulas de saída de ar e 2 manômetros. Durante o decorrer do experimento, foi monitorada a pressão de água através de um manômetro digital, com precisão de 99%, onde a mesma foi mantida a 6 mca.

Para quantificar a vazão de cada emissor, utilizaram-se bêqueres de plástico com capacidade de 500 ml durante o intervalo de 10 minutos, decorrido esse período, todos os recipientes foram retirados simultaneamente. Com o auxílio de uma proveta volumétrica graduada com capacidade de 500 ml, foi medido o volume de água acumulado, esse procedimento foi realizado em triplicata. Em seguida os dados foram convertidos em vazão ($L\ h^{-1}$).

Com os valores encontrados, foram utilizadas as equações para calcular os coeficientes de uniformidades de Christiansen (equação 1), de distribuição (equação 2), uniformidade estatístico (equação 3) e a eficiência de aplicação (equação 4).

$$CUC = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right] \quad (1)$$

Em que:

⇒ CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (adimensional);

- ⇒ n: Número de observações;
- ⇒ X_i : Lâmina de água coletada no i-ésimo ponto sobre a superfície do solo, em $L h^{-1}$;
- ⇒ $\bar{X}$: Lâmina média aplicada, em $L h^{-1}$

$$CUD = 100 \cdot \frac{\bar{X}_{25}}{\bar{X}} \quad (2)$$

Em que:

- ⇒ CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (adimensional);
- ⇒ $\bar{X}_{25}$: Média das 25% menores descargas dos emissores, em $L h^{-1}$;
- ⇒ $\bar{X}$: Média das descargas de todos os emissores, em $L h^{-1}$.

$$CUE = 100 \cdot \left(1 - \frac{S_d}{Q_{méd}}\right) \quad (3)$$

Em que:

- ⇒ CUE: Coeficiente de Uniformidade Estatístico (adimensional);
- ⇒ S_d : desvio padrão dos valores de precipitação, em $L h^{-1}$;
- ⇒ $Q_{méd}$: Média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, em $L h^{-1}$.

$$E_a = 0,9 \cdot CUD \quad (4)$$

Em que:

- ⇒ E_a : Eficiência de aplicação (adimensional);
- ⇒ CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (adimensional).

A interpretação dos valores de CUC e CUD baseou-se na proposição de Mantovani (2001) e os CUE e EA segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), conforme valores apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Classificação do CUC para sistemas de irrigação por gotejamento.

Classificação	CUC (%)
Excelente	90 – 100
Boa	80 – 90
Razoável	70 – 80
Ruim	60 – 70
Inaceitável	< 59%

Fonte: Adaptado Mantovani (2001).

Tabela 3. Classificação do CUD para sistemas de irrigação por gotejamento.

Classificação	CUD (%)
Excelente	≥ 90
Bom	80 a 90
Regular	70 a 80
Ruim	< 70

Fonte: Adaptado de Mantovani (2001).

Tabela 4. Classificação do CUE e EA para sistemas de irrigação por gotejamento.

CLASSIFICAÇÃO	CUE (%)	CLASSIFICAÇÃO**	EA(%)
Excelente	> 90	Ideal	≥ 95
Bom	80 – 90	Aceitável	80 – 95
Regular	70 – 80	Inaceitável	< 80
Ruim	< 70	-	-

Fonte: Adaptado de Bernardo, Soares e Mantovani (2006)

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os coeficientes de uniformidade na tabela 5 é possível observar que o sistema vertical manteve os valores mais próximos de excelente que o sistema convencional.

Tabela 5. Valores de coeficientes de uniformidade para os diferentes sistemas avaliados.

Parâmetro	Tipo de sistema	Fita nova	46 dias*	89 dias*
CUC	Vertical	99,88	99,77	95,64
	Convencional	99,88	95,41	89,21
CUD	Vertical	94,60	90,68	89,64
	Convencional	94,60	87,52	79,41
CUE	Vertical	97,21	96,39	92,41
	Convencional	97,21	93,31	89,31
Ea	Vertical	96,48	86,75	84,17
	Convencional	96,48	83,98	77,38

*Dias após instalação

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) inicial foi de 99,88%, e segundo Mantovani (2001) foi classificado como excelente. Após o primeiro ciclo de cultivo, no sistema vertical o CUC foi de 99,77% e no sistema convencional de 95,41%, ainda classificados como excelente segundo o autor supracitado. Após a reinstalação das fitas gotejadoras no campo e do segundo ciclo de cultivo os coeficientes foram de 95,64 e 89,21 para o sistema vertical e convencional, respectivamente. Segundo Mantovani (2001) as fitas gotejadoras do sistema vertical

mantiveram a classificação excelente, enquanto as do convencional caíram para boa.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) inicialmente foi de 94,60%, classificado como excelente segundo Mantovani (2001). Após o primeiro ciclo, o sistema vertical apresentou um CUD de 90,68% e o convencional de 87,52%, sendo classificados como excelente e bom, respectivamente. Após o segundo ciclo, os valores encontrados foram 89,64% e 79,41% e segundo Mantovani (2001) as fitas gotejadoras do sistema vertical foram classificadas como bom e a do convencional como regular.

Os valores de CUD menores que os de CUC podem ser explicados devido as variáveis das equações na determinação dos coeficientes. Keller e Bliesner (1990) afirmaram que o CUD é uma forma mais rigorosa de avaliar um sistema de irrigação, uma vez que o mesmo só considera 25% da área que recebe menos água. Souza et al. (2006) e Silva et al. (2015) encontraram resultados semelhantes, o que corrobora com o encontrado no experimento.

O coeficiente de uniformidade estatístico inicial foi de 97,21%, e após o primeiro ciclo os valores encontrados foram de 96,39% para o sistema vertical e 93,31% para o convencional. De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006) os valores são classificados como excelente. Após o segundo ciclo os valores foram 92,41 e 89,31% para o sistema vertical e convencional, classificados segundo os autores como excelente e bom.

A eficiência de aplicação inicialmente foi classificada como ideal por Bernardo, Soares e Mantovani (2006) com 96,48%, após o primeiro ciclo o valor encontrado foi de 86,75 e 83,98% para o sistema vertical e convencional. Após as fitas gotejadoras serem reinstaladas os valores encontrados foram de 84,17 e 77,38%, respectivamente. Segundo os autores a eficiência de aplicação do sistema vertical após dois ciclos foi aceitável, e para o sistema convencional inaceitável.

Para ambos os sistemas houve uma queda nos valores encontrados, entretanto é possível observar que no sistema vertical os coeficientes mostram que mesmo após dois ciclos de cultivo obtiveram valores considerados aceitáveis. Segundo Testezlaf e Matsura (2015) fitas gotejadoras instaladas na superfície do solo, são expostas a intempéries climáticas como chuva e sol, esse fato reduz a vida útil do produto e suas características de fabricação, o que pode reduzir a uniformidade de aplicação. Como no sistema vertical a fita gotejadora é instalada dentro do tambor a mesma não fica exposta, o que pode ter causado a menor diminuição na uniformidade encontrada.

1.4 CONCLUSÃO

A fita gotejadora utilizada tem aptidão para o uso em cultivos de ciclo longo, e pode ser utilizada e reinstalada sem que haja perdas significativas no seu desempenho. Os coeficientes de uniformidade encontrados corroboram com as informações do fabricante, uma vez que depois de 2 ciclos os mesmos se mantiveram em níveis adequados. Entretanto, as fitas gotejadoras provenientes do sistema vertical apresentaram melhores valores que o sistema convencional, uma vez que a mesma não fica exposta a intempéries climáticas, garantindo que a distribuição da água no sistema vertical fosse mais eficiente.

REFERÊNCIAS

- BARRETO FILHO, A. de A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A. de; GOMES, E. M.; Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 625p, 2006.
- FAVETTA, G. M.; BOTREL, T. A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p.427-430, abr. 2001.
- HERNANDEZ, F. B. T. Manejo da irrigação. 2004. Disponível em <<http://www.irrigaterra.com.br/manejo.php>>. Acesso em 28 abril. 2017.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9621**: Agricultural irrigation equipment: emitters and emitting pipe: specification and test methods. 2 ed. Geneva, 2004. 20 p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 615p, 1990.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- NASCIMENTO, J. M. S.; LIMA, L. A.; CARARO, D. C.; CASTRO, E. M.; SILVA, M. V. G. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em um sistema de gotejamento para pequenas propriedades. **Ciência Agrotecnica** Lavras, v. 33, n. 1, p.1728-1733, jan. 2009.
- PRADO, G.; COLOMBO, A. Análise da uniformidade de aplicação de água pelo aspersor plona-rl250 em sistemas autopropelidos de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p.249-262, abr. 2007.
- SILVA, C. A.; SILVA, C. J.. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 6, n. 8, p.1-17, dez. 2005.
- SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A.; RODRIGUES, L. N. Proposição de um modelo matemático para a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.741-748, 2015.
- SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E. Distribuição da água no solo para o dimensionamento da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p.7-15, jan. 2004.
- SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P.S.L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.10, n.3, jul./set. 2006.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. **Engenharia de Irrigação: tubulações e acessórios.** 1. ed. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 2015. v. 1. 153p .

CAPÍTULO 2 - Eficiência do uso da água em um sistema vertical sob irrigação localizada

Kevim Muniz Ventura; Rodrigo Máximo Sánchez Róman

RESUMO: A agricultura irrigada é uma das atividades de maior consumo hídrico, por isso as pesquisas agropecuárias estão buscando cada vez mais formas de aumentar a eficiência da irrigação afim de promover um melhor uso da água e da terra. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar um sistema vertical irrigado, analisando variáveis que afetam a produção como incidência solar, formas de aplicação de biofertilizante, e parâmetros de produção. O delineamento experimental utilizado no experimento foi inteiramente casualizado, e os parâmetros analisados foram peso úmido e seco (g), circunferência (cm), número de folhas, altura (cm), área foliar (cm^2), eficiência do uso da água ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$) e produtividade (ton ha^{-1}) para seis hortaliças; alface (*Lactuca sativa*), rúcula (*Eruca sativa*), cebolinha (*Allium schoenoprasum*), salsa (*Petroselinum crispum*), almeirão (*Cichorium intybus*) e chicória (*Cichorium intybus intybus*). Os resultados indicam que o sistema vertical apresentou uma EUA superior aos demais tratamentos para todas as culturas analisadas, e os parâmetros biométricos não apresentaram diferença estatística quando comparados os sistemas convencional e vertical. Em relação a incidência solar, houve diferença estatística para a cultura da alface, salsa e cebolinha. Para as diferentes formas de aplicação do biofertilizante, os resultados indicaram que o uso da fertirrigação resultou em uma produção mais homogênea. Os resultados evidenciam que o sistema vertical irrigado tem potencial para produção de hortaliças de qualidade, e o plantio no mesmo deve ser feito conforme as preferências luminosas de cada cultura visando o melhor aproveitamento do sistema.

Palavras-chave: Horticultura; horta vertical; cultivo orgânico; incidência solar; biofertilizante; vermicompostagem.

ABSTRACT: Irrigated agriculture is one of the most water-intensive activities, so agricultural research is increasingly seeking ways to increase irrigation efficiency in order to promote better use of water and land. In this way, the objective of this work was to evaluate an irrigated vertical system, analyzing variables that affect the production as solar incidence, biofertilizer application forms, and production parameters. The experimental design was completely randomized and the parameters analyzed were wet and dry weight (g), circumference (cm), number of leaves, height (cm), leaf area (cm^2), water use efficiency $\text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ and productivity (ton ha^{-1}) for six vegetables; lettuce (*Lactuca sativa*), arugula (*Eruca sativa*), chives (*Allium schoenoprasum*), parsley (*Petroselinum crispum*), almeirão (*Cichorium intybus*) and chicory (*Cichorium intybus intybus*). The results indicate that the vertical system presented a higher USA than the other treatments for all the cultures analyzed, and the biometric parameters did not present statistical difference when compared the conventional and vertical systems. Regarding the solar incidence, there was a statistical difference for lettuce, parsley, and chives. For the different forms of biofertilizer application, the results indicated that the use of fertigation resulted in a more homogeneous production. The results show that the irrigated vertical system has the potential to produce quality vegetables, and the

planting should be done according to the luminous preferences of each crop aiming at the best use of the system.

Keywords: Horticulture; vertical garden; organic farming; solar incidence; biofertilizer; vermicomposting.

2.1 INTRODUÇÃO

Ricas em águas nutrientes, fibras, vitaminas, minerais e substâncias que combatem doenças, as hortaliças são um importante componente da dieta do brasileiro, e são responsáveis por fornecer nutrientes essenciais para a alimentação da população. No Brasil anualmente são produzidas mais de 20 milhões de toneladas de hortaliças, sendo que isso representa cerca de R\$ 100 bilhões de reais na economia nacional, empregando aproximadamente 2,4 milhões de pessoas. Apesar da grande importância, a horticultura vem enfrentando diversos desafios como problemas com escassez de água, redução na mão de obra e mudança nos hábitos de consumo da população (SEBRAE, 2017).

Nos últimos anos, a produção de hortaliças vem sofrendo mudanças em seu modelo de produção, de forma a se adaptar as modernizações, buscando maiores produtividades e qualidade. A produtividade das hortaliças está relacionada com inúmeros fatores como, fitossanidade, umidade do solo, teores de nutrientes disponíveis para a planta, entre outros (DUENHAS, 2004).

O sistema de cultivo vertical é uma técnica que visa produzir culturas medicinais, alimentares e ornamentais em locais que não possuem o espaço ideal para produção convencional. Esta técnica é amplamente utilizada em projetos de extensão que procuram produção sustentável de alimentos. Entre as muitas vantagens do sistema de jardinagem vertical, alguns deles destacam-se: aumento da produtividade; possibilidade de produzir alimentos de qualidade; produção sem sazonalidade; fácil manipulação; uso eficiente de espaço e materiais reciclados. A produtividade em sistemas verticais produz cerca de 5 a 10 vezes mais por metro quadrado em comparação com o método tradicional, em termos práticos, isto significa a possibilidade de produzir mais na mesma área com maior eficiência de uso da água (CLEMENTE, 2012; LIMA, DUARTE e ARAÚJO, 2014).

Geralmente, a produção de hortaliças está associada a um sistema de irrigação, devido a estas culturas serem sensíveis ao estresse hídrico (RIBEIRO et al., 2014). O desenvolvimento das plantas é sensível às condições ambientais

bióticas e abióticas (KUMAR et al., 2006, LIU; STUTZEL, 2004, PAYERO et al., 2008). Uma das formas de se analisar o rendimento de um cultivo às condições ambientais ou antrópicas se dá através dos indicadores de eficiência (PEREIRA; CORDERY; IACOVOS, 2012). Um dos principais indicadores é a eficiência do uso da água (EUA), definida como a razão entre a produção de biomassa ou produção comercial e a lâmina de água aplicada ou evapotranspirada (LIU; STUTZEL, 2004; PUPPALA et al., 2005; Kumar et al., 2017).

É fundamental compreender os processos que afetam o crescimento e desenvolvimento de culturas de interesse agrícola em diferentes ambientes. Além da irrigação, um dos fatores que influenciam o desenvolvimento das plantas é a luz e a forma como ela está disponível. A qualidade e o tipo de luz modificam o desenvolvimento fisiológico, morfológico e anatômico das plantas e as respostas das plantas à variação na disponibilidade de luz envolvem mudanças nas características das folhas, como a espessura da folha, o teor de nitrogênio e as alterações nos tecidos fotossintéticos, que influenciam diretamente a produção de biomassa.

Outro fator que afeta o desenvolvimento das plantas é a fertilização, e a forma com a qual esses nutrientes são disponibilizados durante o cultivo. Uma das técnicas que tem sua utilização amplamente difundida é a fertirrigação, segundo Villas Boas et al. (2006), esta técnica consiste em utilizar o sistema de irrigação como condutor e distribuir fertilizantes juntamente com a água. Segundo os autores qualquer sistema pode conduzir e distribuir fertilizante junto com a água, e que a uniformidade de distribuição do mesmo está diretamente ligado aos coeficientes de distribuição de água pelo sistema, sendo que aqueles que apresentam alta uniformidade de distribuição são os mais adequados para esta técnica. Dentre as vantagens da fertirrigação está o melhor aproveitamento do sistema de irrigação; economia no custo de aplicação de fertilizantes e mão de obra; fornece o nutriente junto com a água facilitando sua absorção; melhor distribuição do fertilizante; permite o parcelamento da adubação, reduz as perdas por lixiviação e volatilização; permite o controle da profundidade de aplicação do bulbo (VILLAS BOAS et al., 2006; DUENHAS et al., 2005; CARRIJO et al., 2017).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar um sistema de produção irrigada vertical em termos produção, eficiência do uso da água, influência da orientação solar, além do efeito do biofertilizante produzido através da vermicompostagem de resíduos orgânicos como fonte de nutrientes aplicado via

fertirrigação, afim de realizar uma caracterização inicial e gerar resultados pioneiros sobre o efeito deste sistema no desenvolvimento de culturas hortícolas visando promover sua utilização no Brasil por produtores de hortalças.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área de pesquisa do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP, campus Botucatu-SP localizado nas coordenadas 22°51'09.5"S de latitude e 48°25'49.6"W de longitude, e a 786 m de altitude. O clima do local é Cwa, temperado quente (mesotérmico), úmido, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média do mês mais quente do ano é superior a 22°C e a média anual em torno de 20,5°C. A precipitação pluvial total média é de 1.428 mm (CUNHA & MARTINS, 2009).

Para avaliação das diferentes culturas foram realizados quatro ciclos durante o ano de 2016, em detalhe na tabela 1.

Tabela 1. Detalhes dos ciclos dos experimentos realizados.

Ciclo	Culturas	Data
Ciclo 1	Alface, Cebolinha e Rúcula	Fev-mar/2016
Ciclo 2	Alface	Mai/2016
Ciclo 3	Salsa, Almeirão e Chicória	Ago-out/2016
Ciclo 4	Salsa	Out-Nov/2016

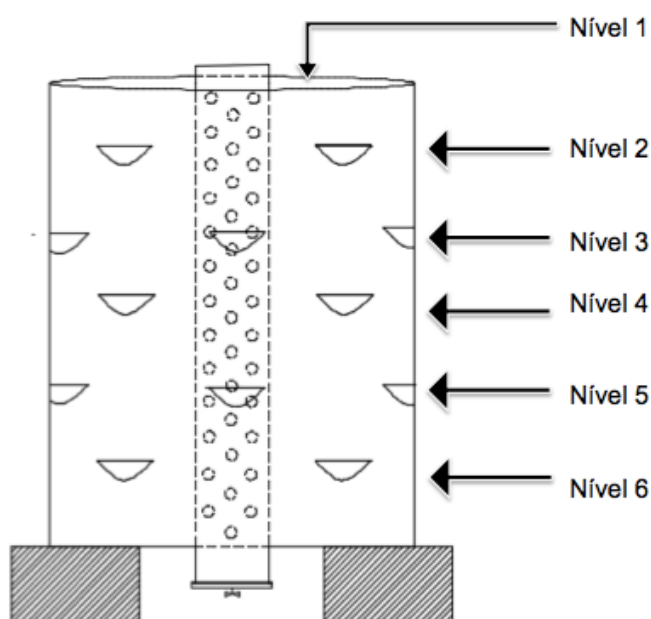
O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 3 repetições, onde cada repetição foi composta por 54 plantas. Os três tratamentos foram: sistema vertical, sistema horizontal com solo e sistema horizontal com substrato.

Os canteiros para os tratamentos convencionais, solo e substrato, foram construídos utilizando as recomendações de espaçamentos das culturas encontradas na literatura descritos na tabela 2, na direção norte-sul.

Tabela 2. Espaçamento utilizado para as diferentes culturas.

Cultura	Espaçamento (cm)	Referência
Alface	0,30 x 0,30	Magalhães et al. (2015)
Rúcula	0,20 x 0,25	Almeida et al. (2014)
Salsa	0,10 x 0,25	Almeida et al. (2014)
Cebolinha	0,20 x 0,25	Simões et al. (2016)
Almeirão	0,25 x 0,20	Salvador, Zárate e Vieira (2004)
Chicória	0,25 x 0,25	Hachmann, Dalastra e Echer (2017)

O sistema vertical foi construído utilizando tambores de 200 litros (100 centímetros de altura, 50 cm de diâmetro) com covas nas laterais para o plantio das hortaliças. Cada tambor tem capacidade para 54 plantas, distribuídas em seis níveis de plantio (5 laterais e 1 superior). O sistema conta com uma fita de gotejamento com 5,5 metros de comprimento, um tubo de PVC de 100 mm, e 4 blocos de cimento para apoio. Para montagem do sistema é necessário retirar a tampa, ou parte superior do tambor, e realizar 45 furos em suas laterais divididos em 5 níveis (Figura 1) com 9 furos cada, que servirão como apoio para o plantio das hortaliças após o tambor ser preenchido com substrato. Para realização dos furos foi se utilizado um lança chamas, molde de madeira e uma serra circular elétrica.

Figura 1. Desenho esquemático do sistema vertical e os respectivos níveis de plantio.

A composteira no centro é responsável pela produção do chorume utilizado

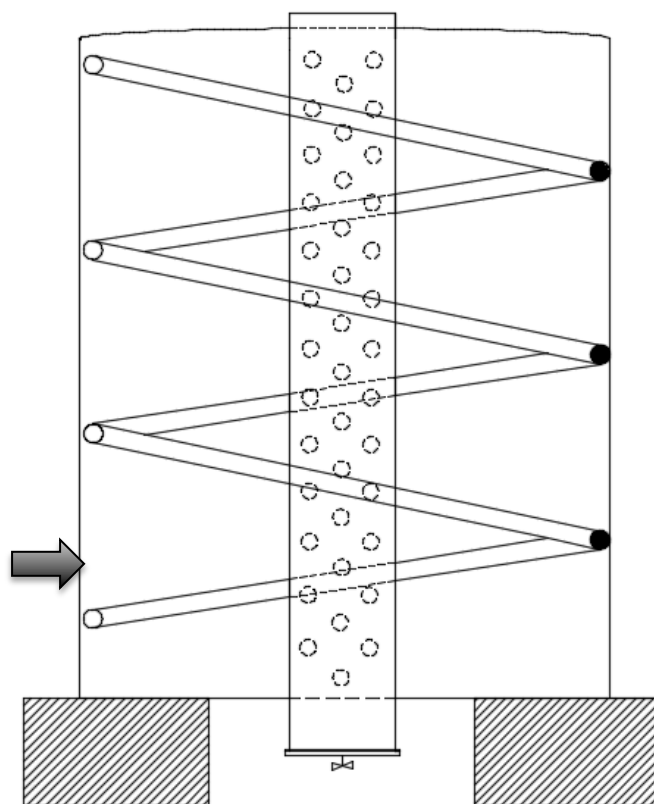
como biofertilizante orgânico. Para a montagem do mesmo, se utiliza um tubo de PVC de 100 mm com 1,15 m de comprimento com furos de 2 cm de diâmetro em sua extensão (Figura 2). Semanalmente foi adicionado na composteira resíduos orgânicos provenientes de restaurantes locais, onde os alimentos eram previamente picados e misturados com serragem de madeira. Ao sistema também foi adicionado 500 g de minhocas gigantes africanas (*Eudrilus eugeniae*), que tinham como função acelerar o processo de compostagem e distribuir o húmus pelo tambor através dos furos na composteira.

Figura 2. (A) Cano de PVC utilizado como composteira (torre de minhoca). (B) Composteira instalada no centro do tambor.



O mesmo é instalado no centro do tambor através de um furo na parte inferior. Em uma das extremidades do tubo é acoplado um cap com um registro para retirada do “compost tea” que é utilizado como fertilizante orgânico para as plantas. A irrigação se dá através de uma fita gotejadora de 16 mm e vazão de 2,0 L.h⁻¹, com emissores espaçados a 30 cm, inserida pela parte inferior do tambor e instalada de forma espiral ascendente, conforme o esquema abaixo (Figura 3).

Figura 3. Desenho esquemático da fita gotejadora instalada no interior do sistema vertical.

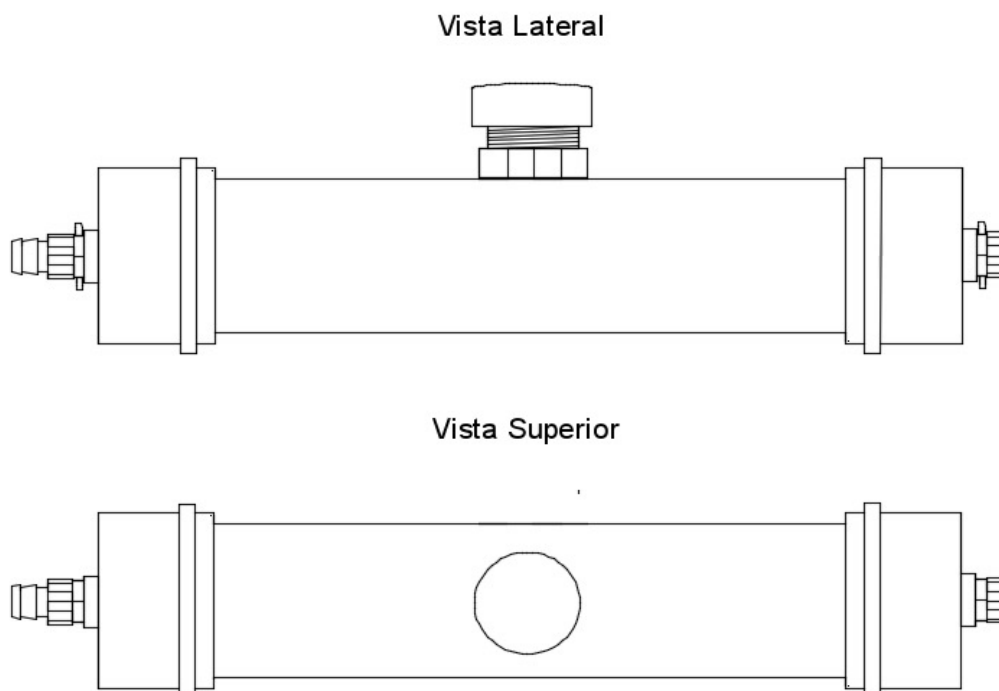


O sistema foi dimensionado para que o chorume fosse coletado a cada dez dias, quando era feita a adubação. As análises físico-químicas para determinação dos teores de nutrientes do biofertilizante foram realizadas no laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA. As análises de sólidos totais, suspensos e dissolvidos foi realizada utilizando a metodologia descrita na norma técnica da SABESP (NTS 013). O pH e a condutividade elétrica (CE) foram medidos utilizando um pHmetro e condutivímetro digital.

O biofertilizante foi aplicado de duas formas, distribuído diretamente na parte superior do tambor e utilizando um injetor para fertirrigação, desenvolvido durante esta pesquisa, que consiste de um tubo de PVC com adaptações que permitem o encaixe na linha de irrigação e a injeção de fertilizante. A invenção possui a tarefa básica de permitir a injeção de fertilizantes na linha de irrigação, permitindo realizar a fertirrigação das culturas. O sistema é composto por um tubo de PVC de 30 cm, dois caps adaptados com uma conexão com porca afim de possibilitar o encaixe da linha de irrigação e um adaptador com rosca na parte superior que permite a

abertura e injeção do fertilizante (Figura 4).

Figura 4. Desenho esquemático do injetor de fertilizante desenvolvido para aplicação do biofertilizante no sistema vertical.



Para avaliar a influência da forma de aplicação do biofertilizante, foi utilizado a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), ao final dos ciclos foi avaliado para cada nível, o número de folhas, peso fresco e úmido, e circunferência da cabeça.

A irrigação nos sistemas horizontais foi realizada utilizando uma fita gotejadora de 16 mm com vazão de $2,0 \text{ L h}^{-1}$ e gotejadores espaçados a 30 cm, e a lâmina de irrigação diária calculada utilizando dados meteorológicos da Estação Lageado com base no tratamento de canteiro de solo, sendo que o volume aplicado nos três tratamentos foram o mesmo.

As análises físico-químicas do solo e substrato utilizado nos tratamentos foram realizadas no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da Faculdade de Ciências Agrícolas de Botucatu afim de realizar correção e adubação durante o cultivo.

Para avaliação das culturas analisadas, foram determinados os parâmetros: peso úmido e seco (g), circunferência (cm), número de folhas, altura (cm), área foliar (cm^2) para seis diferentes hortaliças; alface (*Lactuca sativa*); rúcula (*Eruca sativa*); cebolinha (*Allium schoenoprasum*); salsinha (*Petroselinum crispum*);

almeirão (*Cichorium intybus*) e chicória (*Cichorium intybus intybus*).

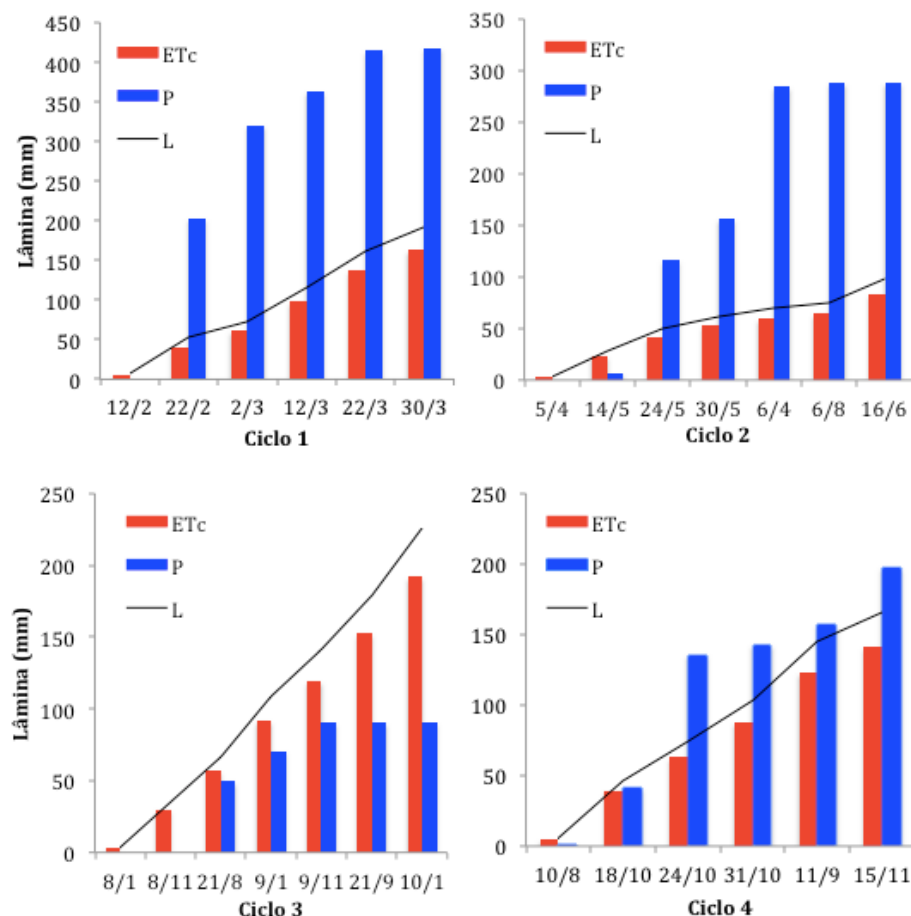
Além dos parâmetros biométricos, determinou-se a eficiência do uso da água (EUA) através da relação entre produtividade (kg ha^{-1}) e lâmina de água aplicada (mm) e a produtividade de cada tratamento (t ha^{-1}). Para a determinação da área do sistema vertical utilizado nos cálculos acima, considerou-se que o mesmo ocupa $1,0 \text{ m}^2$, e os canteiros dos dois tratamentos $6,0 \text{ m}^2$.

As médias dos resultados encontrados entre os três sistemas analisados foram comparadas através do teste de Tukey com 5% de probabilidade com o software Minitab, e através da estatística descritiva.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de evapotranspiração da cultura e precipitação no período do experimento podem ser observados Figura 5, onde os mesmos foram utilizados para o cálculo da lâmina de irrigação.

Figura 5. Evapotranspiração da cultura média (ETc), precipitação (P) e lâmina de irrigação (L) acumulada durante o período do experimento.



2.3.1 Parâmetros biométricos

Na Tabela 3, é possível observar os parâmetros biométricos avaliados nas diferentes culturas estudadas.

Tabela 3. Resultado dos parâmetros analisados nas diferentes culturas.

Cultura	Parâmetro*	Vertical	Canteiro solo	Canteiro Substrato
Alface	Peso úmido	261,6 a	247,2 a	110,5 b
	Peso seco	14,5 a	13,1 b	11,5 c
	Circunferência	32,8 a	32,7 a	19,7 b
	Número de folhas	13 a	9,5 b	5,4 c
Rúcula	Peso úmido	14,0 b	50,0 a	10,4 b
	Peso seco	1,9 b	6,0 a	1,8 b
	Altura	18,6 b	22,0 a	14,9 c
Cebolinha	Peso úmido	31,1 a	32,6 a	11,3 b
	Peso seco	3,5 a	4,8 a	0,7 b
	Altura	38,3 a	41,5 a	10,2 b
Almeirão	Peso úmido	360,0 a	360,2 a	280,0 b
	Peso seco	30,5 b	40,8 a	10,7 c
	Área foliar	280,1 a	230,6 b	190,0 c
Chicória	Peso úmido	360,8 a	360,8 a	210,3 c
	Peso seco	16,0 b	31,4 a	10,9 b
	Área foliar	490,2 a	432,5 b	301,0 c
Salsa	Peso úmido	36,1 a	33,4 ab	27,8 b
	Peso seco	20,0 a	20,1 a	22,6 a
	Altura	32,8 a	32,7 a	19,7 b

*Peso úmido: gramas (g); Peso seco: gramas (g); Circunferência: centímetros (cm); Altura: centímetros (cm); Área foliar: centímetros quadrados (cm²)

Valores seguidos por letras iguais nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A alface respondeu de forma positiva ao cultivo no sistema vertical, uma vez que os parâmetros analisados foram significativamente iguais aos do canteiro de solo, forma convencional de produção. Peixoto Filho et al. (2013) em um experimento utilizando fertilizante mineral alcançou uma média de 112 g matéria fresca, e 12,7 folhas. Bezerra Neto et al. (2005) trabalhando com diferentes sombreamentos descreve um diâmetro médio de planta de 32,71 cm para o tratamento controle. Abreu et al. (2010) em um estudo comparando a produtividade de alface sob adubação química e orgânica, apontam uma média de 167,26 g de matéria fresca e 4,86 g de matéria seca utilizando humos de minhoca como

fertilizante e na adubação química os autores encontraram 233,11 g de matéria fresca e 4,81 g de seca.

A cultura da rúcula não apresentou resultados satisfatórios no sistema vertical, sendo que os valores do canteiro de solo foram os melhores para todos os parâmetros analisados. Os valores para o tratamento convencional estão de acordo com os encontrados na literatura, Cavallaro Júnior et al. (2009) apontam uma altura média de 14,14 cm e Jardina et al. (2017) em um sistema semi hidropônico uma altura média de 15,47 cm. Em relação ao peso, Rossi et al. (2017) encontraram valores de peso fresco de 71,69 g e 5,08 de peso seco, e Grangeiro et al. (2007) 47,27 g de peso fresco e 5,7 de peso seco.

A cebolinha apresentou desempenho similar entre o tratamento vertical e o canteiro de solo, e ambos diferiram estatisticamente das plantas do canteiro de substrato. Os resultados encontrados para o sistema vertical e no canteiro de solo são semelhantes aos citados por Massad, Oliveira e Dutra (2010) que encontraram uma média de 21,07 g de peso úmido e 24,17 cm de altura, Zárate et al. (2017) 24,03 cm de altura, Simões et al. (2016) 31,4 g de peso úmido e Salvador, Zárate e Vieira (2004) 28,44 cm de altura.

Em termos de peso úmido e área foliar, parâmetros chave na produção de almeirão, o sistema vertical apresentou valores semelhantes ao convencional e aos citados na literatura. Godoi et al. (2007) apontam uma média de 478,4 g de peso úmido e 34,2 g de peso seco e Santos et al. (2013) uma média de 287 g de peso úmido e 25,4 g de peso seco. No parâmetro área foliar, os autores descrevem valores próximos a 185,5 cm² de área foliar, valor inferior aos encontrados neste trabalho.

O comportamento da chicória foi semelhante ao do almeirão, uma vez que ambas as culturas apresentam características similares. Os valores apresentados na tabela acima evidenciam a eficiência do sistema vertical, uma vez que os valores foram estatisticamente iguais aos do canteiro de solo. Os valores encontrados estão de acordo com os descritos por Reghin et al. (2007) e Hachmann, Dalastra e Echer (2017) que descrevem um peso úmido de 380,2 g e 306,33 g respectivamente.

Para a cultura da salsa, para o parâmetro peso seco não houve diferença entre os tratamentos. Como a maior comercialização desta cultura é feita in natura, o peso fresco e altura são os parâmetros mais importantes a ser analisado, sendo que o sistema vertical apresentou resultados semelhantes ao convencional. Almeida et

al. (2014) trabalhando com a mesma cultivar encontraram valores de peso fresco de 29,82 g. Heredia et al. (2003) encontraram altura de 33 cm, e Escobar et al. (2010) encontraram altura de planta de 27 cm, valores próximos aos encontrados no sistema vertical.

2.3.2 Eficiência do uso da água

A EUA do sistema vertical foi consideravelmente superior aos outros dois tratamentos analisados (Tabela 4) devido ao melhor aproveitamento do espaço que esse sistema permite. Para as culturas analisadas, somente a rúcula apresentou resultado significativamente semelhantes ao sistema convencional. Para a cultura da cebolinha, almeirão e chicória não foram encontrado na literatura valores de EUA.

Tabela 4. Eficiência do uso da água (EUA) para as diferentes culturas analisadas.

	EUA (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)		
	Vertical	Canteiro Solo	Canteiro Substrato
Alface	55,0 a	10,0 b	2,2 c
Almeirão	62,1 a	14,8 b	11,5 b
Cebolinha	27,2 a	7,2 b	2,4 b
Chicória	80,7 a	13,9 b	7,9 b
Rúcula	12,5 a	10,6 a	2,2 b
Salsa	57,0 a	16,5 b	10,6 b

Valores seguidos por letras iguais nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Valiati et al. (2012) em um experimento com diferentes lâminas de irrigação buscando a maior EUA para a alface, no tratamento com 100% da lâmina encontrou uma EUA de 11,14 kg ha⁻¹ mm⁻¹, e no tratamento com 150% da ET_o 22,32 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Araujo et al. (2010) trabalhando com diferentes lâminas de irrigação, no tratamento equivalente a 100% da ET_o descreve uma EUA de 8,25 kg ha⁻¹ mm⁻¹; esses valores mostram que o sistema vertical apresenta uma eficiência muito maior que uma produção com mais de 100% da lâmina necessária.

Na rúcula, apesar do peso fresco no sistema vertical ter sido menor que no convencional, a EUA foi superior devido ao aproveitamento do espaço. Na literatura

Becari (2015) trabalhando com duas cultivares de rúcula e Bonfim-Silva et al. (2015) com a mesma utilizada neste estudo encontraram valores semelhantes ao do tratamento vertical e no canteiro de solo.

Para a cultura da salsa, Albuquerque Filho (2006) encontrou uma EUA para salsa no município de Campina Grande de $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ e Gonçalves (2016) em diferentes cultivares de salsa encontrou EUA de $19 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para salsa crespa, $21,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para lisa e $14,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para graúda portuguesa.

A produtividade dos tratamentos pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5. Produtividade (t ha^{-1}) para as diferentes culturas analisadas.

	Produtividade (t ha^{-1})		
	Vertical	Canteiro Solo	Canteiro Substrato
Alface	32,0 a	5,84 b	1,29 b
Almeirão	18,7 a	4,48 b	3,46 b
Cebolinha	15,86 a	4,21 b	1,40 b
Chicória	24,33 a	4,20 b	2,40 b
Rúcula	7,28 a	6,19 a	1,28 b
Salsa	17,97 a	4,14 b	3,44 b

Valores seguidos por letras iguais nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores encontrados para o sistema convencional estão de acordo com encontrados na literatura (GODOI et al., 2007; ABREU et al., 2010; ESCOBAR et al. 2010; SIMÕES et al. 2016; JARDINA et al., 2017; HACHMANN, DALASTRA e ECHER, 2017), e para o sistema vertical, esse parâmetro foi elevado devido ao melhor aproveitamento do espaço, pois onde um canteiro convencional requer cerca de 6 m^2 para produzir 54 plantas, o vertical utiliza 1 m^2 .

2.3.3 Incidência solar

Houve uma diferença significativa entre os tratamentos analisados apenas para alface, cebolinha e salsa. Por outro lado, há evidências de que, para a chicória, a rúcula e almeirão, a influência da incidência solar não afetou os parâmetros analisados; portanto, essas culturas podem ser produzidas eficientemente em

qualquer orientação no sistema vertical (Tabela 6).

Tabela 6. Influência da orientação solar no peso úmido (PU) e seco (PS) em gramas.

Parâmetro		Orientação solar				
		Convencional	Sul	Leste	Norte	Oeste
Alface	PU	171,7 a	159,4 ab	170,9 a	141,9 b	144,1 b
	PS	8,0 a	4,1 b	5,1 b	3,4 b	4,3 b
Cebolinha	PU	30,6 b	58,3 a	39,2 b	45,5 ab	58,8 a
	PS	1,5 b	16,2 a	10,1 b	14,5 a	16,7 a
Salsa	PU	46,1 a	25,4 bc	24,7 b	41,5 ab	46,6 a
	PS	22,7 ab	11,9 b	13,1 b	24,8 a	28,0 a
Rúcula	PU	20,7 a	16,8 a	9,4 a	5,3 a	15,4 a
	PS	13,1 a	8,9 a	1,6 a	0,9 a	7,5 a
Almeirão	PU	38,3 a	33,2 a	31,2 a	37,4 a	40,2 a
	PS	27,8 a	23,6 a	23,4 a	25,6 a	26,4 a
Chicória	PU	61,5 a	46,5 a	54,9 a	41,7 a	41,2 a
	PS	44,9 a	30,9 a	39,2 a	25,4 a	27,3 a

*Valores seguidos pela mesma letra na linha não difere significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a alface, o tratamento que apresentou melhores resultado foram as plantas cultivadas convencionalmente (canteiro de solo) e as plantas voltadas para o leste e o sul. As plantas orientadas para o norte e oeste apresentaram os menores valores de peso úmido (Tabela 6). Além disso, fotoperíodo e intensidade luminosa são os fatores que mais influenciam o crescimento dessa cultura (BLAT et al., 2008; CUNHA e MARTINS, 2009; PEIXOTO FILHO et al., 2013).

A salsa apresentou melhores resultados no tratamento convencional, não diferindo estatisticamente das plantas voltadas para o norte e o oeste. Heredia et al. (2003) e Souza, Ferreira e Vasconcellos (2015) trabalhando com cobertura de vegetação em telhados verdes, apontam que a salsa cresce melhor em locais com incidência solar moderada. Esta informação corrobora achados por autores que

encontraram valores mais altos de massa fresca no sistema vertical quando comparados com o convencional (HEREDIA et al., 2003; ESCOBAR et al., 2010; ALMEIDA et al., 2014). Devido a essa preferência por menor incidência solar, as plantas voltadas para o leste e o sul, que recebem a maior incidência luminosa, apresentaram os menores resultados de massa fresca (FILGUEIRA, 2003).

As plantas de cebolinha voltadas para o sul, norte e oeste apresentaram valores mais elevados em relação à massa seca, não tendo diferença estatística entre eles. Os valores mais baixos deste parâmetro foram observados para as plantas voltadas para o leste, bem como as do sistema convencional. Rúcula, almeirão e chicória não apresentaram diferenças estatisticamente significativas na massa seca, mantendo o padrão encontrado na massa fresca.

As plantas de alface cultivadas no sistema vertical apresentaram valores de massa seca mais baixos do que as plantas cultivadas convencionalmente, enquanto as cebolinhas apresentaram maior massa seca quando expostas ao sul, norte e oeste. Para a salsa, observou-se maior massa seca em plantas voltadas para o norte e o oeste, e estas não diferiram significativamente das plantas no sistema convencional.

Os resultados sugerem que o processo fotossintético das culturas avaliadas é afetado quando o nível de exposição à luz solar é alterado durante o dia, pois as diferenças entre as massas secas foram observadas em cada cultura estudada. Considerando a localização em que o experimento foi realizado, bem como o sistema vertical utilizado, as plantas cultivadas no lado voltado para o leste tendem a receber uma maior incidência de luz solar ao longo do período da manhã. Em contraste, as plantas cultivadas no lado oeste receberam luz solar durante a tarde; como o sol é mais inclinado para o sul, as plantas no lado norte passaram a maior parte do tempo sombreadas enquanto as do sul recebiam luz durante todo o dia (TARARA et al., 2008).

Embora a incidência de luz solar nas plantas voltadas para leste e oeste seja quantitativamente a mesma, as condições ambientais no momento em que a luz é recebida pelas plantas são consideravelmente diferentes. As plantas que crescem no leste recebem mais luz durante a manhã, onde o ambiente é mais frio, enquanto as plantas cultivadas no lado oeste do sistema recebem luz diretamente após o meio dia ao anoitecer, o que inclui o período em que a fotossíntese apresenta seus valores mais baixos (KOYAMA e TAKEMOTO, 2014).

A fotossíntese é um dos principais processos responsáveis pela fixação de carbono das plantas e, ao longo do dia, a taxa fotossintética varia drasticamente devido à alteração da intensidade da luz, bem como às condições ambientais (HEREDIA et al, 2003). Em geral, o desempenho fotossintético das plantas tende a aumentar durante a manhã atingindo o máximo próximo ao meio dia. Após este período, observa-se menor fotossíntese líquida em decorrência das altas temperaturas encontradas no ambiente, solo e ar, alta temperatura, processos de foto inibição e redução da condutância estomática (POPMA E BONGERS, 1992; HE, LEE e DODD, 2001; XU e SHEN, 2005). Portanto, a ocorrência de variação de incidência da luz nas plantas interferiu com a fotossíntese e, conseqüentemente, afetou o acúmulo de biomassa.

2.3.4 Caracterização do biofertilizante

Os valores apresentados nas tabelas abaixo (Tabela 7, 8 e 9) apresentam as características físico-químicas do chorume utilizado como biofertilizante durante o ciclo da cultura.

Em relação ao uso do biofertilizante via fertirrigação, segundo Nakayama e Bucks (1991), o risco de entupimento em sistemas de gotejamento para fluidos com as características do chorume (Tabela 7) utilizado é de leve a moderado. Ainda com esse risco, os coeficientes CUC, CUD, CUE e Ea foram considerados excelente, bom, excelente e aceitável, respectivamente. No ciclo 1, onde a fita gotejadora recebia apenas água de abastecimento, os coeficientes CUC, CUD, CUE e Ea foram excelente, excelente, excelente e aceitável, respectivamente (MANTOVANI, 2001; BERNARDO, SOARES E MANTOVANI, 2006), evidenciando assim que o uso do biofertilizante com as características descritas nas tabelas abaixo não afeta de forma negativa a uniformidade do sistema de irrigação.

Tabela 7. Teores de sólidos do biofertilizante.

Avaliações		Sólidos totais	Sólidos suspensos	Sólidos dissolvidos
		mg L ⁻¹		
1 ^a	Ciclo 1	496	64	432
2 ^a		828	75	753
3 ^a	Ciclo 2	741	56	685
4 ^a		764	75	689

As características do biofertilizante, conforme Carrijo et al. (2017), CE acima de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ podem causar danos e reduzir a produtividade na maioria das hortaliças, na Tabela 8 é possível observar que o biofertilizante produzido com o chorume resultante da vermicompostagem apresentou parâmetros abaixo ao indicado pelos autores, garantindo assim que o mesmo apresente uma boa aplicabilidade como fonte de nutrientes nesse sistema.

Tabela 8. Características físico-químicas do biofertilizante.

Avaliações		CE (dS m^{-1})	pH	C/N
1 ^a	Ciclo 1	1,11	5,9	5/1
2 ^a		1,43	6,4	5/1
3 ^a	Ciclo 2	1,34	6,2	5/1
4 ^a		1,41	5,6	5/1

Kaneko et al. (2012), aponta que as vantagens econômicas da fertirrigação são traduzidas em maior lucratividade e rentabilidade, quando comparada com a adubação convencional. Duenhas et al. (2005), aponta que o tratamento com fertirrigação com metade da dose apresentou os mesmos rendimentos que a adubação convencional com 100% da dose de fertilizante, e segundo Teixeira, Natale e Martins (2007) a fertirrigação possibilitou reduzir a dose de N e K em relação à adubação convencional, sem prejuízo na produção de hortaliças. Villas Boas et al. (2006), aponta que pode-se utilizar a mesma quantidade de fertilizantes na fertirrigação, porém em termos práticos se observa que o parcelamento da adubação torna o aproveitamento dos nutrientes eficiente, além de evitar a lixiviação dos mesmos, desta forma o uso do biofertilizante produzido através da vermicompostagem dos resíduos orgânicos resultou em uma produção adequada das hortaliças estudadas.

Tabela 9. Características químicas do biofertilizante.

		Ciclo 1		Ciclo 2	
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
N		0,2	0,4	0,5	0,3
P ₂ O ₅		0,2	0,2	0,3	0,2
K ₂ O		0,1	0,2	0,1	0,1
Ca	g L ⁻¹	0,2	0,2	0,1	0,1
S		0,1	0,1	0,1	0,1
MO		2,0	3,6	4,2	2,9
C		1,0	1,4	2,5	2,2
Na		27	24	28	21
Fe	mg L ⁻¹	4,0	3,4	5,6	4,9
Mn		1,0	1,0	1,5	1,2

2.3.5 Aplicação do biofertilizante

A tabela 10 descreve os valores de produtividade para os diferentes níveis dentro do sistema vertical para os dois tratamentos analisados no experimento.

Tabela 10. Produtividade por nível do sistema vertical, para a cultura da alface para duas formas de aplicação de biofertilizante.

Nível	Produtividade (g/nível)	
	Com fertirrigação	Sem fertirrigação
1	1002,09	711,71
2	1058,91	668,22
3	928,81	602,99
4	947,21	597,21
5	886,00	336,48
6	879,00	329,18

Os resultados da Tabela 10 mostram que para o tratamento com fertirrigação, todos os parâmetros apresentaram maior uniformidade entre os níveis do sistema vertical. Devido ao uso do injetor na fertirrigação, a distribuição do biofertilizante no segundo ciclo se deu através da fita de gotejamento da irrigação, os nutrientes foram melhor distribuídos para as plantas nos diferentes níveis resultando em uma produção mais uniforme dentro do sistema, como pode ser melhor observado nas Figuras 6 e 7.

Figura 6. Exemplos de alfaces dos diferentes níveis do sistema vertical sem a utilização da fertirrigação. Números de 1 a 6 indicam os níveis de plantio no sistema vertical.

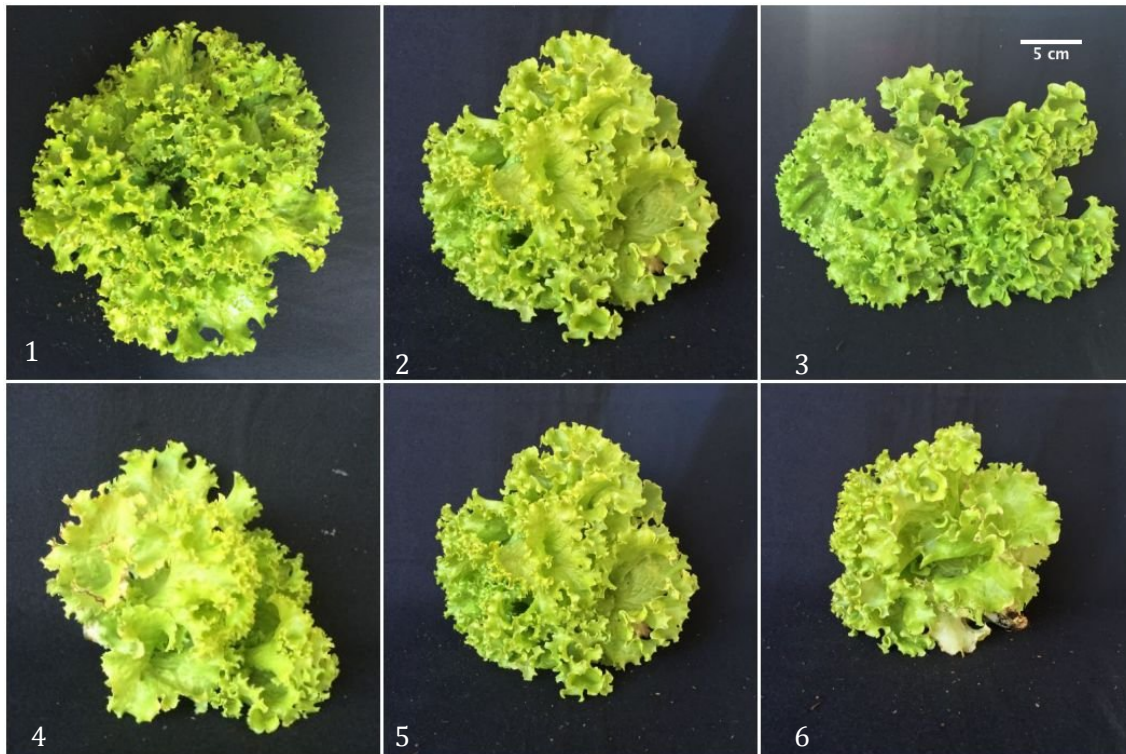
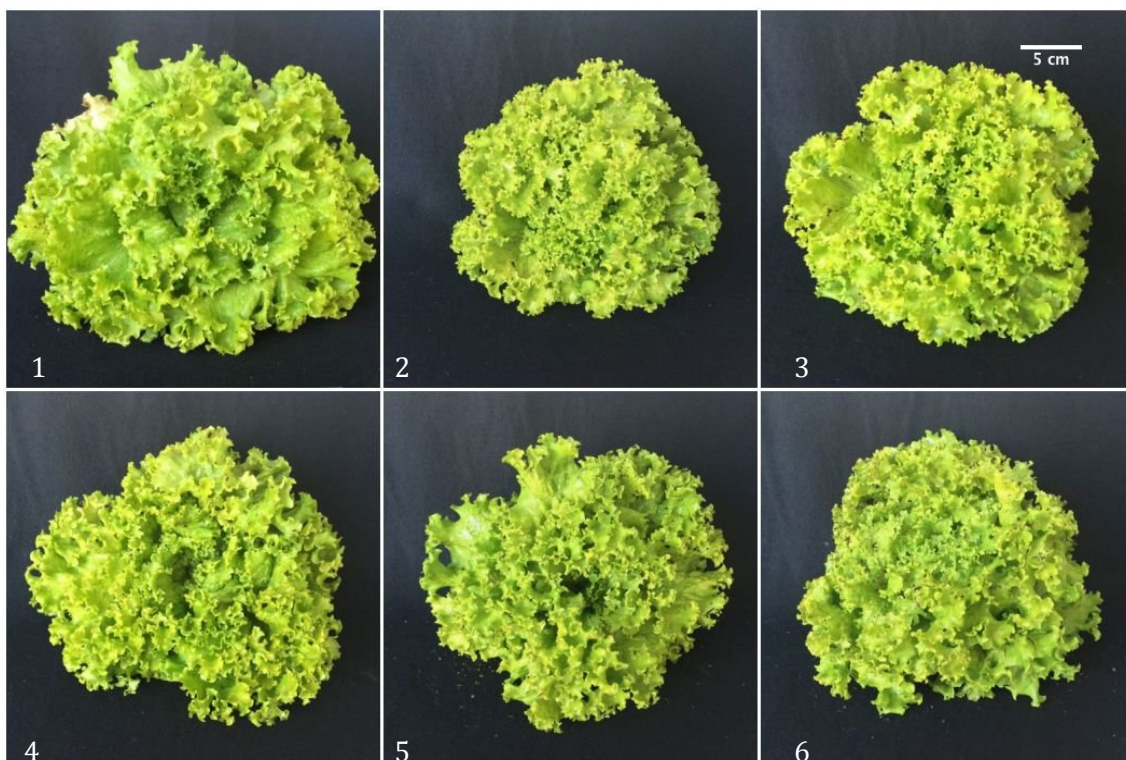
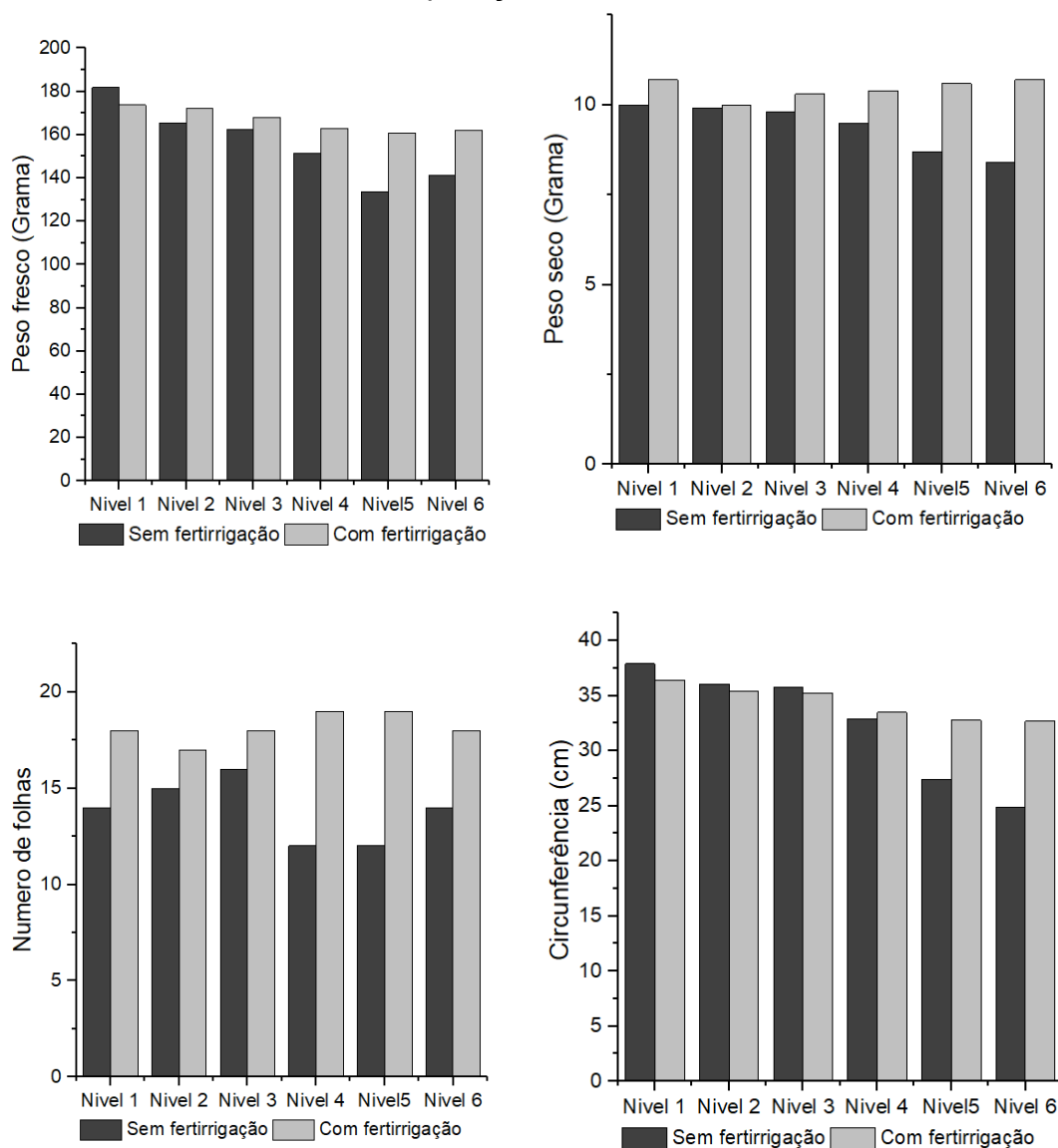


Figura 7. Exemplos de alfaces dos diferentes níveis do sistema vertical com a utilização da fertirrigação. Números de 1 a 6 indicam os níveis de plantio no sistema vertical.



Na figura 8 é possível observar os parâmetros biométricos analisados na cultura da alface com as diferentes formas de aplicação do biofertilizante produzido no sistema vertical através da vermicompostagem.

Figura 8. Média dos parâmetros biométricos para os diferentes níveis do sistema vertical nas diferentes formas de aplicação do biofertilizante



Para o parâmetro peso fresco, no nível 5 houve uma diferença de 15% entre as formas de aplicação do biofertilizante. Para o parâmetro numero de folhas, a diferença foi mais acentuada entre os tratamentos. Para o nível 5 houve uma diferença de 59% entre as formas de aplicação, para o nível 4 55% e para o 6 43%. Medeiros et al. (2011), trabalhando com sistema convencional de produção de alface, encontrou que realizando fertirrigação, ocorre um aumento no numero de folhas e peso úmido quando comparado com adubação convencional. Os

autores encontraram uma média de 17 folhas para a adubação convencional e 22,5 para a fertirrigação. No parâmetro peso úmido, os autores encontraram uma média de 121 g para o tratamento convencional e 295 g para o com fertirrigação, resultados estes que corroboram com os encontrados nesta pesquisa.

2.4 CONCLUSÃO

O sistema vertical apresentou valores de EUA e produtividade superiores ao sistema convencional para todas as culturas hortícolas estudadas, devido a seu maior aproveitamento do espaço horizontal para produção, e em termos de índices de produtividade, somente a rúcula não se adaptou ao sistema vertical. O efeito da incidência solar variou de acordo com a cultura utilizada, uma vez que cada espécie tem preferência em relação ao nível e quantidade de luz. No cultivo vertical, recomenda-se que a planta siga as preferências de luz das plantas para promover a atividade fotossintética, levando em consideração os resultados desta pesquisa. As características do biofertilizante produzido foram suficiente para garantir a produção, alcançando níveis semelhantes aos encontrados na literatura. Com o uso do injetor para fertirrigação no sistema vertical, as características analisadas da alface foram mais uniformes entre os níveis, garantindo uma produção homogênea.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ, pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor. A Estação Meteorológica da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP pelos dados climáticos fornecidos.

REFERÊNCIAS

ABREU, Ingergleice Machado de Oliveira et al. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. In: CIÊNCIA e Tecnologia de Alimentos. Campinas: Supl, 2010. p. 108-118.

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. **Eficiência do uso da água no cultivo do coentro e da salsa na presença de um polímero hidroabsorvente.** 2006. 107 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2006.

ALMEIDA, Tarcísia da Silva et al. Produtividade da salsa em cultivo solteiro e consorciado, sob manejo de base agroecológica no norte de Minas Gerais. **Cadernos de Agroecologia**, Janaúba, v. 9, n. 3, p.1-4, jan. 2014.

ARAÚJO, Wellington Farias et al. RENDIMENTO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA PELA ALFACE EM FUNÇÃO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p.115-120, dez. 2010.

BECARI, Gustavo Ricardo Gonçalves. **EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E PARÂMETROS NUTRICIONAIS NA CULTURA DA RÚCULA SUBMETIDA A DIFERENTES CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO**. 2015. 103 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (irrigação e Drenagem), Unesp, Botucatu, 2015.

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

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R.C.C.; NEGREIROS, M.Z.; ROCHA, R.H.; QUEIROGA, R.C.F. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p.189-192, abr-jun 2005.

BLAT SF, SANCHEZ SV, ARAÚJO JAC, SUGUINO E. [Water consumption in cultivar of crisp lettuce produced in NFT type hydroponics in two protected environments in Ribeirão Preto - SP.] In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA*, 2008, Maringá. Portuguese.

BONFIM-SILVA, Edna Maria et al. Adubação fosfatada em rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, v. 6, n. 1, p.1-11, dez. 2015.

CARRIJO, Osmar Alves et al. **FERTIRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/778699/1/ct32.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2017.

CAVALLARO JÚNIOR, Mario Luiz et al. PRODUTIVIDADE DE RÚCULA E TOMATE EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO N E P ORGÂNICA E MINERAL. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p.347-356, jan. 2009.

CLEMENTE, F. M. V. T. *Produção de hortaliças para agricultura familiar*. Brasília: 2015.

CUNHA AR, MARTINS D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Irriga* 2009; 14: 1-11.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Irriga*, Botucatu, v.14, n.1, p.1-11, jan./mar. 2009

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Irriga*, Botucatu, v.14, n.1, p.1-11, jan./mar. 2009

DUENHAS, Luiza H. et al. PRODUÇÃO, QUALIDADE DOS FRUTOS E ESTADO NUTRICIONAL DA LARANJA VALÊNCIA SOB FERTIRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO CONVENCIONAL. **Eng. Agríc**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p.154-160, abr. 2005.

DUENHAS, Luiza Helena. **Cultivo orgânico de melão: Aplicação de esterco e de biofertilizantes e substâncias húmidas via fertirrigação**. 2004. 91 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (irrigação e Drenagem), Esalq, Piracicaba, 2004.

ESCOBAR, Ágatha Corrêa Neves et al. Avaliação da produtividade de três cultivares de salsa em função de diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 28, n. 2, p.2671-2676, jul. 2010. CD-ROM.

FILGUEIRA FAR. *Novo manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 2003.

Franz DW, Bonacolsi LD, Cordeiro FW, Verlindo A. [Evaluation of curly parsley (*Petroselinum crispum*) in the vertical garden system.] In: *MICTI* 2015..

FREIRE, Glécia Mesquita et al. APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO LÍQUIDO VIA FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DO MELOEIRO. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 25, n. 5, p.49-55, out. 2009.

GODOI, Rodrigo dos Santos et al. Crescimento e produtividade do almeirão em concentrações de N total contendo NH₄⁺ na solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p.1170-1173, ago. 2007.

GONÇALVES, Luis Felipe Cardoso. **ENSAIO DE COMPETIÇÃO ENTRE CULTIVARES DE SALSA EM AMBIENTE PROTEGIDO**. 2016. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2016.

GRANGEIRO LC; BEZERRA NETO F; NEGREIROS MZ; CECÍLIO FILHO AB; CALDAS AVC; COSTA NL. 2007. Produtividade da beterraba e rúcula em função da época de plantio em monocultivo e consórcio. *Horticultura Brasileira* 25:577-581.

HACHMANN, Tiago Luan; DALASTRA, Graciela Maiara; ECHER, Márcia de Moraes. Características produtivas da chicória da catalogna, cultivada em diferentes espaçamentos sob telas de sombreamento. **Ciência Agrária**, Marechal Cândido Rondon, v. 9, n. 2, p.48-55, jan. 2017.

HE J, LEE SK, DODD IC. Limitations to photosynthesis of lettuce grown under tropical conditions: alleviation by root-zone cooling. *Journal Of Experimental Botany* 2001; 52: 1323-1330.

HEREDIA Z., N.A.; VIEIRA, M.C.; WEISMANN, M.; LOURENÇÃO, A.L.F. Produção e renda bruta de cebolinha e de salsa em cultivo solteiro e consorciado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 574-577, julho-setembro 2003.

HEREDIA ZNA, VIEIRA MC, WEISMANN M, LOURENÇÃO ALF. [Production and gross income of chives and parsley in single and intercropping.] *Horticultura Brasileira* 2003; 21: 574-577. Portuguese.

HOSSEN Z. Light emitting diodes increase phenolics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) sprouts. *Journal of Plant Interactions* 2007; 2: 71-78.

JARDINA, L. L.; CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, M. C. C.; SANCHES, A. G.; ARAÚJO JÚNIOR, P. V. Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 78-82, jan./mar. 2017.

KANEKO, Flávio Hiroshi et al. Estudo de caso - Análise econômica da fertirrigação e adubação tratorizada em pivôs centrais considerando a cultura do milho. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 1, p.161-165, jan. 2012.

KOYAMA K, TAKEMOTO S. Morning reduction of photosynthetic capacity before midday depression. *Scientific Reports* 2014; 4: 1-6.

Kumar P et al. Vegetable Grafting as a Tool to Improve Drought Resistance and Water Use Efficiency. *Frontiers In Plant Science* 2017; 8: 1-9.

KUMAR, Pradeep et al. Vegetable Grafting as a Tool to Improve Drought Resistance and Water Use Efficiency. **Frontiers In Plant Science**, [s.l.], v. 8, p.1-9, 30 jun. 2017. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2017.01130>.

KUMAR, R. et al. Partitioning of dry matter during drought stress in rainfed lowland rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.96, p. 455- 465, 2006.

LIMA, A. S. D.; DUARTE, K. L. de S.; ARAJO, E. Pa. Confecção de uma horta vertical utilizando garrafa pet na escola estadual clovis pedrosa, cabaceiras-Pb. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEST. O AMBIENTAL, 5., 2014, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte: IBEAS, 2014.

LIU F, STÜTZEL H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae* 2004; 102: 15-27.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 102, p. 15-27, 2004.

MANTOVANI, E.C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MASSAD, Marília Dutra; OLIVEIRA, Fábio Luiz de; DUTRA, Tiago Reis. DESEMPENHO DO CONSÓRCIO CEBOLINHA-RABANETE, SOB MANEJO ORGÂNICO. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p.539-543, ago. 2010.

MEDEIROS, Luis Aquiles Martins et al. CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.) CONDUZIDA EM ESTUFA PLÁSTICA COM. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p.199-204, jan. 2011.

MOTA, J.H.; SOUZA,R.J.; CARVALHO, J.G.; YURI,J.E.; RESENDE, G.M. Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira** , v.20, n.2, julho 2002. Suplemento 2.

NAANDANJAIN. A Jaain Irrigation Company. Disponível em: <<http://www.naandanjain.com.br/>>. Acesso em 10 de Jun. de 2017.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. **Transaction of the ASAE**, St Joseph, v. 24, p.77-80, 1991.

PAYERO, J. O. et al. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter

production in a semiarid climate. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.8, p. 895-908, 2008.

PEIXOTO FILHO JU *et al.* [Lettuce yield with doses of manure of chicken, cattle and sheep in successive crops.] *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2013; 17: 419-424. Portuguese.

PEIXOTO FILHO, José U. *et al.* Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p.419-424, jan. 2013.

PEREIRA LS, Cordery I, Iacovos I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agricultural Water Management* 2012; 108: 39-51.

PEREIRA, L.S.; CORDERY, I.; IACOVOS, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.108, p.39-51. 2012.

POPMA J, BONGERS F. Acclimation of seedlings of three Mexican tropical rain forest tree species to a change in light availability. *Journal of Tropical Ecology* 1992; 7: 85-97.

REGHIN, Marie Yamamoto *et al.* PRODUTIVIDADE DA CHICÓRIA (*Cichorium endivia* L.) EM FUNÇÃO DE TIPOS DE BANDEJAS E IDADE DE TRANSPLANTE DE MUDAS. **Ciênc. Agrotec**, Lavras, v. 31, n. 3, p.739-747, maio 2007.

RIBEIRO, M. D.; KLEIN, M. R.; SZEKUT, F. D.; REIS, C. F.; MEDEIROS, S. S.; AZEVEDO, A.V. HORTICULTURA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO SEGUNDO DADOS DO IBGE. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., 2014, Fortaleza.

SALVADOR, Danielli Josefina; ZÁRATE, Néstor Antonio Heredia; VIEIRA, Maria do Carmo. Produção e renda bruta de cebolinha e de almeirão, em cultivo solteiro e consorciado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p.491-496, jan. 2004.

SANTOS, Franciele dos *et al.* Desempenho agrônômico de quatro cultivares de almeirão. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 31, n. 1, p.153-156, mar. 2013.

SEBRAE. **O mercado de hortaliças no Brasil**. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-mercado-de-hortalicas-no-brasil,92e8634e2ca62410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acesso em: 16 out. 2017.

SIMÕES, Antônio Carlos *et al.* Densidade de plantio e método de colheita de cebolinha orgânica. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Rio Branco, v. 12, n. 1, p.93-99, jan. 2016.

Souza ROL, Ferreira MLSS, Vasconcellos CAB. [Low investment green roof composed of medicinal and aromatic plants.] *Semioses* 2015; 9: 48-58..

Tarara JM, Lee J, Spayd SE, Scagel CF. Berry Temperature and Solar Radiation Alter Acylation, Proportion, and Concentration of Anthocyanin in Merlot Grapes. *American Journal of Enology And Viticulture* 2008; 3: 235-247.

TEIXEIRA, Luiz Antonio Junqueira; NATALE, William; MARTINS, Antonio LÚcio Mello. NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA FERTIRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO CONVENCIONAL-ESTADO NUTRICIONAL DAS BANANEIRAS E PRODUÇÃO DE FRUTOS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p.153-160, abr. 2007.

VALIATI, Ivan et al. Eficiência da Irrigação na Cultura da Alface (*Lactuca sativa* L.). **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 1, n. 2, p.53-66, jan. 2012.

VILLAS BOAS, Roberto Lyra et al. FERTIRRIGAÇÃO PARA INICIANTEs. **Pesquisa & Tecnologia**, Botucatu, v. 3, n. 2, p.1-7, dez. 2006

XU DQ, SHEN, YK. *External and Internal Factors Responsible for Midday Depression of Photosynthesis*. In: Pessarakli M (Ed.). **Handbook of Photosynthesis**. 2 ed. Crc Pres: Taylor & Francis Group, 2005: cap 16, 5-12.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como principal objetivo realizar uma caracterização inicial de um sistema vertical de produção, buscando resultados em termos de produção, rendimento, aproveitamento de espaço, eficiência do uso da água, forma de cultivo, entre outros.

Após diversos ciclos com diferentes culturas hortícolas ficou evidente que o sistema apresenta elevados índices de eficiência do uso da água (EUA) devido ao seu maior aproveitamento do espaço. As culturas produzidas neste sistema apresentam diferença de acordo com a posição que são plantadas, seja nos diferentes níveis ou nos lados do sistema.

O sistema vertical conta com uma vermicomposteira (torre de minhoca) que possibilita a utilização de resíduos domésticos orgânicos para formação de um biofertilizante para ser utilizado como fonte de nutrientes para as plantas, sendo que durante o experimento não foram observados sinais de deficiências nutricionais.

A irrigação foi realizada através de uma fita gotejadora, e a adubação através de fertirrigação com um injetor de baixo custo. O modelo de fita utilizado apresentou coeficientes de uniformidade ideais mesmo após sua utilização por dois ciclos de hortaliças, garantindo assim uma melhor distribuição da água e nutrientes.

Dito isso, o sistema apresenta grande potencial para utilização na produção de hortaliças irrigada por agricultores e interessados em hortas urbanas.

Deste projeto, foram gerados duas solicitações de patente na Agência Unesp de Inovação – AUIN: a) Sistema de cultivo vertical aprimorado através desta pesquisa; b) sistema de fertirrigação com injetor de baixo custo.

Após a realização dos diferentes experimentos com diferentes culturas, observou-se o grande potencial que este sistema apresenta na produção de hortaliças orgânicas, uma vez que o mesmo foi capaz de produzir de forma eficiente, sem deficiências nutricionais ou biométricas, utilizando de forma mais eficiente o espaço, com adubação orgânica e garantindo boas produtividades.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. 2015. Brazilian Vegetable Yearbook. Santa Cruz do Sul: Gazeta. 66p.

BARRETO FILHO, A. de A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A. de; GOMES, E. M.; Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000.

BISCARO, G. A. **Produção de hortaliças irrigadas em pequenas propriedades rurais**. Cassilândia: Uni-Graf, 2005.

BRANCO, M. C; ALCÂNTRA, F. A de. **Hortas Comunitárias: experiências do Brasil e dos Estados Unidos**. Brasília: 2012.

CLEMENTE, F. M. V. T. **Produção de hortaliças para agricultura familiar**. Brasília: 2015.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Cruz das Almas, v. 7, n. 1, p.57-60, set. 2005.

COSTA, A. R. S.; XIMENES, T. C. F.; XIMENES, A. F.; BELTRAME, L. T. C. O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos. **Revista GEAMA**, Pernambuco, v. 2, n. 1, p.1-15, set. 2015.

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; MARQUES, P. R. R.; ARANTES, A. M.; SANTOS, M. R.; OLIVEIRA, P. M. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. In: XX Reunião internacional da associação para a cooperação em pesquisa e desenvolvimento integral das musáceas (bananas e plátanos), 20., 2013, Fortaleza: Acrobat, 2013. p. 1 - 15.

DUENHAS, Luiza Helena. **Cultivo orgânico de melão: Aplicação de esterco e de biofertilizantes e substâncias húmidas via fertirrigação**. 2004. 91 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (irrigação e Drenagem), Esalq, Piracicaba, 2004.

FAVETTA, G. M.; BOTREL, T. A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p.427-430, abr. 2001.

FRANZ, D. W.; BONACOLSI, L. D.; CORDEIRO, F. W.; VERLINDO, A. Avaliação da salsa crespa (*Petroselinum crispum*) no sistema de horta vertical. In: Mostra nacional de iniciação científica e tecnológica interdisciplinar, 8., 2015, Santa Rosa do Sul: Ifsc, 2015. p. 1 - 5.

FREIRE, Glécia Mesquita et al. APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO LÍQUIDO VIA FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DO MELOEIRO. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 25, n. 5, p.49-55, out. 2009.

FRIZZONE, J. A. **IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**. Disponível em: <[http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Folegatti/leb1571/Irrigacao localizada.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Folegatti/leb1571/Irrigacao%20localizada.pdf)>. Acesso em: 06 out. 2015.

KUMAR, Pradeep et al. Vegetable Grafting as a Tool to Improve Drought Resistance and Water Use Efficiency. **Frontiers In Plant Science**, [s.l.], v. 8, p.1-9, 30 jun. 2017. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2017.01130>.

KUMAR, R. et al. Partitioning of dry matter during drought stress in rainfed lowland rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.96, p. 455- 465, 2006.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 102, p. 15-27, 2004.

MORAIS, E. G.; LOPES, M. A. P.; RESENDE, C. P.; SILVA, S.; GOLÇALVES, L. D. Uso de húmus sólido e diferentes concentrações de húmus líquido em características agronômicas da alface. **Cadernos de Agroecologia**, Dourados, v. 9, n. 4, p.1-5, nov. 2014.

MOTTA, V. D. Análise do cultivo de alimentos e medicinais em unidades demonstrativas de hortas verticais instaladas no IFSP- São Roque. **Cadernos de Agroecologia**, Dourados, v. 9, n. 4, p.1-10, nov. 2014.

PAYERO, J. O. et al. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.8, p. 895-908, 2008.

PEREIRA, L.S.; CORDERY, I.; IACOVOS, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.108, p.39-51. 2012.

PRADO, G.; COLOMBO, A. Análise da uniformidade de aplicação de água pelo aspersor plona-rl250 em sistemas autopropelidos de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p.249-262, abr. 2007.

ROCHA, C. **Embrapa ensina como produzir minhocas e húmus em pequenas propriedades**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2439940/embrapa-ensina-como-produzir-minhocas-e-humus-em-pequenas-propriedades>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

SAMPAIO, A. H. R. **Irrigação com déficit hídrico e eficiência do uso da água em lima ácida 'tahiti' no semiárido baiano**. 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - Bahia, 2010.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J.. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 6, n. 8, p.1-17, dez. 2005.

SILVA, V. P. da; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. **IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO E LOCALIZADA**. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso1.htm>>. Acesso em: 13 set. 2015.

SOUSA, V. F. de; COÊLHO, E. F.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes

frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p.183-188, jan. 2000.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. **Engenharia de Irrigação: tubulações e acessórios**. 1. ed. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 2015. v. 1. 153p .

VILLAS BOAS, Roberto Lyra et al. FERTIRRIGAÇÃO PARA INICIANTES. **Pesquisa & Tecnologia**, Botucatu, v. 3, n. 2, p.1-7, dez. 2006.