

JOSIANE TURATO DA SILVA PEREIRA

**PRODUTIVIDADE DE HORTALIÇAS EM SISTEMA VERTICAL USANDO
FERTIRRIGAÇÃO E VERMICOMPOSTAGEM EM AMBIENTE PROTEGIDO**

Botucatu

2018

JOSIANE TURATO DA SILVA PEREIRA

**PRODUTIVIDADE DE HORTALIÇAS EM SISTEMA VERTICAL USANDO
FERTIRRIGAÇÃO E VERMICOMPOSTAGEM EM AMBIENTE PROTEGIDO**

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

Botucatu

2018

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

P436p Pereira, Josiane Turato da Silva, 1988-
Produtividade de hortaliças em sistema vertical usando fertirrigação e vermicompostagem em ambiente protegido / Josiane Turato da Silva Pereira. - Botucatu: [s.n.], 2018
53 p.: fots. color., grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román
Inclui bibliografia

1. Agricultura familiar. 2. Agricultura orgânica. 3. Fertirrigação. 4. Minhocas. I. Sánchez Román, Rodrigo Máximo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

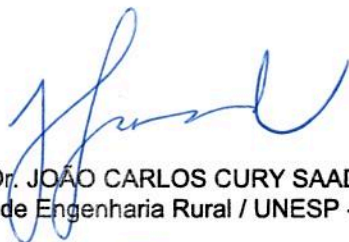
"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PRODUTIVIDADE DE HORTALIÇAS EM SISTEMA VERTICAL USANDO FERTIRRIGAÇÃO E VERMI COMPOSTAGEM EM AMBIENTE PROTEGIDO

AUTORA: JOSIANE TURATO DA SILVA PEREIRA
ORIENTADOR: RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN

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



Prof. Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Profa. Dra. ROSEMARY MARQUES DE ALMEIDA BERTANI
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / APTA - Regional Bauru



Prof. Dr. JÚLIO CÉSAR THOALDO ROMEIRO
Diretoria Técnica / CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral/ Botucatu

Botucatu, 03 de março de 2018.

*Aos meus pais, em especial minha mãe, Dna
Regina, incentivadora de todas minhas conquistas.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus que sempre me sustentou nesta caminhada, principalmente nos momentos de angústia, por enviar anjos e se colocar sempre presente. Obrigada!

Aos meus queridos pais, Dna Regina e Sr. Ari pelo apoio incondicional.

Ao meu noivo Golbery Rodrigueiro, pelo incansável suporte e infinita paciência nos momentos difíceis advindos das responsabilidades dessa jornada.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Máximo Sánchez Román pela orientação, ensinamentos e paciência.

Aos meus familiares e amigos que se fizeram presentes me apoiando quando necessário.

Aos amigos que Botucatu me presenteou, Mariana Mattos, Nataly Sacco, Roberta Daniela e Marcello Henryque por inúmeros momentos extrovertidos e agradáveis.

Ao Departamento de Engenharia Rural, local onde conduzi o experimento e, em especial ao Prof. Dr. Paulo Arbex pelo apoio, ensinamentos e parceria.

Aos eternos professores e amigos que se fizeram presente neste crescimento profissional, Reni Saath e Julio César Thoaldo Romeiro.

Aos Professores que tive o prazer de ser discente nesta Renomada Faculdade e foram fundamentais para meu crescimento profissional.

Ao corpo técnico da FCA que tive a honra de conviver e aprender, nem que seja por pouco tempo, em especial Sr. José Carlos De Pieri (*in memoriam*).

À toda equipe da FEPE pelo apoio nesta pesquisa.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

RESUMO

Nos últimos tempos, os cultivos verticais evidenciaram-se na comunidade urbana em razão do aproveitamento de pequenos espaços para a produção de alimentos, sendo assim uma alternativa para aumento de produtividade em termos de otimização do espaço dentro do ambiente protegido. O presente trabalho tem por objetivo analisar a produtividade sob influência da orientação solar sobre hortaliças em sistema vertical no interior do ambiente protegido, aliado a tecnologia de irrigação localizada e vermicompostagem. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado para o fator orientação solar conforme sua trajetória (Norte; Sul; Leste; Oeste), sendo 4 tratamentos por barril com três repetições dispostas em faixas. As culturas utilizadas foram alface, almeirão, chicória e salsinha. Os resultados evidenciaram que a produção neste sistema proposto foi superior aos encontrados no cultivo convencional. A técnica de cultivo vertical pode ser uma alternativa inteligente e sustentável para a produção destinada a pequenas áreas, podendo ser ampliada para cultivos em consórcio de acordo a preferência luminosa de cada espécie escolhida. A utilização da vermicompostagem na produção de hortaliças em sistema vertical demanda de pesquisas aprofundadas sobre a fertilidade do meio e a utilização da vermicompostagem no sistema proposto. O sistema de irrigação localizada não teve performance adequado por carecer de sistema filtragem para a fertirrigação.

Palavras-chave: agricultura familiar, agricultura orgânica, vermicomposto e minhocas africanas.

ABSTRACT

In recent times, vertical crops have been evident in the urban community due to the use of small spaces for food production, thus being an alternative to increase productivity in terms of optimization of space within the protected environment. The present work aims to analyze the productivity under influence of the solar orientation on vegetables in a vertical system inside the protected environment, together with the technology of localized irrigation and vermicomposting. The experimental design was completely randomized to the solar orientation factor according to its trajectory (North, South, East, West), with 4 treatments per barrel with three replicates arranged in bands. The cultures used were lettuce, almeirão, chicory and parsley. The results evidenced that the production in this proposed system was superior to those found in conventional culture. The technique of vertical cultivation can be an intelligent and sustainable alternative for the production destined to small areas, being able to be extended to cultures in consortium according to the luminous preference of each chosen species. The use of vermicompost in the production of vegetables in a vertical system requires in - depth research on the fertility of the medium and the use of vermicomposting in the proposed system. The localized irrigation system did not have adequate performance due to lack of filtration system for the fertirrigation.

Keywords: family agriculture, organic agriculture, vermicompost and African earthworms.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	15
CAPÍTULO 1 - INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO SOLAR NO CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA VERTICAL USANDO VERMICOMPOSTAGEM E FERTIRRIGAÇÃO.....	17
1.1 INTRODUÇÃO.....	17
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
1.4 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS.....	27
CAPÍTULO 2 - PRODUTIVIDADE DE HORTALIÇAS EM SISTEMA VERTICAL USANDO VERMICOMPOSTAGEM ALIADO A FERTIRRIGAÇÃO LOCALIZADA.....	30
2.1 INTRODUÇÃO.....	30
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
2.4 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
CAPITULO 3 – ANÁLISES DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO EM SISTEMA DE CULTIVO VERTICAL COM FERTIRRIGAÇÃO LOCALIZADA..	45
3.1 INTRODUÇÃO.....	45
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	46
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
3.4 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
REFERÊNCIAS.....	53

INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento pela demanda por alimentos no mundo será 40% a mais até 2050, segundo a FAO. Assim alternativas para o aumento na produção de alimentos são essenciais para suprir tamanha necessidade.

Os cultivos verticais evidenciaram na comunidade, em razão do aproveitamento do espaço disponível, sendo assim uma alternativa para a crescente demanda de alimentos para os próximos anos. A técnica do cultivo vertical permite a aplicação do uso sustentável de recursos através da reciclagem de materiais. Franz et al. (2015) aponta que podem ser utilizados na construção desse sistema, materiais recicláveis, cano PVC e bambu. Utilizada em hortas comunitárias, residências e escolas, o cultivo vertical tem sido empregado para o cultivo de hortaliças.

Em todo o Brasil, a diversidade de hortaliças e suas variedades, atendem a praticamente todos os gostos e contemplam para diversas finalidades. De Norte a Sul do país, a disponibilidade é variada entre verduras, legumes e temperos. Além de garantir uma alimentação saudável, saborosa e colorida.

Segundo Carvalho et al. (2016) dentro dos grandes centros consumidores, o estado de São Paulo figura há anos como principal produtor de olerícolas, na região sudeste. Em 2013, o Instituto de Economia Agrícola (IEA) divulgou o estado de São Paulo como maior produtor e consumidor de hortaliças do País, com produção de 4,1 milhões de toneladas em 53 espécies cultivadas em 2011. O consumo de hortaliças tem aumentado no País e avalia-se que esteja relacionado aos saudáveis hábitos alimentares que os brasileiros têm adotado, assim como a exigência por produtos com procedência segura. Alimentos ricos em água, minerais, fibras e vitaminas as hortaliças orgânicas tem alcançado destaque na mesa dos brasileiros.

Uma alternativa para a produção de hortaliças orgânicas está na utilização da vermicompostagem, que é o processo de reciclagem de resíduos orgânicos associado à criação de minhocas, sendo uma importante alternativa para o descarte dos dejetos orgânicos disponível na propriedade rural ou residencial.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência da orientação solar na produtividade de hortaliças no cultivo vertical em

ambiente protegido, e a eficiência da fertirrigação a partir da vermicompostagem como única fonte de nutrientes.

CAPÍTULO 1 - INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO SOLAR NO CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA VERTICAL USANDO VERMICOMPOSTAGEM E FERTIRRIGAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

Em todo o Brasil, a diversidade de hortaliças e suas variedades, atendem a praticamente todos os gostos. De Norte a Sul do país, a disponibilidade é variada entre verduras, legumes e temperos e são garantias de uma alimentação saudável, saborosa e colorida. Em 2013, o Instituto de Economia Agrícola (IEA) divulgou o estado de São Paulo como maior produtor e consumidor de hortaliças do País, com produção de 4,1 milhões de toneladas em 53 espécies cultivadas em 2011.

O consumo de hortaliças tem aumentado no País e avalia-se que esteja relacionado aos saudáveis hábitos alimentares que os brasileiros têm adotado. Ao mesmo tempo, a produção e qualidade dessas hortaliças sofrem grande oscilação devido à forte dependência das condições climáticas. As chuvas entre janeiro a março de 2015, aliada a altas temperaturas e irradiação solar acima da média, para o período, resultou em diferentes respostas de produtividade para a safra 2015/16 de hortaliças (MONTEIRO et al., 2016). Segundo pesquisadora da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta), o cultivo de hortaliças folhosas é importante e estratégico para a agricultura familiar ou pequeno produtor, pelo baixo investimento inicial e rápido retorno financeiro; o grande problema é manter a qualidade e manter a produtividade no verão, época de maior consumo, quando o calor e o excesso de chuvas são prejudiciais às plantações (CARVALHO; KIST; TREICHEL, 2016).

Devido às condições climáticas a produção de hortaliças vem sofrendo mudanças no modelo de produção. Provenientes de materiais recicláveis, os cultivos verticais estão diretamente relacionados à sustentabilidade. Franz et al. (2015) aponta que podem ser utilizados na construção desse sistema, materiais recicláveis, cano PVC e bambu. Esta técnica além permitir a reciclagem de materiais, proporciona a otimização do espaço disponível.

Considerando o melhor aproveitamento de espaço, os cultivos verticais aliados a substrato de boa qualidade, umidade e nutrientes disponíveis para as plantas pode ser uma ferramenta para a produção comercial de hortaliças. Dentre as técnicas

expostas o presente trabalho objetivou-se avaliar a influência solar sobre o cultivo vertical de hortaliças em ambiente protegido.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em ambiente protegido na área experimental pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Fazenda Lageado, Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/FCA - Botucatu – SP, com localização geográfica 22°51' latitude Sul e 48°26' longitude Oeste e a 786 m de altitude.

Segundo classificação de Köppen (1918), o clima do local se caracteriza como Cwa. A temperatura média anual em torno de 20,5°C (CUNHA; MARTINS, 2009).

A casa de vegetação utilizada foi do tipo arco, com dimensões de 7 m x 18 m e pé direito de 3 m. Composta por cobertura de filme plástico agrícola difusor de luz com 150µm de espessura. As laterais são de tela de sombreamento de rafia 30%. O ambiente protegido está posicionado, em seu comprimento, no sentido Sul/Norte (Figura 1).

Figura 1 – Vista frontal da casa de vegetação utilizada no experimento destacando a cobertura em filme plástico e lateral em tela de sombreamento

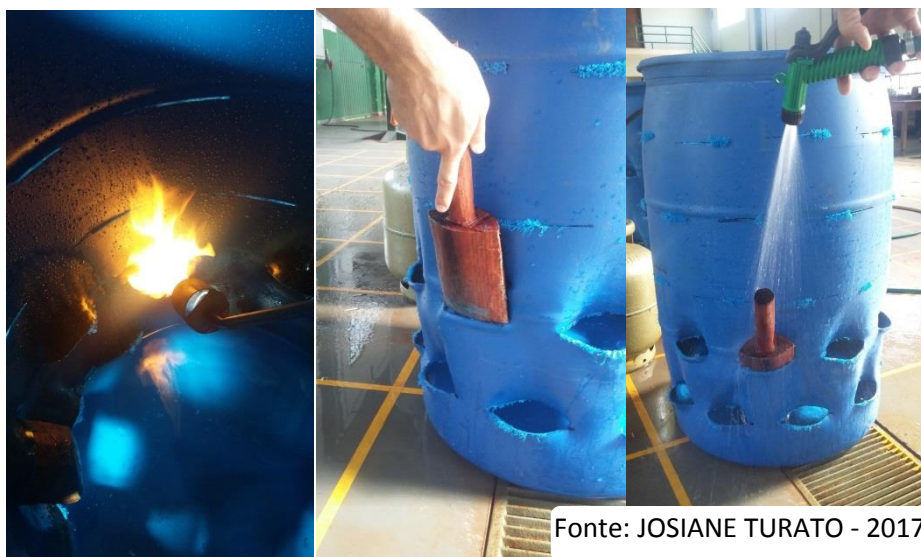


Fonte: JOSIANE TURATO - 2017

O sistema vertical foi constituído através de barris de plástico com capacidade de 200L. Dimensões de 0,65 m de diâmetro e 0,95 m de altura. A área agricultável do barril é 2,27m², considerando superfície superior e o entorno do mesmo.

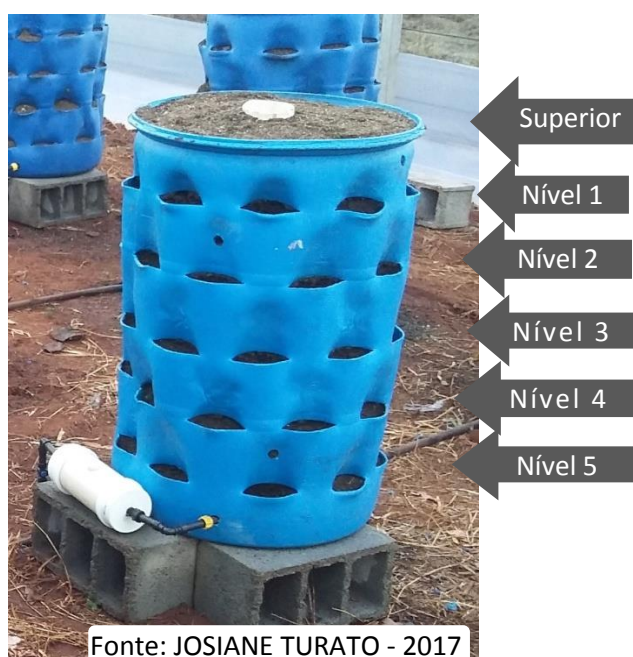
Em toda a extensão lateral foram formados nove berços por altura de cultivo, distribuídos em 5 alturas totalizando 45 berços por barril. O espaçamento entre os berços foram de 15 cm entre alturas e 10 entre berços. A construção dos berços foi obtida através do uso de serra circular, maçarico e ferramenta artesanal (Figura 2).

Figura 2 Detalhes do processo de construção da área agricultável do barril



Para o nivelamento do barril, com o intuito de facilitar a coleta do biofertilizante (Compost tea) do interior da composteira, foram colocados três tijolos de concreto sob o mesmo (Figura 3).

Figura 3 - Barril utilizado; alturas de cultivo; Espaçamento dos berços; Nivelamento com tijolos de concreto.



No interior do barril está localizada uma composteira, constituída por um tubo de PVC de 100 mm com 1,15 de comprimento com furos de dois cm de diâmetro distribuído em sua extensão (Figura 4).

Figura 4 - Detalhe do CAP, composteira e instalação no interior do barril.



Fonte: VENTURA (2017)

Em seu interior, no início do experimento, foram misturados 500 g de minhocas africanas (*Eudrilus eugeniae*) com uma parte de resíduos orgânicos (picados) e três partes de serragem de madeira (Figura 5).

Figura 5 - Minhocas Africanas (*Eudrilus eugeniae*) (a); Resíduo coletado (b); Resíduo triturado (c); Mistura fornecida na composteira (d)



Fonte: JOSIANE TURATO - 2017

À medida que as minhocas consumiam o resíduo orgânico, ocasionava-se a redução no nível da composteira. Quando isso ocorria era realizada a reposição do resíduo na mesma proporção quando fornecida inicialmente, assim mantendo o mesmo nível de mistura na composteira.

No início do experimento os barris foram preenchidos com 85% do substrato para plantas Carolina Soil[®], enriquecido com 15% de adubo orgânico proveniente de cunicultura. A caracterização química foi realizada em base natural pelo Laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas.

O espaçamento foi determinado a 1 metro entre barris ponderando o manejo de cultivo, sem danificar as plantas (Figura 6).

Figura 6 - Delineamento experimental dos barris no interior do ambiente protegido



O delineamento experimental foi inteiramente casualizado para o fator orientação solar conforme sua trajetória (Norte; Sul; Leste; Oeste), sendo 4 tratamentos por barril com três repetições dispostas em faixas.

O experimento foi conduzido em dois momentos. O primeiro com o cultivo de alface, cultivar Stella com 50 plantas por barril, totalizando 450 plantas distribuídas em 9 barris de março a abril de 2017. A colheita foi realizada aos 35 dias após o transplântio. (Figura 7).

Figura 7 - Delineamento do primeiro experimento com alface, cv Stella



Fonte: JOSIANE TURATO - 2017

O segundo experimento foi conduzido de agosto a setembro de 2017 com almeirão, chicória e salsa, cultivares Pão de Açúcar, Malan e Lisa Preferida, respectivamente com 50 plantas por barril e três barris por cultura totalizando 150 plantas por cultura. A colheita de cada cultura foi realizada aos 57, 43 e 37 dias após o transplante para almeirão, chicória e salsa, respectivamente (Figura 8).

Figura 8 Delineamento experimental do segundo experimento com almeirão nos barris 1, 5 e 8; Chicória 3, 4 e 9 e salsa nos barris 2, 6 e 7.



Fonte: JOSIANE TURATO - 2017

Para ambos os experimentos as fertirrigações iniciaram-se a partir do 7º dia do transplante e foram realizadas diariamente em função da evapotranspiração do período e necessidade hídrica de cada cultura.

A irrigação foi realizada utilizando a mangueira gotejadora de \varnothing 16 mm, espessura de parede de 10 mil micras e espaçamento de 30 cm entre emissores e vazão de 2 L.h^{-1} da Petroisa[®] Manári disposta em espiral ascendente no interior do barril (Figura 9).

Figura 9 – Injetor do biofertilizante em PVC e disposição da mangueira gotejadora no interior do barril.



A lâmina de irrigação diária foi calculada através da evapotranspiração do mini-tanque instalado no interior da casa de vegetação e necessidade hídrica de cada cultura. O coeficiente adotado foi $K_p = 1$ recomendado por Farias et al. (1994); Fernandes et al. (2004) e Salomão (2012). Os dados eram coletados diariamente as 9h.

Os parâmetros analisados foram: número de folhas, circunferência da cabeça (cm) e massa fresca (g) para a cultura da Alface. Para almeirão e chicória foram analisado número de folhas, circunferência da cabeça (cm), massa fresca (g) e massa seca (g) e, altura (cm), massa fresca (g) e massa seca (g) para salsinha.

As médias dos resultados encontrados foram comparadas através a análise de variância dos dados no nível de 95% de confiança utilizando o teste Tukey em condições significativas. Os resultados foram analisados no software Minitab 17.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos serão apresentados e discutidos separadamente conforme cada cultura estudada. Na tabela 1 observa-se que a Alface, cultivar Stella apresentou médias de 21,06 números de folhas, 35,51 centímetros de circunferência da cabeça e 127,49 g cabeça⁻¹ de massa fresca para o tratamento Norte; 19,91 números de folhas, 32,11 centímetros de circunferência da cabeça e 104,38 g.cabeça⁻¹ de massa fresca para o tratamento Sul; 22,07 números de folhas, 37,96 centímetros de circunferência da cabeça e 133,26 g cabeça⁻¹ de massa fresca para o tratamento Leste e o tratamento Oeste apresentou 19,09 de número de folhas, 32,41 centímetros de circunferência da cabeça e 96,57 g cabeça⁻¹ de massa fresca.

Tabela 1 Número de Folhas (NF), Circunferência da Cabeça (CC) e Massa Fresca (MF) em função das direções cardeais no cultivo da Alface, cultivar Stella

Tratamento	NF (un)	CC (cm)	MF (g)
Norte	21,06±7,52 ab	35,51±14,95 ab	127,49±89,79 ab
Sul	19,91±5,41 ab	32,11±10,61 b	104,38±59,01 bc
Leste	22,07±7,25 a	37,96±13,02 a	133,26±81,31 a
Oeste	19,09±5,64 b	32,41±12,08 b	96,57±62,63 c

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

Ainda na tabela 1, observa-se que houve diferença estatística. O melhor tratamento foi na orientação Leste seguido da orientação Norte para todos os parâmetros biométricos avaliados. Já a orientação Oeste apresentou pior resultado. Ventura (2017) aponta 170,9 g cabeça⁻¹ na orientação Leste para alface em condições de cultivo vertical a campo em Botucatu-SP. Simões et al. (2015) constataram produção de 143,33 g planta⁻¹ com substrato Golden[®] para alface cv. Vera cultivada a campo em Rio Branco-AC.

Observa-se na tabela 2 que o cultivo de Almeirão, cultivar Pão de Açúcar apresentou diferença estatística entre os tratamentos. O tratamento Norte apresentou resultados de 29,5 centímetros de altura, 12,5 número de folhas, 115,5 g cabeça⁻¹ de massa fresca e 7,2 g cabeça⁻¹ de massa seca; 26,2 centímetros de altura, 10,1 número de folhas, 63,1 g cabeça⁻¹ de massa fresca, 3,8 g cabeça⁻¹ de massa seca para o tratamento Sul; 29,1 centímetros de altura, 12 número de folhas, 106,2 g cabeça⁻¹ de massa fresca e 6,7 g cabeça⁻¹ de massa seca para o tratamento Leste;

28,3 centímetros de altura, 10,4 número de folhas, 75,8 g cabeça⁻¹ de massa fresca e 4,6 g cabeça⁻¹ de massa seca para o tratamento Oeste.

Tabela 2 Altura (A), Número de folhas (NF), Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS) em função das direções cardeais no cultivo de Almeirão, cultivar Pão de Açúcar.

Tratamento	A (cm)	NF (un)	MF (g)	MS (g)
Norte	29,5±4,6 a	12,5±2,8 a	115,5±58,0 a	7,2±3,7 a
Sul	26,2±4,1 b	10,1±2,1 b	63,1±26,7 c	3,8±1,8 b
Leste	29,1±4,5 ab	12,0±2,0 a	106,2±55,2 ab	6,7±3,2 a
Oeste	28,3±5,1 ab	10,4±2,2 b	75,8±40,8 bc	4,6±2,7 b

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

O tratamento Norte no cultivo do Almeirão apresentou melhores resultados para todas as variáveis avaliadas. Ventura (2017) em condições de cultivo vertical a campo em Botucatu-SP obteve melhor resultado para almeirão, 40,2 gramas cabeça⁻¹ na orientação Oeste. Boni et al. (2015) produzindo almeirão da mesma cultivar em cultivo convencional (canteiro) aliado a aplicação de 80t ha⁻¹ cama de frango obteve dados de massa seca 127,02 g. planta⁻¹ para seu melhor resultado. Cavarianni et al. (2003), obteve maior produtividade com cerca de 107,25 g por planta de massa fresca da parte aérea, para a mesma cultivar, aos 57 dias após a semeadura. Também com a mesma cultivar, Santos et al. (2013) obteve produtividade de 516 g. planta de massa fresca estudando diferentes cultivares com espaçamento de 25 x 25 cm no Instituto Agrônomo de Campinas-SP.

Na tabela 3, observa-se que o cultivo de Chicória também apresentou diferença estatística entre os tratamentos. O tratamento Norte apresentou resultados de 30,0 centímetros de altura, 21 número de folhas, 165,4 g cabeça⁻¹ de massa fresca e 10,3 g cabeça⁻¹ de massa seca; 27,3 centímetros de altura, 15,3 número de folhas, 84,2 g cabeça⁻¹ de massa fresca, 5,2 g cabeça⁻¹ de massa seca para o tratamento Sul; 28,9 centímetros de altura, 18,7 número de folhas, 135,8 g cabeça⁻¹ de massa fresca e 8,8 g cabeça⁻¹ de massa seca para o tratamento Leste; 29,0 centímetros de altura, 16,6 número de folhas, 102,1 g cabeça⁻¹ de massa fresca e 6,2 g cabeça⁻¹ de massa seca para o tratamento Oeste.

Tabela 3 Altura (A), Número de Folhas (NF), Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS) em função das direções cardeais no cultivo da Chicória, cultivar Malan

Tratamento	A (cm)	NF (un)	MF (g)	MS (g)
Norte	30,0±2,9 a	21,0±4,6 a	165,4±56,5 a	10,3±3,6 a
Sul	27,3±1,9 b	15,3±3,2 c	84,2±36,7 c	5,2±2,4 b
Leste	28,9±2,3 a	18,7±4,4 b	135,8±45,6 b	8,8±3,4 a
Oeste	29,0±2,3 a	16,6±3,1 bc	102,1±38,2 c	6,2±2,5 b

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

Para a variável altura os tratamentos Norte, Leste e Oeste não apresentaram diferença. O tratamento Sul apresentou pior desempenho entre todas as variáveis avaliadas. Hachimann et al. (2017) obteve 176,41g massa fresca da parte aérea cultivando chicória com espaçamento de 10 centímetros. Queiroz et al. (2009), conseguiu dados superiores em relação ao número de folhas 47,8 e 283,2g de massa fresca no sistema hidropônico. Lanna (2014) obteve 156,10g por planta de matéria fresca utilizando 105 t ha⁻¹ de composto orgânico com a mesma cultivar.

Na tabela 4 é possível observar que houve diferença estatística entre os tratamentos no cultivo da Salsinha, cv Lisa Preferida. O tratamento Norte apresentou resultados de 32,9 centímetros de altura, 42,3g de massa fresca e 4,2g de massa seca; 30,0 centímetros de altura, 23,3g de massa fresca e 2,3g de massa seca para o tratamento Sul; 32,1 centímetros de altura, 40,3g de massa fresca e 4,0g de massa seca para o tratamento Leste; 30,1 centímetros de altura, 24,0g de massa fresca e 2,3g de massa seca para o tratamento Oeste.

Tabela 4 - Altura (A), Massa Fresca (MF) e Massa Seca (MS) em função das direções cardeais no cultivo da Salsinha, cultivar Lisa Preferida.

Tratamento	A (cm)	MF (g)	MS (g)
Norte	32,9±5,0 a	42,3±17,3 a	4,2±1,4 a
Sul	30,0±4,6 c	23,3±10,0 b	2,3±1,0 b
Leste	32,1±5,4 ab	40,3±18,2 a	4,0±1,8 a
Oeste	30,1±4,3 bc	24,0±10,4 b	2,3±0,9 b

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

A salsinha se adaptou bem ao sistema vertical. Ventura (2017) obteve 41,5g peso úmido para orientação Norte, 25,4g peso úmido para orientação Sul, 24,7g peso

úmido para orientação Leste e 46,6g peso úmido na orientação Oeste em cultivo vertical em condições de campo em Botucatu-SP. Escobar et al. (2010) encontraram altura de planta de 21 centímetros para a cultivar “Lisa Comum” em substrato de areia com esterco de curral na proporção 3:1, inferiores a valores encontrados nesta pesquisa.

1.4 CONCLUSÃO

A área utilizada para o plantio foi significativamente menor. A cultura da Alface teve melhor desempenho na orientação Leste. Enquanto as culturas de Almeirão, Chicória e Salsinha produziram melhor na orientação Norte. A técnica de cultivo vertical pode ser uma alternativa inteligente e sustentável para a produção de hortaliças podendo ser ampliada para cultivos em consórcio de acordo a preferência luminosa de cada espécie escolhida.

REFERÊNCIAS

BONI, T. P.; SILVA, R. W.; PICHEK, D. B.; DIAS, J. R. M.; POTIN, D. M.; PEREIRA, M. Resposta do almeirão à aplicação de diferentes fontes de fertilizantes orgânicos. **Cadernos de Agroecologia**, [online], v. 9, n. 4, feb. 2015. ISSN 2236-7934. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/16446>>. Acesso em: 14 set. 2017

CAVARIANNI, R. L.; REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO, A. B. **Acúmulo de massa fresca e seca da parte aérea de cultivares de almeirão, em Jaboticabal-SP**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Recife. Brasília, DF: Sociedade de Olericultura do Brasil, v. 21, 2003.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, [online], v. 14, n. 1, p. 01, 2009.

ESCOBAR, Á. C. N.; NASCIMENTO, A. L.; GOMES, J. G.; BORBA, R. V.; ALVES, C. C.; COSTA, C. A. Avaliação da produtividade de três cultivares de salsa em função de diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 2671-2676, 2010.

FAO. **Agricultores familiares. Alimentar al mundo, cuidar el planeta**. Roma: FAO, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/019/mj760s/mj760s.pdf>> Acesso em: 14 abr 2016

KOPPEN, W. Klassifikation der Klima nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Mitt**, v. 64, 1918.

LANNA, N. D. B. L. **Doses de composto orgânico na produção de chicória e rabanete**. 2014. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

MONTEIRO, A. V. V. M.; VEGRO, C. L. R.; FERREIRA, C. R. R. P. T.; BARBOSA, M. Z.; NACHILUK, K.; RAMOS, R. C.; MIURA, M.; FAGUNDES, P. R. S.; SILVA, R. O. P.; FILHO, W. P. C.; CARVALHO, Y. M.C., A produção da agropecuária paulista: considerações frente à anomalia climática. **Instituto de Economia Agrícola**, São Paulo. 2015 Disponível em: <
<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=13660>> Acesso em: 17 abr 2016.

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S. R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 17-22, 1994.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; ARAÚJO, J. A. C. Utilização do tanque Classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência dentro de casa de vegetação, **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 46-50, 2004.

FRANZ, D. W.; BONACOLSI, L. W.; CORDEIRO, F. W.; VERLINDO, A. Avaliação Da Salsa Crespa (*Petroselinum crispum*) no sistema de horta vertical. In: MOSTRA NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., Santa Rosa do Sul, 2015. Santa Rosa do Sul: Instituto Federal Catarinense, 2015.

HACHMANN, T. L.; DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M. Características produtivas da chicória da catalogna, cultivada em diferentes espaçamentos sob telas de sombreamento. **Caderno de Ciências Agrárias**, [online], v. 9, n. 2, p. 48-55, 2017.

LUZ, J. M. Q.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L.; PIROLLA, A. C.; DORO, L. F. A. Cultivo hidropônico de chicórias lisa e crespa e almeirão em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 4, 2009.

SALOMÃO, L. C. **Calibração de tanques evaporímetros de baixo custo sob diferentes diâmetros em ambiente protegido**. 2012. 74 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

SANTOS, F.; TRANI, P. E.; NOVO, M. C. S. S.; PASSOS, F. A. Desempenho agrônômico de quatro cultivares de almeirão. **Horticultura Brasileira**, [online], v. 31, n. 1, p. 153-156, 2013.

SIMÕES, A. C.; ALVES, G. K. E. B.; FERREIRA, R. L. F.; NETO, S. E. A. Qualidade da muda e produtividade de alface orgânica com diferentes condicionadores de substrato. **Horticultura Brasileira**. [online]. v. 33, n. 4, p. 521-526, 2015.

VENTURA, K. M. **Eficiência do uso da água em um sistema vertical sob irrigação localizada**. 2017. 60 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

CAPÍTULO 2 – PRODUTIVIDADE DE HORTALIÇAS EM SISTEMA VERTICAL USANDO VERMICOMPOSTAGEM ALIADO A FERTIRRIGAÇÃO LOCALIZADA

2.1 INTRODUÇÃO

Os cultivos verticais ganharam gosto no público, em geral, por aproveitamento de pequenos espaços. Franz et al. (2015) aponta que nestes sistemas podem ser utilizados materiais recicláveis, cano PVC e bambu. Esta técnica além de permitir a reciclagem de materiais para o cultivo de plantas, proporciona a otimização do espaço disponível, podendo ser também utilizado na agricultura familiar. No sistema convencional, o sucesso no cultivo está atrelado às condições naturais do solo e do clima. No sistema vertical, o substrato é o insumo mais utilizado.

Dentre as tecnologias na produção de hortaliças, recomenda-se o uso de substratos de boa qualidade. Mostrando-se uma alternativa economicamente viável, produtores e viveiristas de todo o país já comprovam as vantagens da utilização deste material. O uso de substrato oferece melhores condições fitossanitárias, menores índices de perda após transplante no campo e aumento da produtividade, além da reciclagem de resíduos (ZORZETO et al., 2014), da qual podemos aliar a utilização da vermicompostagem para maximizar as características deste insumo.

A vermicompostagem é o processo de reciclagem de resíduos orgânicos associado à criação de minhocas, sendo uma importante alternativa para o descarte dos dejetos orgânicos disponível na propriedade rural ou residencial. No Brasil, cerca de 50% dos resíduos sólidos urbanos coletados são de natureza orgânica, o que torna essa técnica uma alternativa para o descarte sustentável destes materiais (COSTA et al., 2016). Esta reciclagem dos resíduos orgânicos consiste em uma interação entre minhocas e microrganismos. As minhocas têm como função a fragmentação dos resíduos orgânicos tornando-os mais degradáveis para os microrganismos benéficos que garantem a biodiversidade dos solos. Como produto final da vermicompostagem, o vermicomposto ou húmus é um excelente fertilizante orgânico que melhora atributos químicos, físicos e biológicos do solo contribuindo para o crescimento e desenvolvimento das plantas, com baixa relação C/N, alta quantidade de nutrientes essenciais prontamente disponíveis para as

plantas e alta capacidade de retenção hídrica, são consideráveis características da vermicompostagem.

No Brasil as espécies mais utilizadas na minhocultura são: *Eisenia foetida*, também conhecida como vermelha-da-califórnia e *Eudrilus eugeniae*, noturna africana ou minhoca do esterco. As minhocas tendem a fugir se o ambiente não estiver favorável ao seu desenvolvimento. Embrapa (2011) recomenda que o local adequado para a construção de um minhocário deve ser sombreado com boa aeração e drenagem, evitando solos compactados e encharcados tal como locais próximos a rios, riachos, poços e minas d'água para não ocorrer contaminação pelo chorume. Deve-se cobrir o minhocário com os materiais disponíveis na propriedade, folha de bananeira ou resto de capina, a fim de reduzir a exposição direta aos fatores climáticos (radiação solar e chuva) e proteger contra seus predadores naturais como pássaros, galinhas, sanguessugas e formigas lava-pés. O ambiente deve ter temperatura entre 20 a 25°C, umidade entre 70 a 85% e pH 7,0. A alimentação é diversificada ingerindo praticamente todos os resíduos orgânicos: restos de culturas, cascas de frutas, folhas de verduras, resíduos de capinas, borra de café. Não é recomendada a utilização de esterco fresco, carnes e restos de comida com temperos e óleo podendo ser tóxicos às minhocas. O húmus também pode ser utilizado na forma líquida através da fertirrigação. Para esse processo o húmus é usado na proporção de 1:10, sendo uma parte do vermicomposto ou húmus para 10 partes de água, o que o torna um fertilizante orgânico líquido. Esta solução pode ser armazenada por 7 dias desde que o material seja agitado periodicamente.

A vermicompostagem traz muitos benefícios, entre eles, podem ser o fornecido como adubo orgânico substituindo os adubos minerais, além de reduzir até 75% o volume de resíduos orgânicos depositados nos aterros sanitários. Estima-se que todo o resto de alimentos pode ser transformado em composto, como as cascas de frutas, legumes, cascas de ovos, borra de café, podas de jardinagem, papel, etc. (NADOLNY, 2009; EMBRAPA, 2011).

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em ambiente protegido na área experimental pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Fazenda Lageado, Faculdade

de Ciências Agrônômicas – UNESP/FCA - Botucatu – SP, com localização geográfica 22°51' latitude Sul e 48°26' longitude Oeste e a 786 m de altitude.

Segundo classificação de Köppen (1918), o clima do local se caracteriza como Cwa. A temperatura média anual em torno de 20,5°C (CUNHA; MARTINS, 2009).

A casa de vegetação utilizada foi do tipo arco, com dimensões de 7 m x 18 m e pé direito de 3 m. Composta por cobertura de filme plástico agrícola difusor de luz com 150µm de espessura. As laterais são de tela de sombreamento de rafia 30%. O ambiente protegido está posicionado, em seu comprimento, no sentido Sul/Norte (Figura 1).

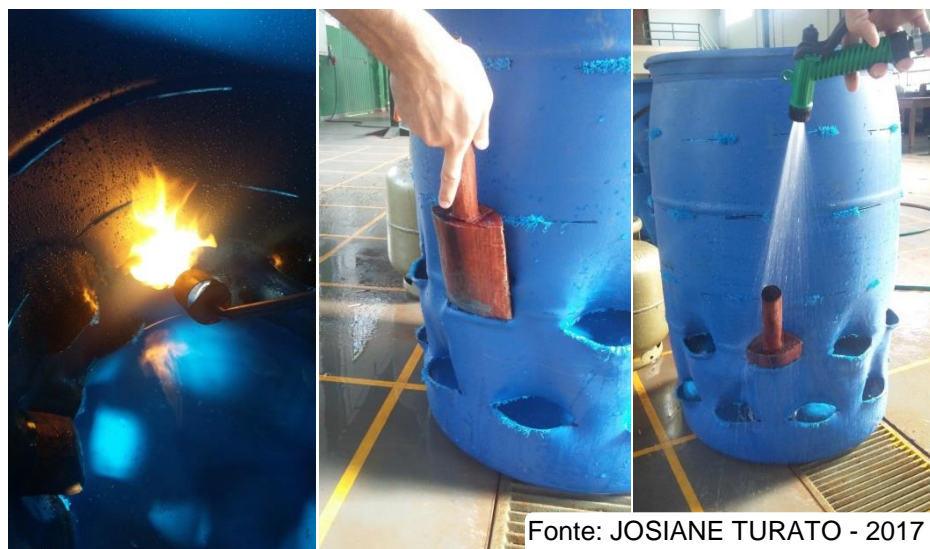
Figura 1 - Vista frontal da casa de vegetação utilizada no experimento destacando a cobertura em filme plástico e lateral em tela de sombreamento



O sistema vertical foi constituído através de barris de plástico com capacidade de 200L. Dimensões de 0,65 m de diâmetro e 0,95 m de altura.

A área agricultável do barril é 2,27m², considerando superfície superior e o entorno do mesmo. Em toda a extensão lateral foram formados nove berços por altura de cultivo, distribuídos em 5 alturas totalizando 45 berços por barril. O espaçamento entre os berços foram de 15 cm entre alturas e 10 entre berços. A construção dos berços foi obtida através do uso de serra circular, maçarico e ferramenta artesanal (Figura 2).

Figura 2 - Detalhes do processo de construção da área agricultável do barril



Para o nivelamento do barril, com o intuito de facilitar a coleta do biofertilizante do interior da composteira, foram colocados três tijolos de concreto sob o mesmo (Figura 3).

Figura 3 - Barril utilizado; alturas de cultivo; Espaçamento dos berços; Nivelamento com tijolos de concreto.



No interior do barril está localizada uma composteira, constituída por um tubo de PVC de 100 mm com 1,15m com furos de dois cm de diâmetro distribuído em sua extensão (Figura 4).

Figura 4 - Composteira e instalação no interior do barril.



Fonte: VENTURA (2017)

Em seu interior, no início do experimento, foram misturado 500g de minhocas africanas (*Eudrilus eugeniae*) com uma parte de resíduos orgânicos (picados) e três partes de serragem (Figura 5).

Figura 5 - Minhocas Africanas (*Eudrilus eugeniae*) (a); Resíduo coletado (b); Resíduo triturado (c); Mistura fornecida na composteira (d)



Fonte: JOSIANE TURATO -2017

d

À medida que as minhocas consumiam o resíduo orgânico, ocasionava-se a redução no nível da composteira. Quando isso ocorria era realizada a reposição do resíduo na mesma proporção quando fornecida inicialmente, assim mantendo o mesmo nível de mistura na composteira.

No início do experimento os barris foram preenchidos com 85% do substrato para plantas Carolina Soil®, enriquecido com 15% de adubo orgânico proveniente de cunicultura. A caracterização química foi realizada em base natural pelo Laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas apresentando as seguintes características químicas (Tabela 1):

Tabela 1 - Análise química do substrato enriquecido utilizado no experimento:

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	U-65°C	MO	C
----- porcentagem ao natural -----								
0,9	1,7	0,8	0,8	2,7	0,2	8	34	19
Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn		C/N	pH
-----mg/kg ao natural -----							ao natural	
1748	---	29	18676	403	201		21/1	6,8

O espaçamento foi de 1 metro entre barris ponderando o manejo de cultivo, sem danificar as plantas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado para os fatores de orientação do sol conforme sua trajetória (Norte; Sul; Leste; Oeste), sendo 4 tratamentos por barril com três repetições dispostas em faixas.

O experimento foi conduzido em dois momentos. O primeiro com o cultivo de alface, cultivar Stella com 50 plantas por barril, totalizando 450 plantas distribuídas em 9 barris de março a abril de 2017. A colheita foi realizada aos 35 dias após o transplântio. (Figura 6).

Figura 6 - Delineamento do primeiro experimento com alface, cv Stella



O segundo experimento foi conduzido de agosto a setembro de 2017 com almeirão, chicória e salsa, cultivares Pão de Açúcar, Malan e Lisa Preferida, respectivamente com 50 plantas por barril e três barris por cultura totalizando 150 plantas por cultura. A colheita de cada cultura foi realizada aos 57, 43 e 37 dias após o transplante para almeirão, chicória e salsa, respectivamente (Figura 7).

Figura 7 Delineamento experimental com almeirão nos barris 1, 5 e 8; Chicória 3, 4 e 9 e salsa nos barris 2, 6 e 7.



Para ambos os experimentos as fertirrigações iniciaram-se a partir do 7º dia do transplante e foram realizadas diariamente em função da evapotranspiração do período e a necessidade hídrica de cada cultura. O biofertilizante foi aplicado diariamente. Ao longo do experimento foram realizadas medições de pH e condutividade elétrica do biofertilizante utilizando um pHmetro e condutímetro digitais (Figuras 8 e 9).

Figura 8 - Média de condutividade elétrica dos nove barris nos dois ciclos de cultivo

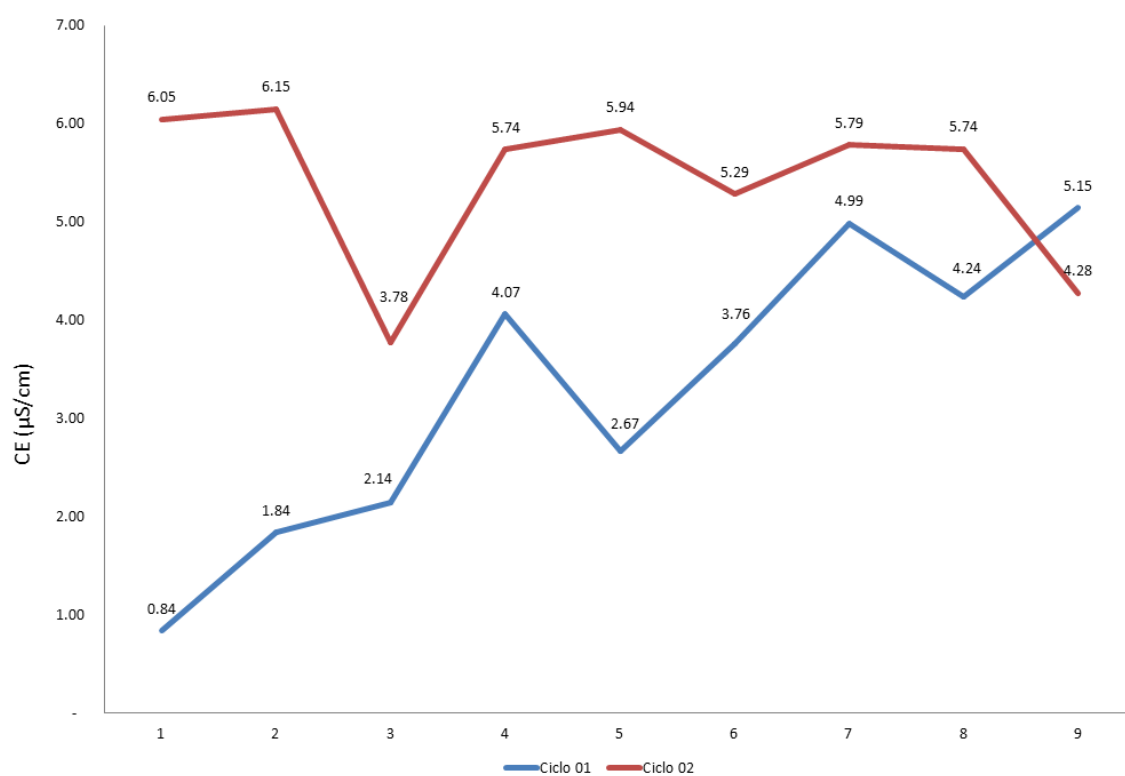
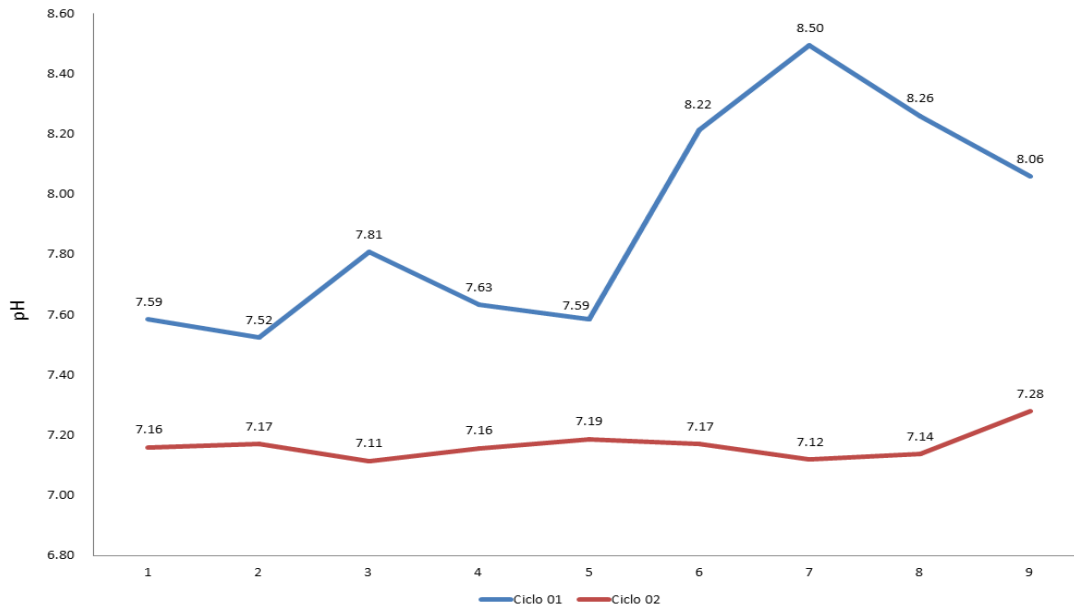


Figura 9 - Média de pH dos nove barris nos dois ciclos de cultivo



A fertirrigação foi realizada utilizando a mangueira gotejadora de \varnothing 16 mm, espessura de parede de 10 mil micras e espaçamento de 30 cm entre emissores e vazão de 2 L.h^{-1} da Petroisa[®] Manári disposta em espiral ascendente (Figura 10).

Figura 10 – Injetor do biofertilizante em PVC e disposição da mangueira gotejadora no interior do barril.



A lâmina de irrigação diária foi calculada através da evapotranspiração do minitânque instalado no interior da casa de vegetação e necessidade hídrica de cada cultura. O coeficiente adotado foi $K_p = 1$ recomendado por Farias et al. (1994);

Fernandes et al. (2004) e Salomão (2012). Os dados eram coletados diariamente às 9h.

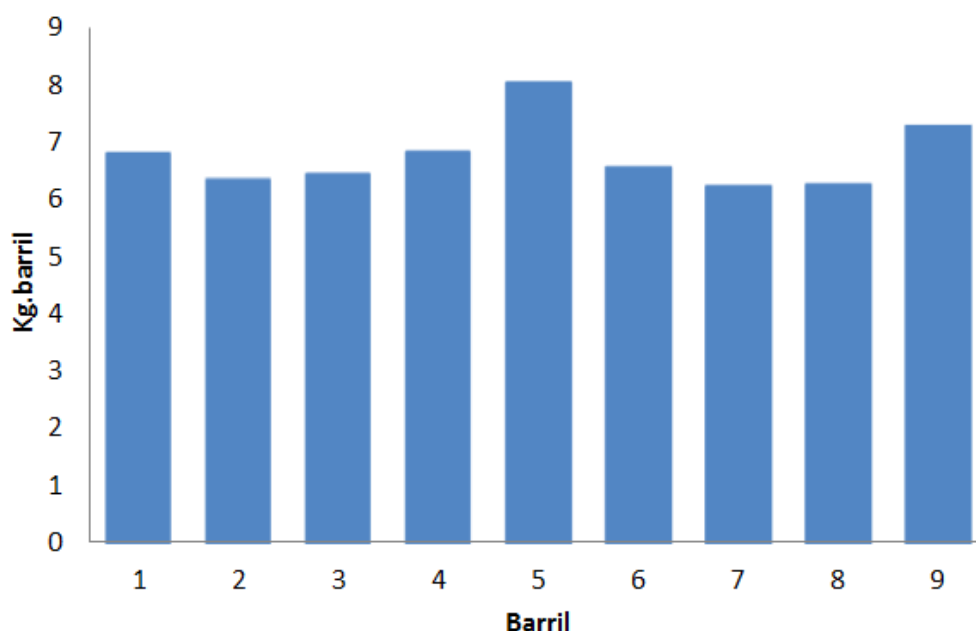
A produtividade foi obtida através do peso úmido das hortaliças cultivadas e analisada através da estatística descritiva.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade encontrada neste sistema de cultivo é superior aos dados encontrados na literatura. O barril ocupa cerca de 1m^2 no solo com área agricultável de $2,27\text{m}^2$ por barril.

A produtividade alcançada para Alface foi de $6,78\text{Kg.m}^2$ (Figura 11). Ventura (2017) produziu $3,20\text{kg.m}^2$ de Alface em cultivo vertical a condições de campo na cidade de Botucatu-SP. Simões et al. (2015), ao produzir alface cv. Vera obteve 2,44; 2,56; 2,31 e $2,30\text{Kg.m}^2$, utilizando substratos de casca de arroz, coco, palmeira e sumaúma, respectivamente, após 45 dias do plantio em canteiros convencionais com uma área produtiva de $2,16\text{m}^2$.

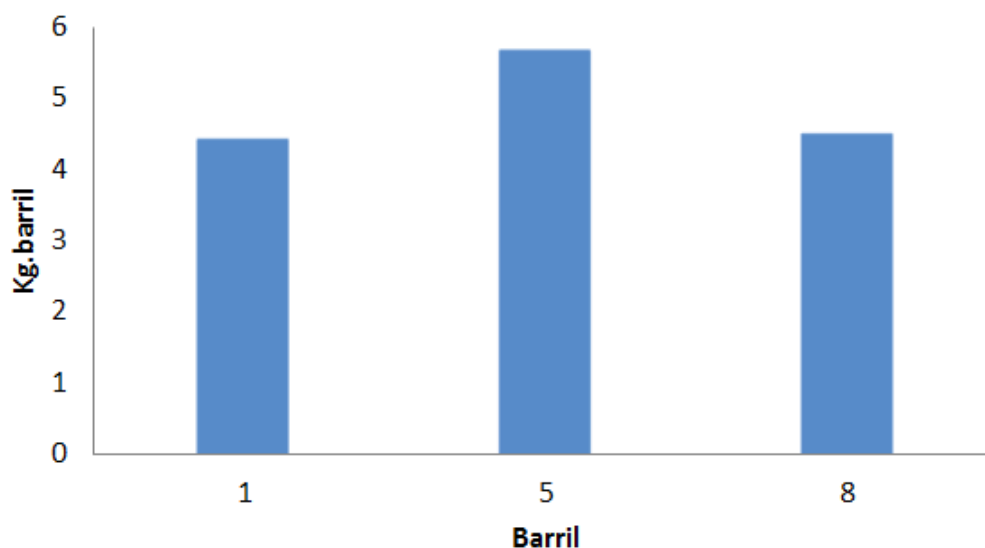
Figura 11 – Produtividade da Alface nos barris do sistema vertical



A produtividade alcançada foi de $4,85\text{ Kg.m}^2$ para Almeirão, (Figura 12); Ventura (2017) produziu $1,87\text{ Kg.m}^2$ de Almeirão em cultivo vertical a condições de

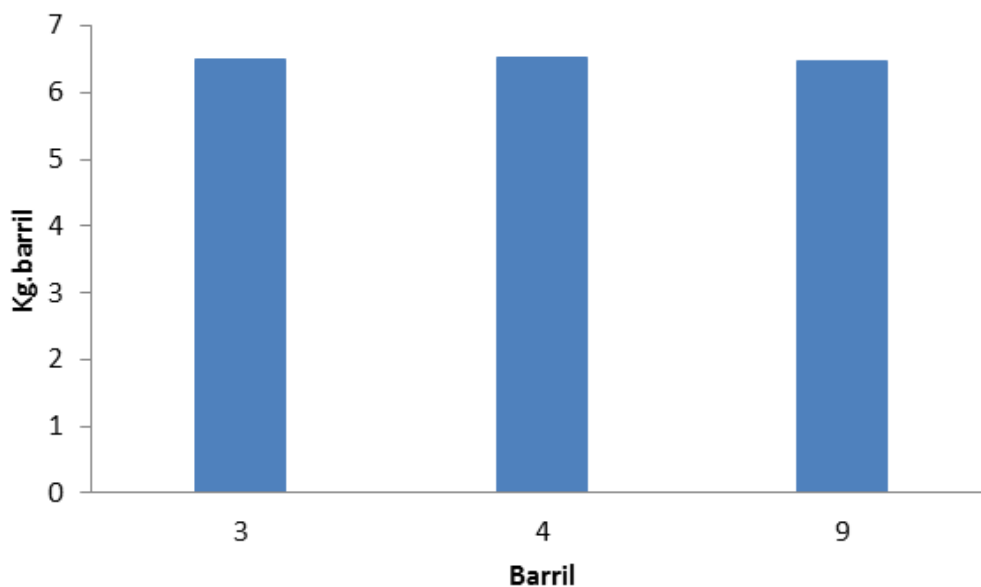
campo na cidade de Botucatu-SP. Para Franciele et al. (2013), analisando o desempenho de quatro cultivares de almeirão em canteiro convencional e adubação química, obteve cerca de 5,78 Kg.m² para a cultivar Pão de Açúcar.

Figura 12 - Produtividade de almeirão nos barris do sistema vertical



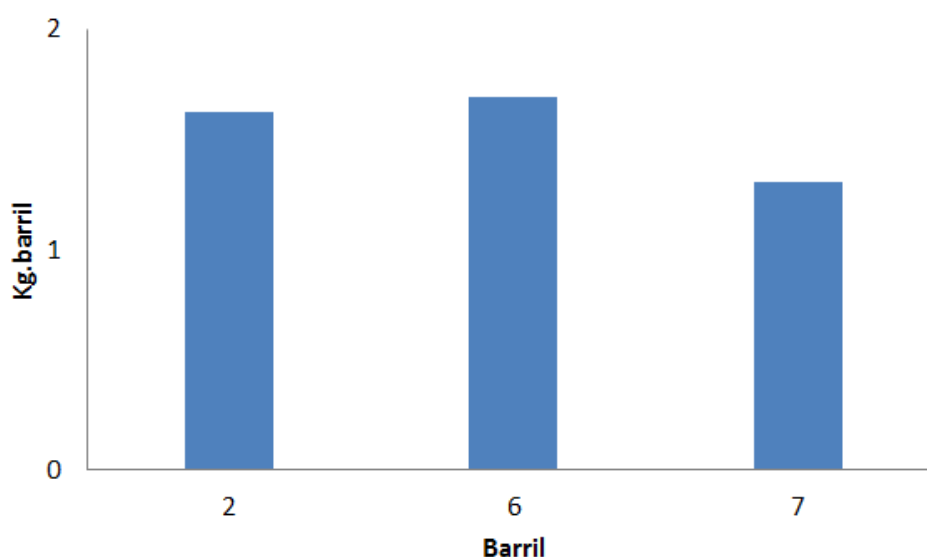
A produtividade alcançada para chicória foi de 6,49 Kg.m² (Figura 13). Ventura (2017) produziu 2,43 Kg.m² de Chicória em cultivo vertical a condições de campo na cidade de Botucatu-SP. Silva et al. (2003), no cultivo em canteiro convencional classificado como latossolo vermelho e adubação química, obteve cerca de 2,88 Kg.m² para chicória, cultivar Mariana Gigante (folha lisa).

Figura 13 - Produtividade de chicória nos barris do sistema vertical



A produtividade alcançada para salsinha foi de 1,54 Kg.m² (Figura 14). Ventura (2017) produziu 1,79 Kg.m² de Salsa em cultivo vertical a condições de campo na cidade de Botucatu-SP. Zárate et al. (2007), colheu 0,78 Kg.m² de salsa Lisa Preferida no cultivo convencional em Latossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa. A cultura da salsa produz mais em solos arenoargilosos, com alto teor de matéria orgânica, boa fertilidade e pH entre 5,8 e 6,8.

Figura 14 - Produtividade de salsinha nos barris do sistema vertical



Produtividade diferente observada entre barris está diretamente relacionada à fertilidade do sistema e foi mais evidente para alface, almeirão e salsinha. Estas variações podem estar fortemente relacionadas ao comportamento das minhocas. Lourenço et al. (2017) avaliou as alterações físicas e químicas em substrato com esterco bovino e resíduo orgânico utilizando minhocas *Eudrilus eugeniae* (gigante africana) e obteve como resultado pH 8,34 e 8,69 decorridos 30 e 60 dias, respectivamente. Estes resultados indicam que houve ligeiras alterações no decorrer dos experimentos. Comportamento semelhante foi verificado para o pH por Holanda (2013). No esôfago das minhocas encontram-se as glândulas calcíferas que neutralizam a acidez dos alimentos, produzindo húmus com pH neutro ou ligeiramente alcalino. Os micro-organismos que atuam na compostagem têm como faixa ótima de desenvolvimento, um pH entre 6,5 e 8,0, portanto, quando bem conduzida, a

compostagem não apresenta problemas relacionados ao controle de pH (OLIVEIRA et al., 2008). Sartori (2008) em seu estudo avaliou a interação da população de minhocas em relação à interferência do pH, notou que quanto maior o pH, maior a quantidade de indivíduos jovens em relação aos indivíduos adultos ou, de outra forma, quanto menor o pH, maior a quantidade de indivíduos adultos em relação aos indivíduos jovens. Na Figura 15 é possível observar a população de minhocas no interior da composteira. Fato observado ao final do experimento que não era esperado, assim melhores estudos devem ser realizados sobre o manejo da vermicompostagem no interior do barril.

Figura 15 – Indivíduos de minhocas observadas ao final do experimento



2.4 CONCLUSÃO

Fundamentados nos trabalhos de Lourenço (2017), Holanda (2013) e Sartori (2008), conjecturamos que divergência na produtividade entre barris é consequência do comportamento das minhocas no sistema de vermicompostagem. Assim concluímos que a utilização da vermicompostagem na produção de hortaliças em sistema vertical demanda de pesquisas aprofundadas sobre a fertilidade e a utilização da vermicompostagem no sistema proposto.

REFERÊNCIAS

- 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**, [online], v. 2, n. 1, p. 116–130, 2016.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, [online], v. 14, n. 1, p. 01, 2009.
- DOS SANTOS, F.; TRANI, P.; NOVO, M. C. S.; PASSOS, F. A. Desempenho agrônômico de quatro cultivares de Almeirão. **Hortic. bras**, v. 31, n. 1, 2013.
- EMBRAPA AGROECOLOGIA. **Minhocultura ou vermicompostagem**. Seropédica: Embrapa, 2011. 1 folder.
- FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S. R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 17-22, 1994.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; ARAÚJO, J. A. C. Utilização do tanque Classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência dentro de casa de vegetação, **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 46-50, 2004.
- FRANZ, D. W.; BONACOLSI, L. W.; CORDEIRO, F. W.; VERLINDO, A. Avaliação Da Salsa Crespa (*Petroselinum crispum*) no sistema de horta vertical. In: MOSTRA NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., Santa Rosa do Sul, 2015. Santa Rosa do Sul: Instituto Federal Catarinense, 2015.
- HOLANDA, P. C. **Compostagem e minhocultura**. Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 2013.
- KOPPEN, W. Klassifikation der Klima nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Mitt**, v. 64, 1918.
- LOURENÇO, J. L. F.; SILVA, P. K. S.; CAMPOS, A. R. N.; SANTANA, R. A. C.; APOLINÁRIO, M. O. Avaliação das alterações físicas e químicas de substratos utilizados no cultivo das minhocas *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) e *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 2., v. 1, Campina Grande, 2017.
- NALDONY, H. S. **Reprodução e Desenvolvimento das minhocas *Eisenia andrei* Bouché, 1972 e *Eudrilus eugeniae* Kinberg, 1867 em resíduo orgânico doméstico**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2009.
- OLIVEIRA, E. C. A. **Compostagem**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>>

Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf>. Acesso em: 12 maio 2015.

SALOMÃO, L. C. **Calibração de tanques evaporímetros de baixo custo sob diferentes diâmetros em ambiente protegido**. 2012. 74 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

SARTORI, H. J. F. Descrição do comportamento de populações de minhocas como indicador da qualidade da vermicompostagem de resíduos sólidos orgânicos. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, México, v. 1, n. 4, 13 p. 2008.

SIMÕES, A. C.; ALVES, G. K. E. B.; FERREIRA, R. L. F.; NETO, S. E. A. Qualidade da muda e produtividade de alface orgânica com diferentes condicionadores de substrato. **Horticultura Brasileira**. [online]. v. 33, n. 4, p. 521-526, 2015.

SILVA, G. S.; REZENDE, B. L. A.; COSTA, C. C.; Filho, A. B. C.; MARTINS, M. I. E. G. Custo de produção e rentabilidade da cultura da chicória em Jaboticabal - SP, 2003.

VENTURA, K. M. **Eficiência do uso da água em um sistema vertical sob irrigação localizada**. 2017. 60 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C.; HELMICH, M.; CHIQUITO, E. G.; QUEVEDO, L. F.; SOARES, E. M. Produção e renda bruta da cultura do taro, em cultivo solteiro e consorciado com as culturas da salsa e do coentro. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 29, n. 1, p. 83-89, 2007.

ZORZETO, T. Q.; FALCI DECHEN, S. C.; FERREIRA DE ABREU, M.; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 300–311, 2014.

CAPITULO 3 – ANÁLISES DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO EM SISTEMA DE CULTIVO VERTICAL COM FERTIRRIGAÇÃO LOCALIZADA

3.1 INTRODUÇÃO

Segundo UN DESA e BRUINSMA citado por Christofidis (2013) estima-se que a população mundial aumente para 8,3 milhões em 2030 e 9,1 bilhões em 2050. Consequentemente haverá maiores necessidades na demanda de produção de alimentos, fibras e combustíveis pela agropecuária. Cenário que acarretará numa ampliação por demanda de alimentos em 50% para 2030 e 70% para 2050, dessa maneira a produção agrícola e pecuária necessitará de água e energia para garantir uma produção sustentável. De acordo com Dillon (2011), estudos realizados no Mali analisando a viabilidade da produção e renda agrícola entre produtores rurais com dimensões de pequenos e grandes projetos de irrigação concluiu que em pequena escala tem um efeito maior na produção e na renda agrícola. Ressaltam seus benefícios em eficiência de aplicação do sistema irrigante, o baixo custo no emprego de mão de obra e maior influência sobre a gestão dos recursos hídricos da propriedade.

Silva, Folegatti e Duarte (2015) descrevem que o sistema de irrigação localizada aplica água com alta frequência e pequeno volume, garantindo que a raiz permaneça sempre em um bulbo úmido. Neste sistema a área de solo molhado é reduzida, garantindo uma menor perda por evaporação.

Para os sistemas verticais a técnica da irrigação localizada é a mais indicada. Ela por sua vez apresenta crescente taxa de adoção entre os produtores, por permitir melhor aproveitamento da água, garantindo maiores produtividades agrícolas e evitando desperdício hídrico.

Dentre as vantagens deste sistema está a redução na necessidade de mão de obra no campo, facilidade de aplicação de fertilizantes via irrigação, grande adaptação a diferentes solos e topografia, menor evaporação da água aplicada, maior aproveitamento hídrico e auxílio no controle fitossanitário (FRIZZONE, 2015; SILVA, FOLEGATTI; DUARTE 2015).

Ressaltam, Lemos Filho et al. (2011), que partículas minerais ou orgânicas presentes na água afetam a uniformidade na distribuição de água nos sistemas de

irrigação localizada, evidencia desuniformidade dos emissores, dimensionamento inadequado do sistema, entupimentos dos gotejadores e desequilíbrio de vazão dos emissores.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação das fitas gotejadoras foi realizada na bancada de ensaios para tubos gotejadores, localizada no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA UNESP, Campus Botucatu. 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 200mesh. A bancada comporta até 4 linhas de 6 metros de comprimento, com recirculação de água, além de duas válvulas de saída de ar e dois manômetros (Figura 1). 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 béqueres 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 ($L h^{-1}$).

Figura 1 - Bancada de ensaios para tubo gotejadores no Laboratório de Irrigação FCA/Unesp-Botucatu.



Fonte: JOSIANE TURATO - 2017

Com os valores encontrados, foram utilizadas as equações (1, 2, 3 e 4) para determinar 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 emissor, 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, 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 1, 2 e 3.

Tabela 1 - Classificação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (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 2 - Classificação do coeficiente de uniformidade de distribuição (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 3 - Classificação do coeficiente de uniformidade de eficiência (CUE) e eficiência de aplicação (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).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os coeficientes na Tabela 4 é possível observar que o sistema de irrigação instalado nos barris teve desempenho com baixa eficiência, fato também observado no decorrer da pesquisa.

Tabela 4 - Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), Coeficiente de uniformidade de eficiência (CUE) e Eficiência de aplicação (EA).

	1° Ciclo				2° ciclo			
	CUC	CUD	EA	CUE	CUC	CUD	EA	CUE
1	92%	92%	83%	89%	23%	14%	12%	14%
2	55%	59%	53%	43%	64%	65%	58%	50%
3	94%	94%	85%	90%	11%	0%	0%	21%
4	56%	60%	54%	44%	39%	42%	38%	31%
5	96%	96%	87%	95%	76%	76%	68%	59%
6	96%	96%	86%	95%	41%	41%	37%	30%
7	12%	1%	1%	5%	66%	68%	62%	55%
8	56%	62%	55%	43%	2%	3%	3%	12%
9	71%	73%	66%	56%	55%	54%	48%	41%

Mantovani, Bernardo e Palaretti (2006) relatam que a qualidade da água é essencial para êxito em sistemas irrigados. Da Silva Santos et al. (2017) ao utilizarem mangueira gotejadora por 15 meses à campo com água residuária, obtiveram as seguintes classificações para o teste de CUC (67%, ruim), CUD (72%, razoável), CUE (49,7%, inaceitável) e EA (64,8%, inaceitável), o trabalho em estudo apresentou média dos seguintes dados CUC (56% Inaceitável), CUD (55% ruim), CUE (49% Ruim), EA (50% inaceitável) para os dois ciclos de cultivo. Na Figura 2 observa-se a qualidade do biofertilizante, quanto a sólidos dissolvidos e em suspensão utilizado na fertirrigação.

Figura 2 - Aspecto do biofertilizante proveniente da vermicompostagem.



Nestas amostras pode ser observada a alta presença de sólidos no fertilizante produzido através da vermicompostagem que foi injetado sem passar por sistema de filtragem. Este biofertilizante apresenta sólidos em suspensão, quesito este que deve estar diretamente relacionado ao baixo desempenho na avaliação do CUC, CUD, EA e CUE das mangueiras gotejadoras.

Utilizando irrigação com sólidos presentes na água, Cunha et al. (2017) testaram a influência de uma irrigação contendo 5 diferentes concentrações de sólidos totais, com uma concentração de 407 mg.L^{-1} o CUD encontrado foi 56,79%, já CUC é de 35,32%, corroborando para os dados apresentados acima.

Cunha et al. (2017) observou que ao expor uma fita gotejadora a uma capacidade de 750 horas de trabalho, a mesma apresentou uma queda em seu CUD, chegando a 67% onde sua classificação a torna como ruim.

3.4 CONCLUSÃO

O sistema de irrigação não foi adequado para o tipo de sistema proposto, muito provavelmente pela falta de filtro antes da fita gotejadora e pela presença de sólidos suspensos dissolvidos na fertirrigação. Os resultados foram inaceitáveis em termos de desempenho. Concluímos que ajustes e novas técnicas de implantação da fita gotejadora no interior do cultivo vertical, bem como o manejo da vermicompostagem

devem ser aperfeiçoadas e colocadas a teste para aprimoramento das técnicas utilizadas.

REFERÊNCIAS

- CUNHA, Jorge Luiz de Oliveira. Efeito da salinidade e temperatura da água no desempenho hidráulico de fitas gotejadoras em condições laboratoriais. 2017. 73 f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.
- CUNHA, F. F.; SILVA, T. R.; MUCHALAK, S. M.; MAGALHÃES, F. F.; SILVA, S. Q. Gotejadores e dispositivos final de linha operando com águas contendo material orgânico. Nota técnica Engenharia na Agricultura, [online], v. 25, n. 2, p. 173-181, 2017.
- CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, [online], v. 22, n. 1, p. 115–127, 2013.
- DILLON, A. Do differences in the scale of irrigation projects generate different impacts on poverty and production? **Journal of Agricultural Economics**, Mali, v. 62, n. 2, p. 474-492, 2011.
- FRIZZONE, J. A. **Irrigação localizada**. Piracicaba: ESALQ, 2015. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Folegatti/leb1571/Irrigacao%20localizada.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2017.
- Lemos Filho, M. A. F.; Zanini, J. R.; Silva, E. R. S.; Cazetta, J. O.; Ferraudo, A. S. Sistema com aeração, decantação e filtragem para a melhoria da qualidade de água em irrigação localizada. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.3, p.506-519, 2011.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa: UFV, 2001.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.
- SANTOS, R. D. S.; BISPO, R. C.; VENTURA, K. M.; SOUZA, M. H. C.; SALES, M. A. L. Avaliação de kit de irrigação por gotejamento utilizando água residuária. **Irriga**, [online], v. 1, n. 1, p. 110-117, 2017.
- SILVA, V. P.; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. **Irrigação por aspersão e localizada**. Ilha Solteira: UNESP, 2015. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso1.htm>>. Acesso em: 13 set. 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É interessante enfatizarmos que, mesmo nessas condições de plantio foram observadas produções diferentes entre os barris para a mesma cultura. Fundamentados nos trabalhos de Lourenço (2017), Holanda (2013) e Sartori (2008), conjecturamos que tal divergência é consequência do comportamento das minhocas no sistema de vermicompostagem. O cerne da pesquisa está na questão da produtividade das hortaliças em análise, e não a respeito da fertilidade do sistema. Trabalhos posteriores estudando este assunto são recomendados.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, C.; KIST, B. B.; TREICHEL, M. **Anuário brasileiro de hortaliças**. 2016. Cidade: **Gazeta**, p. 64, 2016.

FAO. **Agricultores familiares. Alimentar al mundo, cuidar el planeta**. Roma: FAO, 2014. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/019/mj760s/mj760s.pdf>> Acesso em: 14 abr 2016

FRANZ, D. W.; BONACOLSI, L. W.; CORDEIRO, F. W.; VERLINDO, A. Avaliação Da Salsa Crespa (*Petroselinum crispum*) no sistema de horta vertical. In: MOSTRA NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., Santa Rosa do Sul, 2015. Santa Rosa do Sul: Instituto Federal Catarinense, 2015.

HOLANDA, P. C. **Compostagem e minhocultura**. Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 2013.

LOURENÇO, J. L. F.; SILVA, P. K. S.; CAMPOS, A. R. N.; SANTANA, R. A. C.; APOLINÁRIO, M. O. Avaliação das alterações físicas e químicas de substratos utilizados no cultivo das minhocas *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) e *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 2., v. 1, Campina Grande, 2017.

SARTORI, H. J. F. Descrição do comportamento de populações de minhocas como indicador da qualidade da vermicompostagem de resíduos sólidos orgânicos. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, México, v. 1, n. 4, 13 p. 2008.