

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO

**Produção de Gongocompostos e sua Utilização como
Substrato para Mudas de Alface**

LUIZ FERNANDO DE SOUSA ANTUNES

2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**PRODUÇÃO DE GONGOCOMPOSTOS E SUA UTILIZAÇÃO COMO
SUBSTRATO PARA MUDAS DE ALFACE**

LUIZ FERNANDO DE SOUSA ANTUNES

Sob a Orientação da Pesquisadora
Maria Elizabeth Fernandes Correia

e

Co-orientação do Pesquisador
Marco Antonio de Almeida Leal

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo autor

a627p de Sousa Antunes, Luiz Fernando, 1988-
Produção de gongocompostos e sua utilização como
substrato para mudas de alface / Luiz Fernando de Sousa
Antunes. - 2017.
73 f.: il.

Orientadora: Maria Elizabeth Fernandes Correia.
Coorientador: Marco Antonio de Almeida Leal.
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência
do Solo, 2017.

1. Gongolos. 2. Resíduos orgânicos. 3. Mudas de qualidade. 4.
Agricultura orgânica. I. Fernandes Correia, Maria Elizabeth,
1967-, orient. II. de Almeida Leal, Marco Antonio, 1966-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo.
IV. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO**

LUIZ FERNANDO DE SOUSA ANTUNES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 15/02/2017.

Maria Elizabeth Fernandes Correia. Dra. Embrapa Agrobiologia
(Orientadora)

José Guilherme Marinho Guerra. Dr. Embrapa Agrobiologia

Ricardo Luis Louro Berbara. Ph.D. UFRRJ

“ A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê. ”

Arthur Schopenhauer

“ Plante de manhã a sua semente, e mesmo ao entardecer não deixe as suas mãos ficarem à toa, pois você não sabe o que acontecerá, se esta ou aquela produzirá, ou se as duas serão igualmente boas. ”

Eclesiastes 11:6

DEDICATÓRIAS

À memória de meus avós Benedito e Margarida.

Aos meus pais Haroldo e Cida.

À toda minha família.

Aos meus amigos – de perto e de longe e
colaboradores.

Aos meus professores que passaram por minha
vida e cumprem o Lindo papel de ensinar.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pelo dom maior que é viver, por suas bênçãos em minha vida e por todas as conquistas já alcançadas. 🎵🎵 Teu amor não falha 🎵🎵.

Aos meus pais, que amo muito! Sem eles, a etapa de mais um sonho não seria possível. Obrigado por me apoiar, acreditar, investir e sempre me aconselhar.

À minha orientadora, a Pesquisadora Maria Elizabeth – Beth, todo meu carinho! Sempre atenciosa e alegre, me ensinou, orientou, incentivou e acima de tudo, confiou em mim, desde 2012 até a chegada ao Mestrado.

Ao meu co-orientador, o Pesquisador Marco Leal, não diferente da Beth, sempre se dispôs a me ajudar, ensinar e a esclarecer todos os resultados encontrados em meus trabalhos.

À Dione Galvão, Analista da Embrapa Agrobiologia, parceira em meus experimentos, sempre compartilhando conhecimentos, contribuindo muito para que este trabalho acontecesse.

À Pesquisadora Janaina Rouws por toda atenção, me ensinando e ajudando nas análises dos dados de toda minha pesquisa.

Ao meu companheiro de laboratório, Rafael Nogueira Scoriza, por compartilhar seus conhecimentos, colaborar na construção de novas ideias e disposição de sempre me ajudar.

Ao laboratorista Roberto Silva – mais conhecido como Robertinho, um amigo, companheiro nas atividades do laboratório e nos trabalhos de campo, meu muito obrigado por tudo!

Ao time do Laboratório de Química do Solo, em especial à Gisele Barros, Ednelson e Altiberto, por toda atenção nas análises que lhes encaminhei até aqui.

Aos meus amigos e amigas desta Linda Universidade, em especial à Daniele Cabral, Paulo Eduardo, Jorge Antônio e aos meus amigos e amigas de longe (SP e BA), à galera do Laboratório de Fauna do Solo (amiga Eloísa, Fernanda e todos que lá passaram ...), o meu agradecimento por todos os momentos vividos!

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e aos professores que tive no decorrer de minha graduação, que cumprem a grandiosa e linda missão de ensinar. Aos meus professores do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em especial à Professora Lúcia Helena Cunha dos Anjos, sempre atenciosa e solícita em tudo que precisei, à Coordenação do Curso e todos funcionários, nestes dois anos de mestrado.

À EMBRAPA Agrobiologia e todo corpo de funcionários, pelo acolhimento e toda infra-estrutura oferecida durante os anos que permaneci como bolsista de iniciação científica e Mestrado.

Ao CNPq pela bolsa de estudos concedida.

Muito obrigado a todos vocês!

BIOGRAFIA

Luiz Fernando de Sousa Antunes, nasceu em Taubaté-SP em 16 de janeiro de 1988, porém foi morador de Ubatuba-SP desde sua infância. Coursou parte do ensino fundamental e todo ensino médio em escolas públicas estaduais. Em 2007 iniciou sua primeira graduação em Ciências Biológicas no Centro Universitário Módulo, município vizinho de Caraguatatuba – SP, adquirindo o título de Biólogo em janeiro de 2010. No mesmo ano ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para cursar Engenharia Agrônoma. Durante sua graduação foi bolsista de iniciação científica na EMBRAPA Agrobiologia, no período de agosto de 2012 a julho de 2014, onde foi orientado pela Pesquisadora Dra. Maria Elizabeth F. Correia. Atuou nas linhas de pesquisa envolvendo o monitoramento da fauna do solo no Corredor Ecológico do COMPERJ-RJ e na compostagem de resíduos orgânicos obtidos pela atividade de diplópodes. Encerrou sua graduação em nove períodos, concluindo-a no segundo semestre do ano de 2014. No dia oito de maio de 2015 colou grau como Engenheiro Agrônomo, mesmo ano que ingressou no curso de Mestrado em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo (CPGA-CS).

RESUMO GERAL

ANTUNES, Luiz Fernando de Sousa. **Produção de gongocompostos e sua utilização como substrato para produção de mudas de alface**. 2017. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

O gongocomposto é um substrato 100% constituído por composto orgânico gerado pela atividade de diplópodes da espécie *Trigoniulus corallinus*, popularmente conhecidos como gongolos, que são grandes consumidores de serrapilheira e garantem a ciclagem de nutrientes para o solo. A geração de resíduos lignocelulósicos é crescente e nem sempre há a destinação correta destes resíduos. A gongocompostagem é uma alternativa amiga do meio ambiente, que viabiliza a produção de compostos orgânicos a partir de diferentes resíduos agrícolas para posterior uso como substrato na produção de hortaliças. Nesse sentido, este trabalho se dividiu em três etapas, cujos objetivos foram: avaliar o consumo de resíduos agrícolas e urbanos pelo diplópode *Trigoniulus corallinus* (Capítulo I); avaliar a eficiência dos gongocompostos produzidos a partir de resíduos agrícolas e urbanos, em diferentes tempos de compostagem pela atividade dos diplópodes *Trigoniulus corallinus*, como substratos para a produção de mudas de alface cultivar Vera, além de avaliar os valores de pH, de condutividade elétrica e dos teores de macronutrientes totais dos gongocompostos após o armazenamento pelo período de três meses (Capítulo II) e avaliar o desempenho agrônômico da alface em sistema de produção orgânica, de acordo com a qualidade das mudas de alface crespa cultivar Vera produzidas por diferentes gongocompostos (Capítulo III) No Capítulo I, os resultados confirmam que os diplópodes *T. corallinus* são capazes de ingerir resíduos pobres em nutrientes, porém exibem nitidamente as suas preferências alimentares por resíduos que contenham maiores teores nutricionais. No Capítulo II, dos três gongocompostos avaliados, apenas os substratos T2-gongocomposto 125 dias e T3-gongocomposto 180 dias se mostraram eficientes na produção de alface, contudo, o substrato T3 foi responsável pela produção de plantas com maior acúmulo de biomassa, altura e estabilidade de torrão, sendo semelhantes ao substrato T4-SIPA, tido como controle. O armazenamento pelo período de três meses proporcionou alterações nos valores de pH, condutividade elétrica e teores de macronutrientes, sendo que apenas os valores de condutividade elétrica ficaram acima do permitido pela legislação brasileira. Na avaliação das mudas de alface, o substrato T4-SIPA seguido pelo substrato T2-gongocomposto 125 dias, foram os que proporcionaram mudas com maior desenvolvimento. No Capítulo III, o tratamento T1-90 dias foi inferior em todos os parâmetros avaliados, quando comparado aos demais tratamentos, porém sua produtividade estimada atende à esperada para o estado do Rio de Janeiro. Embora não tenha havido diferenças estatísticas, a produtividade estimada foi 10,38 e 11,82% menor para o tratamento T2-125 dias em relação aos tratamentos T3-180 dias e T4-SIPA, respectivamente, comprovando que a qualidade da muda transplantada no campo é capaz de influenciar diretamente na produtividade na cultura da alface.

Palavras-chave: Gongolos. Resíduos orgânicos. Mudas de qualidade. Agricultura orgânica.

GENERAL ABSTRACT

ANTUNES, Luiz Fernando de Sousa. **Production of millicomposts and their utilization as substrate for the production of lettuce seedlings.** 2017. 73p. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro., Seropédica, RJ, 2017.

The millicompost is a 100% substrate consisting of organic compound generated by the activity of diplopods of the species *Trigoniulus corallinus*, popularly known as millipedes, that are big consumers of litter and guarantee the cycling of nutrients to the soil. The generation of lignocellulosic residues is increasing and there is not always the correct destination of these residues. The millicomposting is an environmentally friendly alternative that allows the production of organic compounds from different agricultural residues for later use as a substrate in the production of vegetables. In this sense, this work was divided in three stages, whose objectives were: to evaluate the consumption of agricultural and urban residues by the *Trigoniulus corallinus* (Chapter I); to evaluate the efficiency of the millicomposts produced from agricultural and urban residues, at different composting times by the activity of the *Trigoniulus corallinus* diplopods, as substrates for the production of Vera lettuce seedlings, in addition to evaluating the pH, electrical conductivity and total macronutrient contents of the gongocomposts after storage for three months (Chapter II) and to evaluate the agronomic performance of lettuce in an organic production system, according to the quality of the seedlings of cultivar Vera lettuce grown by different millicomposts (Chapter III) In Chapter I, the results confirm that *T. corallinus* diplopods are able to ingest nutrient poor residues, but clearly exhibit their food preferences for residues containing higher nutrient contents. In Chapter II, of the three millicomposts evaluated, only the substrates T2-millicompost 125 days and T3- millicompost 180 days were efficient in lettuce production, however, the T3 substrate was responsible for the production of plants with greater accumulation of biomass, height and stability of the clod, being similar to the substrate T4-SIPA, considered as control. The storage for a period of three months allowed changes in pH, electrical conductivity and macronutrient contents, and only the electrical conductivity values were higher than allowed by Brazilian legislation. In the evaluation of the lettuce seedlings, the substrate T4-SIPA followed by the substrate T2-millicompost 125 days, were those that provided seedlings with greater development. In Chapter III, the T1-90 days treatment was lower in all evaluated parameters, when compared to the other treatments, but its estimated productivity meets the expectations for the state of Rio de Janeiro. Although there were no statistical differences, the estimated productivity was 10.38 and 11.82% lower for the treatment T2-125 days in relation to treatments T3-180 days and T4-SIPA, respectively, proving that the quality of the seedlings transplanted on the field is able to directly influence productivity in the lettuce crop.

Keywords: Millipedes. Organic wastes. Quality seedlings. Organic agriculture.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Peso da matéria seca inicial e teor de macronutrientes dos materiais avaliados.	14
Tabela 2. Proporção do consumo de resíduos fornecidos como dieta aos diplópodes da espécie <i>T. corallinus</i> , massa seca de fezes (coprólitos) gerados e determinação da taxa de mortalidade em bioensaio conduzido em condições de laboratório.	15
Tabela 3. Relação C/N e teores dos macronutrientes presentes nos resíduos empregados na gongocompostagem.	25
Tabela 4. Valores médios de número de folhas por planta (NF), altura de planta (AP), vigor de muda (VM) e estabilidade do torrão (ET).....	32
Tabela 5. Análises do potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), relação C/N, conteúdo de carbono total e macronutrientes totais dos substratos avaliados na produção de mudas de alface crespa cv. Vera	34
Tabela 6. Análises físicas dos substratos avaliados: densidade aparente, densidade da partícula, percentual de porosidade total, percentual de microporosidade, percentual de macroporosidade e capacidade de retenção de água à tensão de 10 cm (CRA10 cm).	38
Tabela 7. Teores de macronutrientes totais dos substratos avaliados na produção de mudas de alface crespa cv. Vera após 28 dias de semeadura.	39
Tabela 8. Valores de potencial hidrogeniônico (pH) dos substratos orgânicos aferidos inicialmente e após três meses de armazenamento.....	40
Tabela 9. Valores de condutividade elétrica (CE) dos substratos orgânicos aferidos inicialmente e após três meses de armazenamento.	41
Tabela 10. Análise química dos macronutrientes totais presentes nos substratos inicialmente e após três meses de armazenamento.	42
Tabela 11. Valores médios de número de folhas por planta (NF), altura de planta (AP), vigor de muda (VM) e estabilidade do torrão (ET).....	44
Tabela 12. Massa fresca comercial, diâmetro (cm), altura de planta (cm), número de folhas maiores que 5 cm, classe comercial e produtividade estimada de alface crespa cv. Vera, produzida sob cultivo orgânico na Fazendinha Agroecológica Km 47, Seropédica-RJ.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caixa plástica adaptada para a sobrevivência dos diplópodes em condições de laboratório.....	13
Figura 2. (A) Resíduos avaliados com a adição de um indivíduo por unidade experimental. (B) Diplópodes em recipientes sem alimento para esvaziamento do tubo digestivo.....	14
Figura 3. Análises de correlação e coeficientes de determinação para a proporção de materiais consumidos e quantidade de coprólitos gerados; mortalidade e proporção de materiais consumidos e a proporção de materiais consumidos e os teores de nutrientes analisados.....	17
Figura 4. Vistas externa e interna do gongolário.	24
Figura 5. A) Anel de concreto com adição de 500 litros de resíduos. B) Resíduos devidamente preparados para a gongocompostagem. C) Quantificação e adição dos gongolos nos anéis contendo os resíduos. D) Início do processo de gongocompostagem e proteção dos anéis. Imagem: Luiz Fernando de Sousa Antunes, 2015.....	25
Figura 6. Cilindros contendo os substratos, mantidos em água por 24 horas para saturação completa e posterior colocação na mesa de tensão por 24 horas a 60 cm de altura d'água. Imagem: Luiz Fernando de Sousa Antunes, 2016.	27
Figura 7. Mudanças de alface crespa desenvolvidas em bandejas de 200 células com os diferentes substratos avaliados.	28
Figura 8. Bandeja de poliestireno expandido de 200 células semeada com alface nos quatro substratos testados.	29
Figura 9. Evolução das mudas de alface nos quatro substratos avaliados.	30
Figura 10. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca das raízes (MFR) e massa seca das raízes (MSR) de mudas de alface crespa cv. Vera, cultivadas em quatro diferentes substratos, aos 28 dias após semeadura.	31
Figura 11. Detalhes da altura das mudas de alface cv. Vera aos 28 dias após a semeadura. No lado esquerdo a muda formada no substrato T4 e ao lado direito a muda formada no substrato T3.	33
Figura 12. Valores semanais de pH dos substratos testados na produção de mudas de alface crespa cv. Vera.....	35
Figura 13. Valores semanais de condutividade elétrica dos substratos testados na produção de mudas de alface crespa cv. Vera.	36
Figura 14. Formas de nitrogênio (%) presentes nos substratos utilizados para produção de mudas de alface crespa cv. Vera.	37
Figura 15. Comparação das formas de nitrogênio (%) presentes nos substratos no início e final do armazenamento.....	43
Figura 16. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca das raízes (MFR) e massa seca das raízes (MSR) de mudas de alface crespa cv. Vera, cultivadas em quatro diferentes substratos, aos 25 dias após semeadura.	43
Figura 17. Detalhes do preparo dos canteiros de produção e da adubação orgânica realizada antes do transplante das mudas.	52
Figura 18. Detalhe da formação de mudas utilizadas no experimento (superior) e local de condução (inferior).	53
Figura 19. Detalhe do experimento no campo: mudas plantadas aos 28 DAS e adição de cobertura morta aos sete dias após o transplante.	54
Figura 20. Detalhes do experimento em campo montado em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos, do plantio à colheita.	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 A Compostagem e os Fatores que a Influenciam	4
2.1.1 Definição	4
2.1.2 Tipos de compostagem	4
2.1.3 Fatores determinantes do processo de compostagem	5
2.1.4 Compostagem baseada na utilização de diplópodes	6
2.2 Substratos para Plantas	7
3 CAPÍTULO I CONSUMO DE MATERIAIS UTILIZADOS NA COMPOSTAGEM PELO DIPLÓPODE <i>Trigoniulus corallinus</i>	9
3.1 RESUMO.....	10
3.2 ABSTRACT	11
3.3 INTRODUÇÃO.....	12
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
3.6 CONCLUSÕES	18
4 CAPÍTULO II PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE EM GONGOCOMPOSTOS GERADOS EM DIFERENTES TEMPOS DE GONGOCOMPOSTAGEM	19
4.1 RESUMO.....	20
4.2 ABSTRACT	21
4.3 INTRODUÇÃO.....	22
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.4.1 Produção dos gongocompostos	24
4.4.2 Caracterização química e física dos gongocompostos	26
4.4.3 Produção e avaliação das mudas de alface desenvolvidas nos diferentes substratos	27
4.4.4 Armazenamento dos gongocompostos e substrato SIPA	28
4.4.5 Produção e avaliação das mudas de alface desenvolvidas nos substratos armazenados por três meses	28
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.5.1 Desenvolvimento e avaliação das mudas de alface produzidas nos diferentes substratos	31
4.5.2 Efeito do armazenamento dos substratos sobre as características químicas e o desenvolvimento das mudas de alface produzidas	40
4.6 CONCLUSÕES	46
5 CAPÍTULO III INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DA MUDA NA PRODUTIVIDADE DE ALFACE CRESPA SOB CULTIVO ORGÂNICO.....	47
5.1 RESUMO.....	48
5.2 ABSTRACT	49
5.3 INTRODUÇÃO.....	50
5.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	52
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.6 CONCLUSÕES	59
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	60
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil a produtividade agrícola tradicional aumenta a cada ano e consigo a geração de resíduos oriundos dos restos culturais, que nem sempre têm uma destinação e aproveitamento adequados, se tornando um potencial problema à natureza, ocasionando a poluição de corpos d'água ou ainda servindo como fonte de inóculo às pragas e doenças, inimigas das culturas agrícolas. A reutilização destes resíduos é, sem dúvida, a opção mais interessante sob o ponto de vista econômico, ambiental, e, muitas vezes, social, promovendo a minimização de problemas ambientais (PIRES; MATTIAZZO, 2008).

A agricultura orgânica é definida como a gestão holística da produção cujo objetivo principal é otimizar a saúde e a produtividade de comunidades interdependentes de solo, vida, plantas, animais e pessoas (UNCTAD, 2006), estabelecendo sistemas de produção com base em tecnologias de processos que contribuam com o aumento da retenção de água, reduzindo a erosão do solo e aumentando a biodiversidade (SHANDU et al., 2010), para que haja a sustentabilidade do sistema produtivo.

A Lei 10.831 (BRASIL, 2003), é o principal marco legal da agricultura orgânica brasileira, estabelecendo critérios para comercialização de produtos, definindo quanto à responsabilidade pela qualidade orgânica, quanto aos procedimentos relativos à fiscalização, à aplicação de sanções, ao registro de insumos, e a adoção de medidas sanitárias e fitossanitárias que não comprometam a qualidade orgânica dos produtos.

O Brasil está na décima segunda posição entre os países em extensão de terras voltadas à agricultura orgânica, com 705 mil hectares de área cultivada (FIBL and IFOAM, 2016). No estado do Rio de Janeiro, estima-se que a área de produção de orgânicos seja um pouco mais de 2.000 ha, boa parte destinada à produção de hortaliças (MAPA, 2015).

A Região Serrana Fluminense apresenta importantes atividades como a agricultura orgânica, a hidropônica e a floricultura, detentoras de um potencial de crescimento que tem sido observado e incentivado pelos órgãos fomentadores e a horticultura que já se constitui, há algum tempo, como uma atividade que deixa suas marcas na paisagem (EMATER-RJ, 2010).

O fornecimento de insumos de origem orgânica para a manutenção da fertilidade do solo e nutrição de plantas é um dos pilares da agricultura orgânica, no qual a compostagem possui grande importância. A compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica presente nos resíduos em material humificado, que pode ser utilizado como adubo orgânico à agricultura, hortas e jardins, e até mesmo na recuperação de áreas degradadas (CAMPBELL, 1999; KEENER et al., 2000). Neste sentido, o uso de resíduos orgânicos como fornecedores de nutrientes e suporte para compor substratos pode representar uma alternativa para diminuir o custo de produção das mudas hortícolas (SILVA JÚNIOR et al., 2014).

Da compostagem clássica, em que a atividade microbiana tem importância decisiva, até a compostagem intermediada por invertebrados da fauna de solo, como a vermicompostagem e a gongocompostagem, diferentes misturas, práticas e manejos têm sido propostos com o objetivo de melhorar a eficiência da compostagem e a qualidade do composto produzido. No caso da gongocompostagem, uma espécie de diplópode com particular viabilidade para a compostagem é *Trigoniulus corallinus*, pois apresenta distribuição pantropical, ocorrendo amplamente em diferentes ambientes agrícolas, e de fácil reconhecimento pela sua distinta cor vermelha.

Estudos realizados sobre a produção e utilização de gongocomposto, no Brasil e na Índia, mostram alguns benefícios desta prática, tais como a possibilidade de compostar unicamente resíduos de origem vegetal, a sua riqueza nutricional, a baixa densidade, entre outros, o que o torna de grande potencial, especialmente para a produção de mudas

(ASHWINI; SRIDHAR, 2006; ANILKUMAR et al., 2012; AMBARISH; SRIDHAR, 2013; SRIDHAR; AMBARISH, 2013; ANTUNES et al., 2016). Ademais alguns trabalhos mostram que o composto orgânico gerado tem grande potencial de beneficiar o crescimento de mudas agrícolas, de maneira semelhante ao vermicomposto (THAKUR et al., 2011; ANTUNES et al., 2016).

Os compostos orgânicos possuem propriedades biológicas adequadas para seu uso como substratos para mudas de hortaliças, pois são capazes de fornecer os nutrientes necessários ao crescimento de várias culturas agrícolas. Devem possuir boas propriedades físicas para serem utilizados como substrato, sendo capazes de promover a retenção de umidade e drenar o excesso de água. O reduzido grau de contração e expansão destes compostos é uma característica física importante, justificando a sua utilização (LEAL et al., 2007).

A produção de mudas de qualidade é uma das etapas mais importantes no cultivo de hortaliças, pois delas dependem o desempenho final das plantas nos canteiros de produção (CARMELLO, 1995; SILVA JÚNIOR et al. 1995). A utilização de recipientes com substratos em substituição ao uso de solo é um fator importante na formação de mudas, proporcionando aumentos substanciais na qualidade das mesmas (SMIDERLE et al., 2001). O sistema de bandejas proporciona maior cuidado na fase de germinação e emergência, fazendo com que, muitas vezes, uma semente origine uma planta, além de proporcionar menor custo no controle de pragas e doenças e alto índice de pegamento após o transplante (MINAMI, 1995; MODOLO; TESSARIOLLI NETO, 1999). Além disso, há a maximização da área do viveiro, economizando substratos e possibilitando produzir continuamente.

O produtor rural enfrenta atualmente alguns problemas, dentre eles a falta de mão de obra e o custo da aquisição de substratos comerciais. Muitos destes substratos comerciais possuem duas ou mais misturas de componentes em suas formulações a fim de obterem qualidades físicas, químicas e biológicas (PEREIRA et al., 2012). Atualmente há uma disponibilidade de diferentes substratos comerciais no mercado, recomendados de maneira geral a diferentes espécies, com formulações muitas vezes desconhecidas e seus desempenhos às plantas não são totalmente conhecidos (MENEZES JÚNIOR et al., 2000).

Diante disto, o aproveitamento de restos culturais da propriedade como fonte para produção de composto orgânico e de baixo custo, capaz de aliar qualidades físicas e químicas na utilização como substrato, refletirá numa alternativa viável à produção de mudas de qualidade, dispensando a necessidade da busca por formular misturas para compor um substrato.

O objetivo geral deste trabalho foi produzir compostos orgânicos a partir de resíduos vegetais oriundos da atividade agrícola associados à ação de um componente da macrofauna do solo, os diplópodes da espécie *Trigoniulus corallinus*, conhecidos popularmente como gongolos ou piolhos-de-cobra, avaliando suas eficiências como substratos para produção de mudas de alface.

O trabalho experimental foi dividido em quatro capítulos: no primeiro capítulo o estudo avaliou o consumo de resíduos agrícolas e urbanos pelo diplópode *Trigoniulus corallinus*, considerando que a dinâmica de alimentação dos diplópodes se diferencia com o tipo de material e sua composição química.

A utilização de resíduos orgânicos como substituição a substratos comerciais é crescente. No segundo capítulo avaliou-se as características físico-químicas dos gongocompostos produzidos a partir de resíduos agrícolas e urbanos, sob diferentes tempos de compostagem pela atividade dos diplópodes *Trigoniulus corallinus* e posteriormente avaliada

a eficiência destes gongocompostos no desenvolvimento de mudas de alface e a qualidade destas mudas produzidas em bandejas de poliestireno expandido.

A qualidade da muda levada ao campo é muito importante, pois dela se reflete a possibilidade de obtenção de melhores índices de colheita. Portanto, no terceiro capítulo buscou-se avaliar o desempenho agrônômico das mudas de alface produzidas em quatro diferentes tipos de substratos orgânicos.

Pouco se sabe a respeito do armazenamento de substratos e se este armazenamento pode influenciar em suas características químicas, o que pode acarretar no desenvolvimento de mudas de hortaliças quando nele semeadas. Neste contexto, o quarto capítulo aborda a avaliação da influência do tempo de armazenamento dos gongocompostos sob um período de três meses em suas características químicas e desenvolvimento das mudas de alface.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Compostagem e os Fatores que a Influenciam

2.1.1 Definição

A compostagem é um fenômeno complexo de transformação de resíduos biodegradáveis em matéria orgânica estável de importante valor para agricultura e envolve uma variedade de organismos da fauna saprófaga e de microrganismos (SRIDHAR; AMBARISH, 2013). Pode ser definida como um processo biológico, aeróbio, controlado, por meio do qual se consegue a humificação do material orgânico obtendo-se, como produto final, o “composto orgânico”. O processo de compostagem “clássico” se desenvolve em duas fases distintas, em que na primeira ocorre a degradação ativa ou de bioestabilização, quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas e na segunda, a maturação do material orgânico, quando ocorre o processo de humificação, ocasião em que é produzido o composto propriamente dito (PEREIRA NETO, 1987; MATOS et al., 1998).

Os componentes orgânicos biodegradáveis sofrem sucessivas transformações, sob a ação de diversos grupos de microrganismos, resultando num processo bioquímico altamente complexo (BETTIOL; CAMARGO, 2000). A temperatura também é um fator importante, principalmente no que diz respeito à rapidez do processo de biodegradação, à eliminação de patógenos e é consequência da atividade microbiana (BETTIOL; CAMARGO, 2000; SILVA et al., 2004). Modificações nas características físicas e químicas do meio também podem alterar a composição da microflora ou a atividade de degradação dos microrganismos (BOOPATHY, et al., 2001).

2.1.2 Tipos de compostagem

A agricultura e a pecuária geram resíduos como parte de vegetais folhosos ou cascas de grãos, frutos não comercializados, esterco de criações de animais, como ruminantes, equinos, suínos e aves. Todos estes tipos de resíduos podem ser empregados na compostagem clássica, como uma forma de tratá-los, reciclando os nutrientes e matéria orgânica aplicando-os nas lavouras como composto orgânico (INÁCIO; MILLER, 2009).

A vermicompostagem é um processo de decomposição biológica, considerado uma “ecotecnologia” limpa e sem impactos ambientais. Consiste na interação entre minhocas e microrganismos. Apesar dos microrganismos serem os grandes responsáveis pela degradação bioquímica da matéria orgânica, as minhocas atuam como um “moinho biológico”, sendo agentes determinantes da fragmentação, aumentando a superfície de contato do substrato para a atividade microbiológica. Quando a matéria orgânica passa pelo trato digestório da minhoca, os fragmentos e excrementos ricos em bactérias são misturados e o material se torna homogeneizado. O produto final da vermicompostagem é o vermicomposto, de alta qualidade como fertilizante orgânico, podendo substituir as adubações com fertilizantes minerais (MARTÍN; SHCIEDECK, 2015).

A gongocompostagem é uma técnica ainda pouco conhecida no Brasil e se baseia na utilização de diplópodes de diferentes espécies para promover a reciclagem de diversos tipos de resíduos vegetais gerados nas propriedades agrícolas, que são consideradas fontes economicamente importante de nutrientes (ANTUNES et al., 2016). Diferente da minhoca, que necessita de resíduos mais pulverizados para se alimentar, os diplópodes são capazes de processar muito bem resíduos vegetais graças ao seu aparelho bucal mastigador, que permite triturar os resíduos ao se alimentar. A fragmentação dos resíduos em partes menores promove o aumento da superfície de contato, permitindo o ataque microbiano. A partir de três meses

pode-se obter um composto orgânico com boas características físicas e químicas, podendo ser utilizado como substrato eficiente na produção de mudas (ANTUNES et al., 2016; ANILKUMAR et al., 2012).

2.1.3 Fatores determinantes do processo de compostagem

A decomposição do material orgânico é diferenciada segundo as características físicas, químicas e biológicas dos seus diversos componentes. Os açúcares, amidos e proteínas simples, são decompostos primeiro; a seguir, há a decomposição da proteína bruta e da hemicelulose. Outros componentes, como a celulose, a lignina e as gorduras, são mais resistentes (MIYASAKA et al., 1983; TIBAU, 1983; IGUE, 1984) podendo, com o tempo, dar origem às substâncias orgânicas de estrutura química mais complexa, genericamente denominadas húmus (MIYASAKA et al., 1983; IGUE, 1984). Segundo Kiehl (1985) o tempo necessário para promover a compostagem de resíduos orgânicos depende da relação C/N, do teor de nitrogênio da matéria-prima, das dimensões das partículas, da aeração da pilha e do número e da frequência dos revolvimentos.

O carbono e o nitrogênio são os elementos mais importantes para a decomposição microbiológica. O carbono é fonte básica de energia para as atividades vitais dos microrganismos. Já o nitrogênio é um componente essencial das proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas necessárias ao crescimento e funcionamento celular. Na decomposição, os microrganismos utilizam em torno de 25 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio assimilada (CASTILLO et al., 2010). Para relações C/N inferiores o nitrogênio ficará em excesso e poderá ser perdido como amoníaco causando odores desagradáveis. Para relações C/N mais elevadas, a falta de nitrogênio irá limitar o crescimento microbiano e o carbono não será todo degradado fazendo com que a temperatura não aumente e a que a compostagem se processe mais lentamente (LAMPKIN, 1992).

Altas temperaturas são necessárias para a compostagem. Entretanto, precisa ser mantida uma temperatura ótima para o desenvolvimento dos microrganismos, pois variações térmicas para mais ou para menos podem provocar uma redução da população e da atividade metabólica (RUSSO, 2003). A compostagem de resíduos orgânicos em pilhas ou em condições controladas, o calor produzido se acumula e a temperatura pode chegar à cerca de 80 °C. As taxas ótimas de decomposição ocorrem entre 50-60 °C. Temperaturas termofílicas na compostagem são extremamente desejáveis no tratamento de resíduos, pois destroem muitos patógenos e larvas de mosca. Em pátios de compostagem a temperatura crítica para destruição de patógenos humanos é a partir de 55 °C. Do ponto de vista agrônomo, essa temperatura destrói muitos patógenos de plantas e 63 °C é a temperatura crítica para inviabilizar sementes de plantas daninhas (INÁCIO; MILLER; 2009).

A compostagem é um processo biológico de degradação da matéria orgânica e a presença de água é fundamental para as necessidades fisiológicas dos microrganismos. O teor de umidade é variável ao longo do processo de compostagem devido a vários parâmetros, tais como: tipo de matéria orgânica, tamanho das partículas, configuração geométrica da leira de compostagem, peso específico da massa de compostagem, sistema e forma de aeração, entre outros (PEREIRA NETO; LELIS, 1999; RUSSO, 2003). O teor ideal de umidade no início do processo é de 60%, se for abaixo de 30% é prejudicial, pois inibe a atividade microbiológica, e durante o processo a umidade não pode cair para 40%. Elevados teores de umidade promovem a ocupação do espaço vazio com água, restringindo a ocupação do ar e a difusão do oxigênio (COSTA et al., 2015).

Na prática da compostagem, a aeração é o fator mais importante a ser considerado, sendo que quanto mais úmidas estiverem as matérias-primas mais deficientes será sua oxigenação, determinando que providências sejam tomadas para reduzir a umidade (CERRI et

al. 2008). As pilhas de composto podem ser arejadas por revolvimentos manuais ou mecânicos, fazendo com que camadas mais externas passem a ocupar a parte interna. Como os microrganismos aeróbicos precisam de oxigênio para efetuar seu metabolismo, a presença abundante de ar promoverá uma decomposição mais rápida e de forma controlada, evitando o excesso de temperatura, umidade e mau cheiro (COSTA et al., 2015).

Segundo Kiehl (1985), a dimensão das partículas é fundamental para o bom andamento da compostagem, pois o tamanho define a superfície de exposição para o ataque dos microrganismos. Quanto maior a superfície de exposição, menor a partícula da matéria orgânica e mais rápida será sua decomposição. No entanto, granulometrias demasiada finas, menores que 2 mm, dificultam a aeração por facilitar a compactação, enquanto que acima de 16 mm facilitam o arejamento natural (RUSSO, 2003). Então, deve-se encontrar um valor que considere a aeração e a superfície de exposição. Segundo Cordeiro (2010), as dimensões das partículas utilizadas na compostagem não podem ultrapassar 3 cm de diâmetro.

O processo de compostagem é relativamente pouco sensível aos valores de pH, pois a matéria orgânica com valores de pH variáveis entre 3 e 11 pode ser compostada. No entanto, valores próximos a neutralidade são considerados ideais (5,5 a 8) pois nessa faixa é onde os microrganismos melhor se adaptam. No início do processo, o pH atinge valores baixos, próximos a 5, próprio da ação das bactérias, e ao longo do processo com estabilização do composto vai atingindo valores entre 7 e 8 (CERRI, 2008).

2.1.4 Compostagem baseada na utilização de diplópodes

A fauna saprófaga, em especial os diplópodes, isópodes e larvas de dípteros, são conhecidos por consumir de 20-100% da serapilheira total presente no chão da floresta por ano (TAJOVSKY, 1992). Os diplópodes estão amplamente distribuídos em regiões tropicais, subtropicais e temperadas, exercendo um papel importante na melhoria da fertilidade do solo (HOPKIN; READ, 1992). Eles são capazes de mobilizar nutrientes presos na serapilheira e enriquecem o solo com N, C, Ca, Mg, P e K, em situações de microcosmos (SMIT; VAN AARDE, 2001). Esse enriquecimento se deve a uma elevada capacidade de consumo de serapilheira associada a uma elevada atividade microbiana nas fezes dos diplópodes. Quando a serapilheira passa pelo tubo digestivo, esse material é triturado, o que aumenta a sua superfície específica, umedecido e enriquecido com microrganismos (CORREIA; AQUINO, 2005). Chegam a metabolizar até 0,3-7% do material ingerido e ao excretar a atividade microbiana continua em seus pellets fecais (BYZOV et al., 1996), o que aumenta a bioconversão dos resíduos vegetais (AMBARISH; SRIDHAR, 2013).

A matéria fecal da fauna saprófaga é caracterizada por resíduos vegetais não digeridos, matéria orgânica fina e particulada, minerais, elevada capacidade de retenção de água e elevada superfície de contato em relação ao seu volume (KHEIRALLAH, 1990; TAJOVSKY, 1992; SEEBER et al., 2008). A utilização de diplópodes na compostagem de resíduos orgânicos representa uma nova perspectiva científica e tecnológica dentro da biota do solo (CORREIA; AQUINO, 2005).

Antunes et al. (2016) ao utilizarem resíduos de aparas de grama, ramos e folhas de gliricídia e flemingia, sabugo de milho e casca de coco na produção de gongocomposto, verificaram que o gongolo da espécie *Trigoniulus corallinus* é capaz de decompor resíduos vegetais de origem agrícola e urbana, enriquecendo o composto gerado com cálcio, magnésio e fósforo. As características físicas e químicas do composto gerado por esses organismos os tornam eficientes como substrato, permitindo a produção de mudas de alface com características que são semelhantes às produzidas usando substrato à base de vermicomposto de minhoca.

Na Índia, Anilkumar et al. (2012) utilizaram flores de guirlandas na produção de gongocomposto através do gongolo da espécie *Arthrosphaera magna*, visando compará-lo com o vermicomposto e composto convencional. Ao avaliarem a eficiência dos três compostos na produção de pimenta em vasos, concluíram que todos os parâmetros avaliados foram superiores para o gongocomposto, atribuindo ao *A. magna* eficiência na conversão de resíduos em composto orgânico, com características físicas e químicas significativamente maiores do que o vermicomposto de minhoca.

2.2 Substratos para Plantas

Substrato é definido como o meio onde se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas na ausência de solo (KÄMPF, 2000), que deve servir para fixá-las, suprir suas necessidades de ar, água e nutrientes (LEMAIRE, 1995; TAVEIRA, 1996; SALVADOR, 2000). Os substratos podem ser diferenciados como orgânicos ou minerais, sendo quimicamente ativos ou inertes. Os materiais orgânicos têm origem em resíduos vegetais, sujeitos à decomposição. Sua atividade química depende dos sítios de troca iônica, podendo adsorver nutrientes do meio ou liberá-los a ele. A maioria dos substratos minerais é quimicamente inativa ou inerte, com exceção de alguns que possuem alta capacidade de troca de cátions, como a vermiculita (ZORZETO, 2011).

Um bom substrato não deve conter solo, pois neste há presença de fitopatógenos, sementes de plantas daninhas além de dificultar a retirada da muda com torrão (FILGUEIRA, 2000). Suas características físicas, químicas e biológicas devem oferecer as melhores condições para que haja uma excelente germinação e favoreça o desenvolvimento das mudas (GONÇALVES, 1994). Verdonck et al. (1983) afirmam que as características físicas são as mais importantes, por causa das relações ar-água não poderem sofrer mudanças durante o cultivo. Já Schmitz et al. (2002) destacam as propriedades químicas, como o pH, a capacidade de troca catiônica (CTC), a salinidade e o teor de matéria orgânica.

O substrato se constitui, então, no elemento mais complexo, podendo ocasionar a nulidade ou irregularidade de germinação, a má formação das plantas e o aparecimento de sintomas de deficiências ou excesso de alguns nutrientes, no sistema de produção de mudas (SETUBAL; AFONSO NETO, 2000).

Atualmente a produção de mudas de espécies olerícolas e florestais, em bandejas de isopor ou tubetes de plástico, com a utilização de substratos é uma técnica bastante desenvolvida. Borne (1999) considera que o uso de bandejas para a produção de mudas, além de facilitar o manuseio no campo, aumenta o rendimento operacional, uniformiza as mudas, possibilita melhor controle fitossanitário e permite colheita mais precoce.

No Brasil, foi publicada, no dia 17 de dezembro de 2004, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo, a Instrução Normativa nº 14, de 15 de dezembro de 2004, que aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos substratos para plantas. Nela são apresentadas as formas de expressão dos atributos obrigatórios da caracterização de substratos para plantas, onde as especificações são as seguintes: condutividade elétrica (CE), em miliSiemens por centímetro (mS/cm), sendo admitida variação máxima de 0,3 (zero vírgula três) pontos para mais ou para menos; potencial hidrogeniônico (pH) em água, sendo admitida variação máxima de 0,5 (zero vírgula cinco) pontos para mais ou para menos; umidade máxima, em peso/peso; densidade em kg/m³ (em base seca); capacidade de retenção de água (CRA) percentual, em peso/peso e facultativamente a capacidade de troca catiônica (CTC) em mmolc dm⁻³ ou mmolc kg⁻¹ (MAPA, 2004).

A utilização de substratos na agricultura orgânica atualmente deve atender as definições propostas pela Instrução Normativa Nº 46 (MAPA 2011), que estabelece o

Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. O Anexo V (Redação dada pela Instrução Normativa 17/2014/MAPA) define quais são as substâncias e produtos autorizados para uso como fertilizantes e corretivos em sistemas orgânicos de produção. O item 24 se refere aos substratos, que têm seu uso permitido desde que obtido sem causar dano ambiental. Quanto às suas restrições, é proibido o uso de radiação e quanto as composições e condições de uso, é permitido desde que sem enriquecimento com fertilizantes não permitidos nesta Instrução Normativa.

3 CAPÍTULO I

CONSUMO DE MATERIAIS UTILIZADOS NA COMPOSTAGEM PELO DIPLÓPODE *Trigoniulus corallinus*

3.1 RESUMO

Os diplópodes são capazes de ingerir serrapilheira parcialmente decomposta, transformando-as em materiais ricos em minerais e matéria orgânica que enriquecem o solo. Este trabalho objetivou avaliar potenciais fontes alimentares dos diplópodes da espécie *Trigoniulus corallinus* em laboratório fornecendo diferentes resíduos na forma de serrapilheira não decomposta, por um período de dez dias. Os resíduos utilizados neste experimento (todos senescentes) foram: aparas de grama batatais (*Paspalum notatum*); folhas de gliricídia (*Gliricidia sepium*); de flemingia (*Flemingia macrophylla*); de pata de vaca (*Bauhinia sp.*); de bananeira (*Musa sp.*), além de um resíduo industrializado, neste caso, pedaços de papelão picado. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com dez repetições. Ao final de dez dias foram avaliados os seguintes parâmetros: massa seca do resíduo restante da alimentação dos diplópodes, massa seca dos coprólitos e mortalidade dos diplópodes. A mensuração das taxas de consumo dos diplópodes mostraram-se diferentes entre os tratamentos, sendo as maiores taxas observadas para as folhas de flemingia (25,4 %) seguido pelas folhas de gliricídia (21,2 %). A massa de coprólitos gerados foi maior a partir dos resíduos de flemingia (0,214 g) e foi ausente na presença de papelão e gliricídia. Observou-se 100% de mortalidade dos diplópodes após o consumo de folhas de gliricídia. Depreende-se dos resultados que diplópodes da espécie *T. corallinus* são capazes de ingerir resíduos pobres em nutrientes, porém exibem nitidamente as suas preferências alimentares por resíduos que contenham maiores teores nutricionais.

Palavras chave: Gongolos. Compostagem. Agricultura orgânica.

3.2 ABSTRACT

Diplopods are able to ingest litter partially decomposed, transforming them into materials rich in minerals and organic matter that enrich the soil. This work aimed to evaluate potential food sources of the diplopods of the specie *Trigoniulus corallinus* in the laboratory providing different residues in the form of non - decomposed litter for a period of ten days. The residues used in this experiment (all senescent) were: batatais grass cuttings (*Paspalum notatum*); Gliricidia leaves (*Gliricidia sepium*); of Flemingia (*Flemingia macrophylla*); of cow's foot (*Bauhinia sp.*); of banana tree (*Musa sp.*), in addition to an industrialized residue, in this case pieces of cardboard. The design was completely randomized, with ten replications. At the end of ten days, the following parameters were evaluated: dry mass of the remaining diplopods feed, dry mass of coprolites and mortality of diplopods. The measurement of the consumption rates of the diplopods were different among the treatments, with the highest rates observed for the leaves of flemingia (25.4%) followed by the leaves of gliricidia (21.2%). The mass of generated coprolites was higher from the flemingia residues (0.214 g) and was absent in the presence of cardboard and gliricidia. It was observed 100% mortality of the diplopods after consumption of gliricidia leaves. It appears from the results that diplopods of *T. corallinus* species are able to ingest nutrient-poor residues, but clearly exhibit their food preferences for residues containing higher nutrient contents.

Keywords: Millipedes. Composting. Organic agriculture.

3.3 INTRODUÇÃO

O aumento da população humana, o crescimento indiscriminado de cidades, a industrialização e as atividades agrícolas têm colaborado com o aumento na acumulação e geração de resíduos. Não existem estimativas recentes, porém dados de Kelley e Paterson (1997) apontam que sejam gerados em escala global até 50.10^9 toneladas de resíduos por ano, mas apenas 8% são utilizadas efetivamente na bioconversão. Como a natureza é incapaz de degradar esta enorme quantidade de resíduos gerados em um curto período de tempo, estes materiais podem ocasionar problemas secundários, por ser potenciais fontes de inóculo às doenças e pragas. Uma alternativa para mitigar os efeitos das atividades humanas é promover e difundir a prática da biocompostagem, considerada uma tecnologia ambientalmente saudável de acordo com os critérios definidos pelo Programa Ambiental das Nações Unidas - UNEP (ANILKUMAR et al., 2012).

A biocompostagem é um processo complexo de transformação de resíduos biodegradáveis em matéria orgânica estável, promovida por uma vasta variedade de organismos da fauna saprófaga e de microrganismos. A taxa de degradação do material varia dependendo da sua origem, sendo classificada de decomposição rápida ou lenta (TREMIER et al., 2005; SOLE-MAURI et al., 2007). O aumento da área superficial, por meio da atividade promovida pela fauna saprófaga, é o requisito inicial mais importante durante a decomposição, estimulando as atividades microbianas e, por sua vez, a velocidade de biotransformação da matéria orgânica (GERLACH et al., 2012; AMBARISH; SRIDHAR, 2013).

Na natureza, a estrutura corporal e o comportamento alimentar dos diplópodes, os tornam responsáveis pela fragmentação mecânica, redistribuição, mineralização e liberação de elementos químicos da matéria orgânica (DANGERFIELD; MILNER, 1996; HOPKIN; READ, 1992; KADAMANNAYA; SRIDHAR, 2009). Estes organismos são essencialmente moradores do solo e em alguns ecossistemas os mais importantes agentes de decomposição e renovação de nutrientes no solo (ANILKUMAR et al., 2012; GERLACH et al., 2012), conhecidos pela função de ingerir serapilheira parcialmente decomposta e transformá-la em material rico em nutrientes, facilitado pela associação em seu tubo digestivo com microrganismos capazes de digerir celulose (ALAGESAN et al., 2003; ASHWINI; SRIDHAR, 2005; KADAMANNAYA; SRIDHAR, 2009). A excreção é na forma de péletes fecais (coprólitos), enriquecendo o solo com a adição de nutrientes e matéria orgânica (ASHWINI; SRIDHAR, 2002).

Bianchi e Correia (2007) mensuraram o consumo de serrapilheira de algumas espécies vegetais e verificaram quando se trabalhou com o material seco, senescente, todas as espécies proporcionaram ganho de peso ao diplópode *Trigoniulus corallinus*, sendo *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá) a espécie vegetal mais consumida. Mesmo sob a dieta de Ingá (*Inga semialata*), Samanea (*Samanea saman*) e Jamelão (*Syzygium cumini*), que foram os materiais menos consumidos, ainda assim houve um aumento da biomassa dos animais.

Pouco se sabe sobre o potencial de consumo de materiais comumente utilizados na compostagem por diplópodes, mas alguns trabalhos mostram que o composto orgânico gerado tem grande potencial de beneficiar o crescimento de mudas agrícolas, de maneira semelhante ao vermicomposto (THAKUR et al., 2011; ANTUNES et al., 2016). Considerando que a dinâmica de alimentação dos diplópodes se diferencia com o tipo de material e sua composição química, o presente estudo teve como objetivo avaliar o consumo de resíduos agrícolas e urbanos pelo diplópode *Trigoniulus corallinus*.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Indivíduos de *Trigoniulus corallinus* foram coletados manualmente na área do SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - Fazendinha Agroecológica Km 47, Seropédica/RJ), em canteiros de minhocultura, composteiras e em gramado contendo aparas recentes. Em laboratório, os indivíduos foram acondicionados em uma caixa plástica adaptada para a sobrevivência, conforme metodologia descrita por Bianchi e Correia (2007) (Figura 1).



Figura 1. Caixa plástica adaptada para a sobrevivência dos diplópodes em condições de laboratório. Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2015.

Os resíduos utilizados neste experimento (todos senescentes) também foram coletados nas dependências do campo experimental da Embrapa Agrobiologia, também localizada em Seropédica. São materiais comumente utilizados no processo de compostagem : aparas de grama batatais (*Paspalum notatum*); folhas de gliricídia (*Gliricidia sepium*); de flemingia (*Flemingia macrophylla*); de pata de vaca (*Bauhinia sp.*) e de bananeira (*Musa sp.*). Em adendo, utilizou-se também papelão picado como fonte alimentar. Após secagem realizada à sombra e temperatura ambiente, foram colhidas cinco amostras contendo três gramas de cada material, que foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada a temperatura de 65° por 72 horas, para determinar o teor de umidade e a massa seca dos resíduos utilizados no experimento.

Foram determinados os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) a partir de quatro amostras de cada material após trituração em moinho tipo Willey com malha de 2 mm, de acordo com metodologia descrita por Embrapa (2005). A determinação do teor de carbono foi feita por meio de combustão em forno mufla mantido à temperatura de 550°C durante o período de quatro horas, de acordo com a metodologia estabelecida por Goldin (1987). Foi utilizado o fator de 1,8 para conversão de matéria orgânica em C total, como é sugerido por Jiménez e García (1992). Os resultados encontram-se apresentados na Tabela 1.

Antes de iniciar o experimento, foram selecionados os indivíduos de *Trigoniulus corallinus* de maior tamanho (aproximadamente de 5 a 7 cm quando adulto), os quais foram acondicionados em recipientes sem alimento, com o objetivo de esvaziar naturalmente o tubo digestivo destes indivíduos, por 24 horas. Após esta etapa, os indivíduos foram acondicionados individualmente em recipientes plásticos transparentes, com 11 cm de altura e 9,5 de diâmetro, contendo três gramas (seco ao ar) do resíduo seco a ser avaliado (Figura 2). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 10 repetições.

Tabela 1. **Peso da matéria seca inicial e teor de macronutrientes dos materiais avaliados.**

Resíduos	C	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹					
Flemingia	511,11	27,20	02,30	15,50	7,10	4,50
Gliricídia	487,65	28,70	3,50	21,10	17,70	7,60
Bananeira	504,32	9,40	0,60	13,20	11,60	2,90
Pata de vaca	487,04	12,80	0,90	2,80	34,50	3,60
Gramma	487,04	20,20	03,50	19,80	4,20	3,10
Papelão	529,63	01,90	0,20	0,50	5,90	0,50

O experimento teve duração de 10 dias. A mortalidade dos indivíduos foi avaliada diariamente. A umidade foi mantida entre 50 e 60 % através de pulverizações de água destilada, quando necessário. Ao final foram avaliados a quantidade de matéria seca remanescente do resíduo após a alimentação dos diplópodes e a massa seca dos coprólitos (determinadas após secagem em estufa). A mensuração do consumo de cada material foi obtida pela diferença nas massas seca presentes no início e ao final do período de condução do bioensaio, sendo os resultados expressos em valores proporcionais. Os dados foram submetidos a análise de variância e posteriormente ao teste Scott-Knott, a 5%. Estimou-se as seguintes relações: relação entre proporção de materiais consumidos e quantidade de coprólitos gerados; relação entre a mortalidade e proporção de materiais consumidos e a relação entre a proporção de materiais consumidos e os teores de nutrientes analisados, empregando-se o teste Pearson, no nível de probabilidade de 5%.



Figura 2. (A) Resíduos avaliados com a adição de um indivíduo por unidade experimental. (B) Diplópodes em recipientes sem alimento para esvaziamento do tubo digestivo. Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2015.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diplópode *Trigoniulus corallinus* apresentou diferentes padrões de consumo em relação aos resíduos avaliados e comumente utilizados em processos de compostagem. Dos seis materiais empregados, os mais consumidos pelos diplópodes foram as folhas de flemingia, seguidos de folhas de gliricídia e de bananeira. (Tabela 2).

Tabela 2. Proporção do consumo de resíduos fornecidos como dieta aos diplópodes da espécie *T. corallinus*, massa seca de fezes (coprólitos) gerados e determinação da taxa de mortalidade em bioensaio conduzido em condições de laboratório.

Resíduos	Consumo (%)	Coprólitos (g)	Mortalidade (%)
Flemingia	25,4 a	0,214 a	0
Gliricídia	21,2 b	0 b	100
Bananeira	19,4 b	0,188 a	30
Pata de vaca	14,8 c	0,185 a	20
Gramma	13,8 c	0,017 b	20
Papelão	3,1 d	0 b	30

Letras iguais na coluna não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%

Experimentos conduzidos em laboratório resultaram em observações semelhantes, onde diplópodes exibiram preferência alimentar pela serapilheira de determinadas espécies de plantas (KHEIRALLAH, 1990). O papelão foi o material menos consumido pelo *T. corallinus* quando comparado aos materiais vegetais. Mesmo com o baixo consumo, este resultado se reveste de interesse, quando visto como uma alternativa para a destinação de resíduos vegetais urbanos, como matéria-prima na compostagem.

A quantidade de coprólitos excretados a partir de cada resíduo apresentou resultados semelhantes ao consumo, sendo os maiores resultados para as folhas de flemingia, bananeira e pata de vaca. A quantidade de péletes fecais produzidos pelo *Trigoniulus corallinus*, embora superior para alguns materiais não pôde ser explicada pela taxa de consumo. A ausência de correlação significativa (P-valor de 0,26) entre a taxa de consumo dos resíduos e produção de coprólitos deve-se a ausência de coprólitos para alguns materiais, mesmo quando consumidos, como a gliricidia e o papelão (Figura 3). De forma divergente, nos diplópodes *Arthrosphaera dalyi* e *Arthrosphaera davisoni* a quantidade de peletes fecais, bem como outros atributos estudados (preferência de serrapilheira, taxa de consumo, taxa de crescimento, eficiência de conversão alimentar) foram relacionados com os teores de nutrientes (N, P, Ca e C_{orgânico}) presentes nos resíduos (KADAMANNAYA; SRIDHAR, 2009).

A mortalidade dos indivíduos de *T. corallinus* ao longo do bioensaio foi semelhante entre os resíduos utilizados, com exceção para a gliricidia, que causou a mortalidade de 100% dos indivíduos, não havendo correlação significativa (P-valor de 0,23) entre a mortalidade dos diplópodes e a produção de coprólitos (Figura 3). Os resultados mostram-se interessantes, principalmente considerando que a taxa de consumo deste material esteve entre as maiores, mostrando o que indica que há alta palatabilidade deste resíduo. Talvez o tempo de secagem das folhas de gliricídia, após sua coleta no campo, tenha que ser superior aos demais resíduos, para que se elimine compostos potencialmente tóxicos aos organismos decompositores. Um dos maiores componentes presentes no extrato de folhas de *G. sepium* é a coumarina, conhecida como composto químico tóxico à saúde humana (KANIAMPADY et al., 2007).

Extratos de coumarina foram avaliados e comprovou-se a eficiência no controle de artrópodes considerados pragas agrícolas, como os ácaros (SIVIRA et al., 2011).

A taxa de consumo dos diplópodes *T. corallinus* não se mostrou determinada diretamente pelo teor de nutrientes do material, mas pela relação do teor de carbono com o nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio (Figura 3). Na literatura, os trabalhos que relacionam o consumo de materiais pelos diplópodes, encontram relações diretas com estes nutrientes (LORANGER-MERCIRIS et al., 2008; KADAMANNAYA e SRIDHAR, 2009). Esta relação direta é esperada, pois a palatabilidade do material para os invertebrados saprófagos é dependente de sua composição química, onde os maiores teores de nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo favorecem seu consumo (WARREN e ZOU, 2002; GERLACH et al., 2012).

Correia e Oliveira (2005) afirmam que tal capacidade de seleção está relacionada diretamente à palatabilidade do material e, indiretamente, à sua qualidade nutricional. Estes autores verificaram que a serrapilheira de *Eucalyptus grandis* foi muito menos palatável para duas espécies de diplópodes (*Rhinocricus padbergi* e *Trigoniulus corallinus*) quando comparada a serrapilheira de *Mimosa caesalpiniiifolia*, conhecida vulgarmente como sabiá, uma leguminosa arbórea de elevada qualidade nutricional e rápida decomposição (CORREIA; ANDRADE, 1999). Em muitos casos, o animal morre de fome, mas não consome materiais que apresentem elevados teores de lignina ou polifenóis. Como a maior parte do C presente nos resíduos é de material recalcitrante, como lignina, cria-se maior resistência ao consumo (ZAHARAH; BAH, 1999). Com isso, o teor de carbono também é determinante para a taxa de consumo. A baixa relação C/N e C/P em folhas de *Leucaena* também foi associada a maior palatabilidade para diplópodes (WARREN; ZOU, 2002).

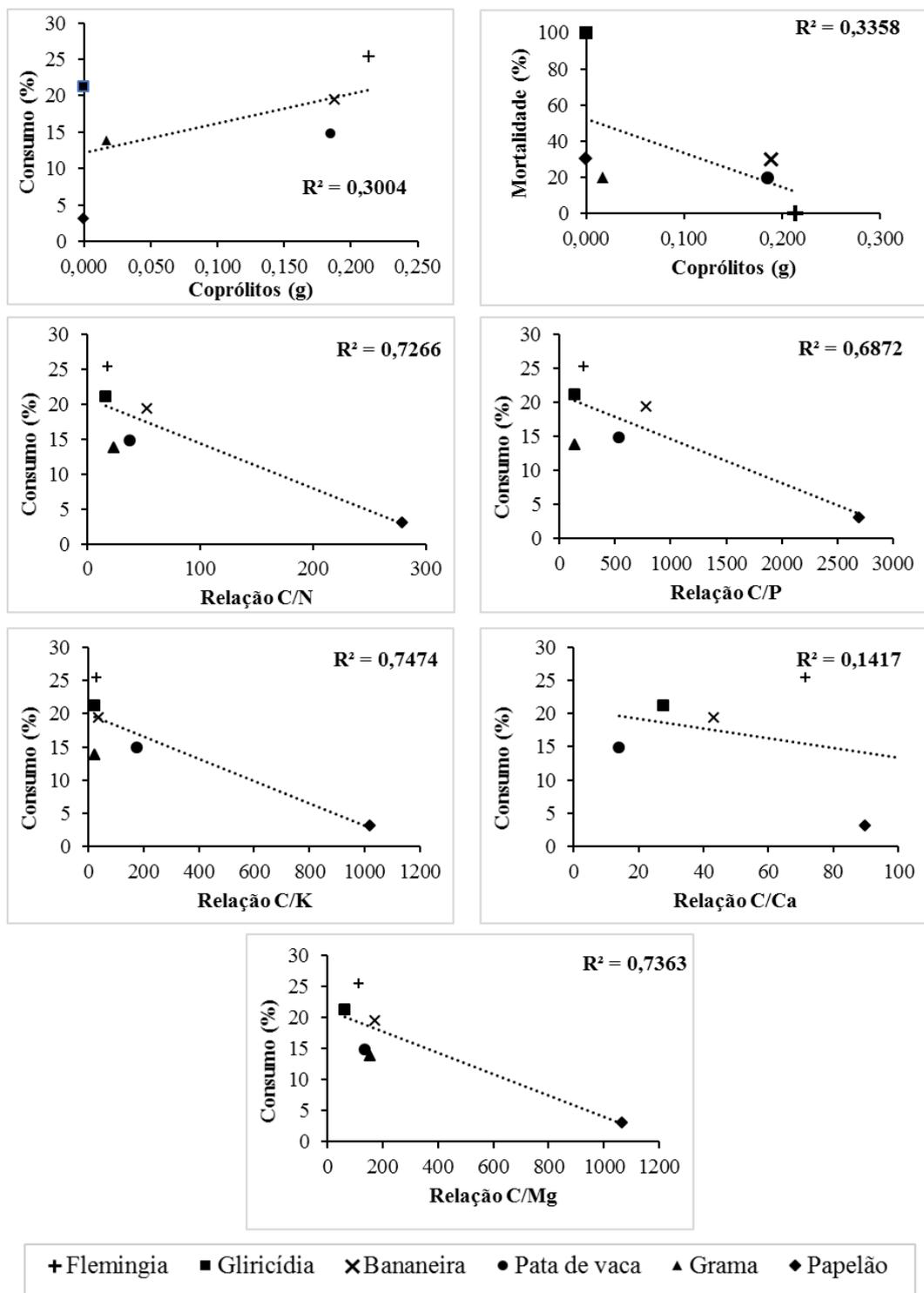


Figura 3. Análises de correlação e coeficientes de determinação para a proporção de materiais consumidos e quantidade de coprólitos gerados; mortalidade e proporção de materiais consumidos e a proporção de materiais consumidos e os teores de nutrientes analisados.

3.6 CONCLUSÕES

Os diplópodes *T. corallinus* são capazes de ingerir resíduos pobres em nutrientes, exibindo nitidamente as suas preferências alimentares por resíduos que contenham menores relação entre o carbono com os macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio, que são importantes para sua nutrição, constituição e manutenção metabólica. Embora a gliricídia tenha sido o segundo resíduo mais consumido pelos diplópodes, ela ocasionou a morte de todos indivíduos, por não serem capazes de identificar o composto tóxico presente nas suas folhas, morrendo após a ingestão.

Assim a produção de composto orgânico pelo *T. corallinus* é mais eficiente se utilizadas folhas de Flemingia (*Flemingia macrophylla*) e Bananeira (*Musa sp.*). Adicionalmente a utilização de folhas de Pata de Vaca (*Bauhinia sp.*) mostra-se com grande potencial para este fim. A partir deste estudo é possível delinear experimentos futuros com outros tipos de resíduos, solteiros ou combinados entre si, para aferirmos suas taxas de consumo pelo *T. corallinus*, motivado principalmente por sua capacidade de consumir materiais com elevada relação C/N, como o papelão.

4 CAPÍTULO II

PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE EM GONGOCOMPOSTOS GERADOS EM DIFERENTES TEMPOS DE GONGOCOMPOSTAGEM

4.1 RESUMO

O uso do gongocomposto é uma alternativa para produção de mudas de hortaliças com qualidade e baixo custo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de gongocompostos produzidos a partir de resíduos agrícolas e urbanos, submetidos a diferentes tempos de compostagem, através da atividade de diplópodes da espécie *Trigoniulus corallinus*, como substratos para a produção de mudas de alface crespa cultivar Vera. Dois experimentos foram realizados: o primeiro experimento foi conduzido em casa de vegetação, onde foram avaliados quatro substratos: Gongocomposto de 90 dias (T1); Gongocomposto de 125 dias (T2); Gongocomposto de 180 dias (T3) e Substrato SIPA (T4). Inicialmente foi realizada uma detalhada caracterização dos substratos, avaliando-se diversas características químicas e físicas. A produção das mudas de alface foi feita em bandejas de poliestireno expandido de 200 células cada. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados com quatro repetições. Aos 28 dias após a semeadura foram realizadas as avaliações de massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea, massa fresca de raízes, massa seca de raízes, número de folhas, altura de planta, vigor da muda e estabilidade do torrão. Dentre os gongocompostos avaliados, o substrato T1 apresentou concentrações baixas de sais, ocasionada pelo menor tempo de processamento dos resíduos utilizados na gongocompostagem, resultando em menores teores de macronutrientes em relação aos substratos T2 e T3, os quais se mostraram eficientes na produção de alface, contudo, o substrato T3 proporcionou a obtenção de mudas com maior produção de massa fresca e seca, altura, além de conferir maior estabilidade de torrão, de forma semelhante ao alcançado pelo substrato T4, tido como controle. O segundo experimento consistiu na caracterização química dos substratos acima descritos, após o armazenamento pelo período de três meses, com análises dos valores de pH, condutividade elétrica, macronutrientes e frações de nitrogênio orgânico, nítrico e amoniacal, além da produção das mudas de alface. A semeadura da alface foi feita em uma bandeja de 200 células dividida em quatro quadrantes com 50 células cada, que continham os quatro substratos a serem testados. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, sendo cada repetição constituída por oito plantas. Foram avaliados os parâmetros de massa fresca da parte aérea, massa fresca de raízes, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, número de folhas verdadeiras, altura das plantas, estabilidade do torrão e vigor de muda. O armazenamento pelo período de três meses proporcionou alterações nos valores de pH, condutividade elétrica e teores de macronutrientes, sendo que apenas os valores de condutividade elétrica ficaram acima do permitido pela legislação brasileira. O substrato T4 seguido pelo substrato T2, foram os que apresentaram melhores desenvolvimentos das mudas de alface.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L. Gongocompostagem. Propagação de hortaliças.

4.2 ABSTRACT

The use of the millicompost is an alternative for the production of seedlings of vegetables with quality and low cost. The objective of this work was to evaluate the efficiency of millicomposts produced from agricultural and urban residues, submitted to different composting times, through the activity of diplopods of the species *Trigoniulus corallinus*, as substrates for the production of seedlings of crisp lettuce cultivar Vera. Two experiments were carried out: the first experiment was conducted in a greenhouse, where four substrates were evaluated: millicompost of 90 days (T1); millicompost of 125 days (T2); millicompost of 180 days (T3) and SIPA substrate (T4). Initially a detailed characterization of the substrates was carried out, evaluating several chemical and physical characteristics. The production of the lettuce seedlings was done in trays of expanded polystyrene of 200 cells each. The experimental design was a randomized block design with four replicates. Twenty - eight days after sowing were evaluated the fresh shoot mass, dry shoot mass, fresh root mass, root dry mass, leaf number, plant height, seedling vigor and stability of clod. Among the millicomposts evaluated, the T1 substrate had low salt concentrations, due to the reduced processing time of the residues used in the millicomposting, resulting in lower macronutrient contents in relation to the substrates T2 and T3, which were efficient in lettuce production, however, the substrate T3 provided the production of seedlings with higher production of fresh and dry mass, height, besides conferring greater stability of clod, similar to that reached by the substrate T4, considered as control. The second experiment consisted in the chemical characterization of the substrates described above, after storage for three months, with analyzes of pH, electrical conductivity, macronutrients and fractions of organic, nitric and ammoniacal nitrogen, as well as the production of lettuce seedlings. Sowing of the lettuce was done in a tray of 200 cells divided into four quadrants with 50 cells each, which contained the four substrates to be tested. The design was completely randomized, with 4 replicates, each replicate consisting of eight plants. The parameters of fresh shoot mass, fresh root mass, dry shoot mass, dry mass of the roots, number of true leaves, height of the plants, stability of the clod and seedling vigor were evaluated. Storage for a period of three months allowed changes in pH, electrical conductivity and macronutrient contents, and only the electrical conductivity values were higher than allowed by Brazilian legislation. The substrate T4, followed by the substrate T2, presented the best development of the lettuce seedlings.

Keywords: *Lactuca sativa* L. Millicomposting. Vegetables propagation.

4.3 INTRODUÇÃO

A produção de mudas de qualidade é uma das principais etapas do sistema produtivo de hortaliças, determinante para o desempenho final das plantas no campo de produção e no valor comercial (MAIA et al., 2006; CERQUEIRA et al., 2015). Uma das maneiras de se atender a esta necessidade de mercado é por meio do uso de mudas produzidas com tecnologia específica, como a utilização de substratos orgânicos (LIMA et al., 2009).

As características do substrato são de fundamental importância no crescimento e desenvolvimento inicial da planta e na definição de seu potencial produtivo, pois neste há o fornecimento de nutrientes para a planta na dose apropriada (MAIA et al., 2006; SILVA et al., 2009; CERQUEIRA et al., 2015). A escolha do substrato deve ser feita levando em consideração as características físicas e químicas exigidas pela espécie a ser plantada, melhorando o acondicionamento do sistema radicular e o desenvolvimento da muda, e o seu custo de aquisição ou produção (STEFFEN et al., 2010; RODRIGUES et al., 2010; MEDEIROS et al., 2013; SILVA et al., 2013; COSTA et al., 2015). De forma geral, o substrato deve ser de baixa densidade, rico em nutrientes, ter uma composição química e física uniforme, elevada CTC, boas capacidades de retenção de água e de aeração (MAIA et al., 2006).

O aproveitamento de materiais de composição orgânica localmente disponíveis, como os subprodutos da produção agropecuária ou agroindustrial, constitui-se numa fonte de nutriente economicamente importante, por reduzir os custos decorrentes da aquisição de matérias-primas (CAMPANHARO et al., 2006; SILVA et al., 2009; SOUZA et al., 2013), além de dar um destino mais adequado para estes resíduos (COSTA et al., 2015). A tecnologia da compostagem se enquadra neste cenário, transformando resíduos vegetais e animais em matéria orgânica estável, por meio de processo promovido por uma variedade de organismos da fauna saprófaga e microrganismos (AMBARISH; SRIDHAR, 2013). Dentre estes organismos, as minhocas são eficientes na transformação de resíduos animais (OLIVEIRA et al., 2013), enquanto que diplópodes podem ser empregados em resíduos vegetais (ANTUNES et al., 2016).

As minhocas são os agentes promotores de compostagem mais conhecidos, sendo seu papel de estabilizador de resíduos considerado ideal (DORES-SILVA et al., 2013). Conhecido como vermicompostagem, é um método de baixo custo, simples e de alta eficiência (COTTA et al., 2015). A atividade destes organismos de ingerir materiais em decomposição, submetê-los a revolvimento e trituração em seu trato digestivo, onde há microrganismos decompositores associados, e excretar matéria orgânica humificada (GARG; YADAY, 2011), gera um composto com maior capacidade de troca de cátions, retenção de umidade e quantidades totais de N e P, intensificando os seus efeitos benéficos para as plantas (AQUINO et al., 1992; DORES-SILVA et al., 2013; COTTA et al., 2015).

Os diplópodes também desempenham importantes processos pedogenéticos na ciclagem de nutrientes do solo, de fragmentação e de transformação da matéria orgânica e na compostagem de resíduos de plantas (ANILKUMAR et al., 2012). Os gongolos transformam o material vegetal em péletes fecais, o que influencia em importantes propriedades físicas e químicas, na diminuição na relação carbono/nitrogênio e em seu posterior processo de decomposição (THAKUR et al., 2011; KARTHIGEYAN; ALAGESAN, 2011; ANILKUMAR et al., 2012). Visto como composto, possui importantes propriedades em termos nutricionais e da microflora (KANIA; KLAPEC, 2012). Uma espécie com grande potencial para este fim é o *Trigoniulus corallinus*, originário do sudeste asiático e é facilmente

encontrado nos ambientes agrícolas, devido à sua cor vermelha intensa (BIANCHI; CORREIA, 2007; SHELLEY et al., 2006).

O húmus de minhoca já é reconhecido pelo seu grande potencial para ser utilizado na formulação de substratos utilizados na produção de mudas em sistemas orgânicos de produção, principalmente pela facilidade de acesso à matéria-prima proveniente de atividades pecuárias (STEFFEN et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2013). Já os substratos formulados com resíduos provenientes da atividade de diplópodes são pouco conhecidos, entretanto também apresentam grande potencial para a produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) (ANTUNES et al., 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de gongocompostos produzidos a partir de resíduos agrícolas, sob diferentes tempos de compostagem pela atividade dos diplópodes *Trigoniulus corallinus*, como substratos para a produção de mudas de alface.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Produção dos gongocompostos

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA – “Fazendinha Agroecológica Km 47”), localizada em Seropédica, RJ, no período de 02 a 30 de maio de 2016. A altitude do local é de 33,0 m e o clima é classificado como Aw, com chuvas concentradas no período de novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5°C (CRUZ, 2005).

Os materiais utilizados como substratos foram os gongocompostos produzidos em diferentes tempos de gongocompostagem: T1-Gongocomposto de 90 dias; T2-Gongocomposto de 125 dias; T3-Gongocomposto de 180 dias e T4-SIPA (83% de vermicomposto + 15% de fino de carvão vegetal e 2% de torta de mamona, utilizando-se o critério volume/volume, conforme proposto por OLIVEIRA et al.,2011), utilizado como controle.

A produção dos gongocompostos iniciou-se em agosto de 2015 e foi finalizada em fevereiro de 2016. Estes compostos foram gerados a partir de resíduos orgânicos cujos processos foram mediados pela atividade de diplópodes da espécie *Trigoniulus corallinus*, em ambiente devidamente coberto e com suas laterais protegidas com tela do tipo sombrite, chamado de “gongolário” (Figura 4).



Figura 4. Vistas externa e interna do gongolário. Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2016.

Foram utilizados três anéis de concreto, com altura de 0,5 m e largura de 1 m, com capacidade para receber 500 litros de resíduos (Figura 5-A). Na primeira etapa, os resíduos foram quantificados e depositados no interior dos três anéis, a uma altura de aproximadamente 40 centímetros. A gongocompostagem foi estabelecida a partir da mistura de resíduos de *Bauhinia sp.* (folhas de pata-de-vaca), *Paspalum notatum* (aparas de grama), *Musa sp.* (folhas de bananeira) e aparas de papelão. A proporção dos materiais foi, respectivamente, de 200 litros, 150 litros, 100 litros e 50 litros. Em seguida foram molhados e misturados de forma a deixá-los bem homogêneos (Figura 5-B). Os teores de nutrientes dos resíduos seguem apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Relação C/N e teores dos macronutrientes presentes nos resíduos empregados na gongocompostagem.

Tratamento	Relação C/N	g Kg ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg
Pata de Vaca	39,62	12,80	0,90	2,75	34,52	3,59
Gramma	25,22	20,20	3,49	19,84	4,17	3,12
Banana	56,02	9,40	0,65	13,21	11,62	2,89
Papelão	291,04	1,90	0,20	0,52	5,89	0,50

Na segunda etapa, cada anel recebeu uma quantidade aproximada de 2,2 litros de gongolos, que equivale a uma população de aproximadamente 3.960 indivíduos adultos, coletados manualmente em canteiros de minhocultura, em composteiras e em gramado contendo aparas recentes (Figura 5-C). Estes anéis permaneceram cobertos com sombrite, cuja função foi impedir que os gongolos ali existentes fugissem ao subir pela parede do anel ou ainda impedir a entrada de algo indesejado nos anéis durante o processo de gongocompostagem (Figura 5-D).



Figura 5. A) Anel de concreto com adição de 500 litros de resíduos. B) Resíduos devidamente preparados para a gongocompostagem. C) Quantificação e adição dos gongolos nos anéis contendo os resíduos. D) Início do processo de gongocompostagem e proteção dos anéis. Imagem: Luiz Fernando de Sousa Antunes, 2015.

No decorrer de todo o processo de compostagem houve a necessidade de observar a umidade do material contido nos anéis, sendo que a manutenção desta umidade foi realizada com adição de água via regador, semanalmente ou quando necessário.

Os gongocompostos foram obtidos aos 90, 125 e 180 dias após iniciar-se todo processo supracitado. Concluída a gongocompostagem, os resíduos foram peneirados em malha de 2 mm e armazenados em sacos plásticos, que permaneceram congelados a fim de

paralisar a atividade biológica, sendo descongelados apenas na época específica para serem destinados à produção de mudas de hortaliças, como substrato.

4.4.2 Caracterização química e física dos gongocompostos

Para caracterizar os gongocompostos e o substrato SIPA quanto às suas características químicas, foram encaminhadas amostras de cada tratamento ao Laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia, para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, de acordo com a metodologia descrita por Embrapa (2005). A determinação do teor de carbono foi feita no analisador elementar (CHN), conhecido também como método de Dumas (NELSON e SOMMERS, 1996), que é baseado na oxidação das amostras em temperatura próximas de 1000 °C. As análises de pH foram realizadas em solução de água destilada (5:1 v/v) e a condutividade elétrica foi determinada no mesmo extrato aquoso obtido para a medição do pH, de acordo com o método descrito por MAPA (2007). Cabe ressaltar que foram feitas três repetições para todos os parâmetros avaliados.

Foi realizada também a caracterização das formas de N presentes nos substratos: N-amônio, N-nítrico e N-orgânico. Foram utilizados vinte gramas de cada substrato avaliado, que foram submetidos à extração com 60 mL de K_2SO_4 2 mols L^{-1} após uma hora em um agitador rotativo a 220 rpm. O sobrenadante foi filtrado e as concentrações de NO_3^- e NH_4^+ foram determinadas na solução resultante por espectrometria UV. Para a determinação de NO_3^- , foram utilizados os procedimentos descritos por Miyazawa et al. (1985), mas utilizando apenas os comprimentos de onda 220 e 275 nm. A absorvância a 275 nm foi multiplicada por dois e depois subtraída da absorvância a 220 nm para determinar a absorvância de NO_3^- , como descrito por Olsen (2008). Para a determinação de NH_4^+ , utilizou-se o procedimento de salicilato-hipoclorito (KEMPERS; ZWEERS, 1986). A obtenção do valor de N-orgânico dos substratos foi feita por diferença, subtraindo-se os somatórios das frações percentuais de N-amônio e N-nitrato de cada substrato de seus respectivos N totais (100%).

A condutividade elétrica e o pH dos torrões foram analisados semanalmente (aos sete, 14, 21 e 25 dias após semeadura), consistindo na retirada de quatro células ao acaso, por unidade experimental. Os teores dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg foram avaliados após 25 dias da semeadura, coletando oito torrões ao acaso, por unidade experimental. Para todos estes parâmetros, as plantas e raízes foram separadas dos substratos, que foram acondicionados em coletores universais e em seguida, encaminhadas ao laboratório para análise.

Quanto às características físicas, foram determinados os valores de densidade aparente, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, bem como a capacidade de retenção de água foram realizadas através da metodologia adaptada de Silva (1998) e MAPA (2008). Utilizaram-se cilindros de alumínio com capacidade volumétrica de 100 cm^3 , os quais têm a abertura inferior fechada com TNT. Os cilindros foram mantidos em drenagem com o fundo em contato com folha de papel mata borrão (Figura 6), cujo tamanho dos poros possui diâmetro $\leq 0,0025$ cm (2,5 microns), além disso, cuidou-se para que não houvesse ar aprisionado entre o papel mata-borrão e o sistema abaixo, permanecendo por 24 horas, em nível de sucção correspondente a 60 cm de altura de coluna d'água (tensão de 0,06 bar). Em seguida, os cilindros com os substratos drenados foram transferidos para estufa à 105 °C e após 48 horas foram pesados. Para determinar os atributos físicos, utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$\text{Densidade aparente do substrato (g.cm}^{-3}\text{)} = \frac{D - E}{C}$$

$$\text{Macroporosidade}(\%) = \left[\frac{(A - B)}{C} \right] \times 100$$

$$\text{Microporosidade}(\%) = \left[\frac{(B - D - E)}{C} \right] \times 100$$

$$\text{Porosidade Total}(\%) = \text{Macroporosidade} + \text{Microporosidade}$$

$$\text{Capacidade máxima de retenção de água (mL.50cm}^{-3}\text{)} = B - D - E$$

Em que A = peso do substrato encharcado; B = peso do substrato drenado; C = volume do contêiner; D = peso do substrato seco; E = peso do contêiner.



Figura 6. Cilindros contendo os substratos, mantidos em água por 24 horas para saturação completa e posterior colocação na mesa de tensão por 24 horas a 60 cm de altura d'água. Imagem: Luiz Fernando de Sousa Antunes, 2016.

4.4.3 Produção e avaliação das mudas de alface desenvolvidas nos diferentes substratos

A produção das mudas de alface foi realizada por meio de semeadura feita bandejas de poliestireno expandido com 200 células, utilizando duas sementes peletizadas por célula, de alface crespa cultivar Vera, efetuando-se o desbaste após nove dias, deixando uma planta por célula. Aos 28 dias após a semeadura, retirou-se ao acaso, dez mudas de alface por unidade experimental (Figura 7), para avaliar os seguintes parâmetros: vigor da muda (VM), estabilidade do torrão (ET), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raízes (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), número de folhas verdadeiras (NF) e altura das plantas (AP), que compreende o ponto de inserção da raiz até o ápice foliar.

O vigor das mudas (VM) é uma metodologia adaptada de Franzin et al. (2005), que classifica como nota 1: ótimo vigor, acima de 5 folhas, altura maior que 5 cm; nota 2: vigor bom, 4 a 5 folhas, altura maior que 5 cm com amarelado não proeminente; nota 3: amarelecimento notório, 4 a 5 folhas, tamanho até 5 cm, porém com deficiência nutricional bem destacada; nota 4: deficiência nutricional, problemas na altura, número de folhas reduzido. A estabilidade do torrão (ET) é uma metodologia adaptada de Gruszynski (2002), que classifica como nota 1: 50% ou mais do torrão fica retido no recipiente na retirada da muda; nota 2: 30 a 50% do torrão fica retido no recipiente na retirada da muda; nota 3: torrão

destaca-se do recipiente, porém não permanece coeso; nota 4: o torrão é destacado completamente do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso.

Para a determinação da massa seca, a parte aérea e as raízes das plantas foram acondicionadas separadamente em sacos de papel e mantidas em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C por 72 horas.

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, onde foram avaliados quatro tratamentos. Para a análise dos dados foram feitas avaliações da homogeneidade das variâncias dos erros pelo Teste de Bartlett e da normalidade pelo Teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e posteriormente submetidos ao teste de médias de Scott-Knott ($\leq 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).



Figura 7. Mudas de alface crespa desenvolvidas em bandejas de 200 células com os diferentes substratos avaliados. Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2016.

4.4.4 Armazenamento dos gongocompostos e substrato SIPA

Os substratos foram descongelados e mantidos sob armazenamento pelo período de três meses (02 de maio a 15 de agosto) em embalagens plásticas lacradas com cerca de dois litros, em uma sala sem nenhum controle específico, tentando aproximar a situação real dos estabelecimentos comerciais.

Após o armazenamento foram retiradas amostras dos substratos para a realização das análises dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), pH, condutividade elétrica e caracterização das formas de N presentes nos substratos, de acordo com as metodologias descritas no item 4.4.2 desta dissertação.

4.4.5 Produção e avaliação das mudas de alface desenvolvidas nos substratos armazenados por três meses

A produção das mudas de alface nos substratos armazenados compreendeu o período de 15 de agosto a 09 de setembro de 2016. Para tal, foi realizada a divisão de uma bandeja de poliestireno expandido de 200 células em quatro quadrantes, cada qual com 50 células, onde foram adicionados os substratos supracitados e procedeu-se a sementeira de alface crespa cultivar Vera, utilizando-se duas sementes peletizadas por célula (Figura 8). O desbaste

ocorreu após nove dias da semeadura, deixando apenas uma planta por célula. A divisão da bandeja em quatro quadrantes, para compor todos tratamentos e repetições foi necessária diante do pouco material disponível, que foi dividido para a execução de todas as etapas descritas. Aos 25 dias após a semeadura, retirou-se ao acaso, oito mudas de alface (Figura 9) para avaliação dos mesmos parâmetros descritos com suas respectivas metodologias, no item 4.4.3 desta dissertação.

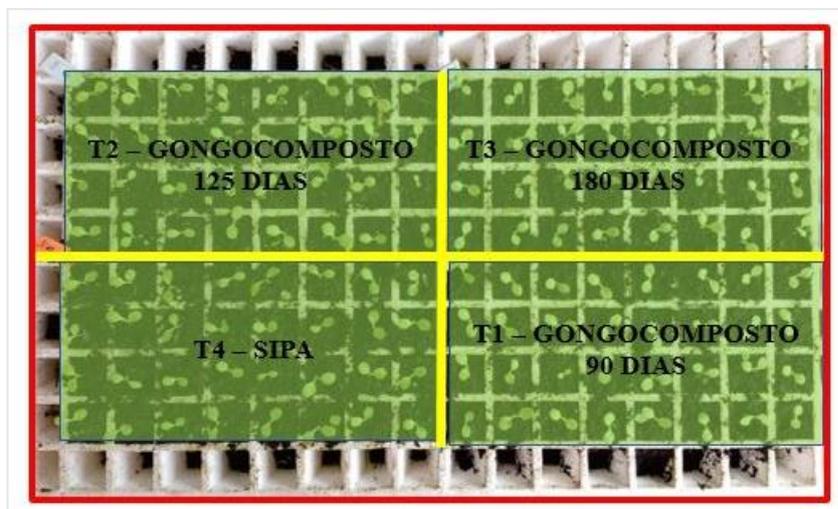


Figura 8. Bandeja de poliestireno expandido de 200 células semeada com alface nos quatro substratos testados. Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2016.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, sendo cada repetição constituída por oito plantas. Para a análise dos dados foram feitas avaliações da homogeneidade das variâncias dos erros pelo Teste de Bartlett e da normalidade pelo Teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram submetidos à análise de variância, com a aplicação do teste F e posteriormente submetidos ao teste de médias de Scott-Knott ($\leq 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

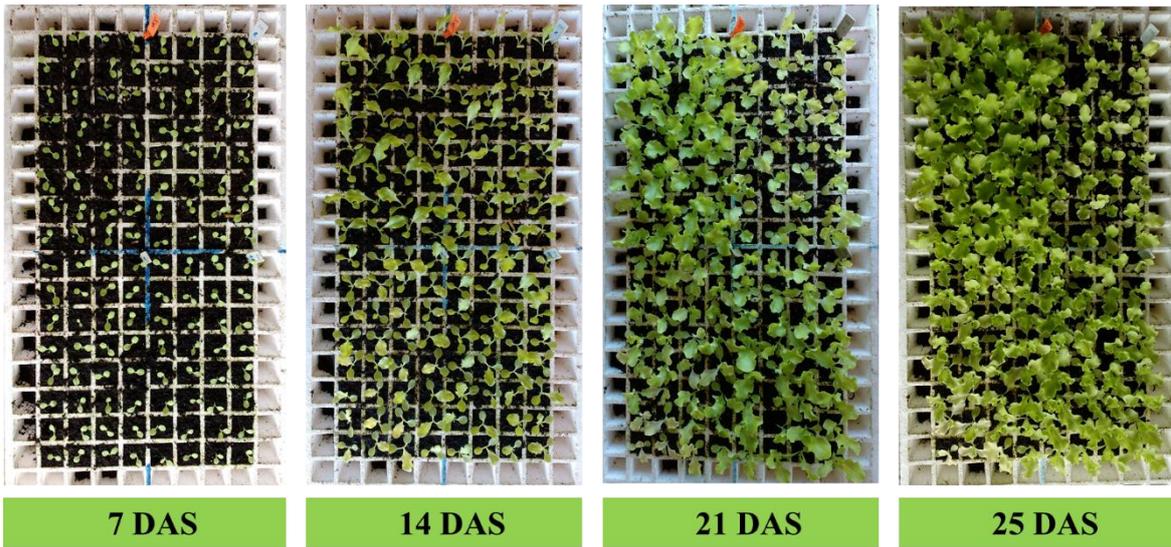


Figura 9. Evolução das mudas de alface nos quatro substratos avaliados. Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2016.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Desenvolvimento e avaliação das mudas de alface produzidas nos diferentes substratos

Houve diferenças significativas em todos os parâmetros avaliados neste trabalho. Somente o resultado de massa fresca de parte aérea das mudas produzidas no substrato T1 diferiu estatisticamente e foi inferior aos demais substratos (Figura 10), com peso de massa fresca de parte aérea 431,85% menor em relação ao substrato T4, utilizado como controle. Apesar dos substratos T2, T3 e T4 não terem diferido estatisticamente entre si, o substrato T4 apresentou massa fresca de parte aérea 1,95% menor em relação ao substrato T3. O resultado de massa seca de parte aérea (Figura 10) seguiu a mesma tendência da massa fresca de parte aérea, sendo que apenas o substrato T1 apresentou diferença estatística, sendo inferior aos substratos T2, T3 e T4.

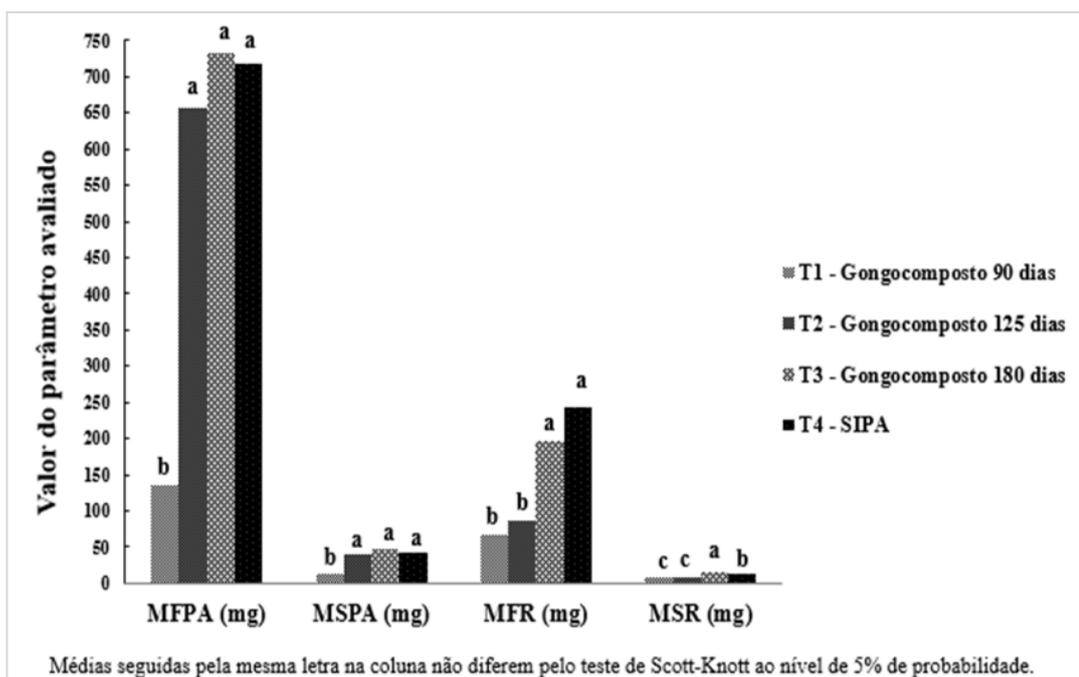


Figura 10. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca das raízes (MFR) e massa seca das raízes (MSR) de mudas de alface crespa cv. Vera, cultivadas em quatro diferentes substratos, aos 28 dias após a semeadura.

Furlan et al. (2007) observaram a melhor formação de mudas de couve em substratos alternativos quando comparados aos substratos comerciais, com maior acúmulo de massa seca da parte aérea, e massa seca da raiz, destacando a maior eficiência das misturas de vermicomposto, casca de arroz carbonizado e pó de rocha como substrato, proporcionando maiores crescimentos. Anilkumar et al. (2012) produzindo pimenta em vasos, comparando vermicomposto e gongocomposto gerados aos 60 dias, obtiveram os melhores parâmetros de altura de plantas, número de folhas, área foliar, número e peso de frutos no gongocomposto.

Para os parâmetros de massa fresca e seca de raízes, os substratos T1 e T2 foram estatisticamente iguais entre si, porém com médias inferiores em relação aos substratos T3 e T4 que diferiram estatisticamente destes (Figura 10). Essas variações podem ser atribuídas às características físicas e químicas dos substratos, as quais interferiram no desenvolvimento

radicular das mudas durante a fase de cultivo protegido. Mesmo não havendo diferenças estatísticas entre as médias da massa fresca de raízes do substrato T3 e T4, o peso médio foi 23,46% menor para o substrato T3 em relação ao substrato T4. Segundo Santos e Carlesso (1988), o déficit hídrico é capaz de estimular a expansão do sistema radicular em busca de zonas mais úmidas. Possivelmente, a menor capacidade de retenção de água do substrato T4 (Tabela 6) estimulou a expansão radicular, proporcionando esta diferença. Ferraz et al. (2005) relatam que o substrato exerce uma influência marcante sobre o sistema radicular, principalmente no que tange à quantidade e tamanho das partículas, que definem a aeração e a retenção de água necessários ao crescimento das raízes. Desta forma o menor peso de massa fresca de raiz no substrato T3 justifica-se pelo fato deste apresentar capacidade de retenção de água 34,90% maior em relação ao substrato T4 (Tabela 6), contribuindo de forma eficiente para o desenvolvimento das mudas.

O substrato T1 apresentou valores médios estatisticamente inferiores aos demais substratos para o número de folhas, altura de plantas, vigor de muda e estabilidade do torrão (Tabela 4), atribuindo-se estes resultados às características químicas deste substrato (Tabela 5). Os substratos T2, T3 e T4 seguiram a mesma tendência nos valores médios de número de folhas e vigor de muda, sendo apenas a altura de planta superior para o substrato T3 (Figura 11) em relação aos substratos T4 e T2, embora não tenham apresentado diferenças estatísticas. É possível notar que a melhor estabilidade do torrão foi proporcionada pelos substratos T3 e T4 (Tabela 4), que diferiram estatisticamente entre si e os demais. Os substratos T1 e T2 foram semelhantes e não diferiram entre si, porém foram inferiores aos substratos T3 e T4, com notas de estabilidade de torrão próximas de 1, o que resultou em 50% ou mais do torrão retido no recipiente quando retiraram-se as mudas. Tal fato pode ser atribuído a constituição das partículas destes substratos, que mantém ainda preservadas a estrutura dos péletes fecais dos gongolos, o que pode ter proporcionado uma menor adesão das raízes nos substratos T1 e T2 (Tabela 4). Entretanto o substrato T2 foi capaz de gerar mudas de vigor semelhante aos substratos T3 e T4, demonstrando sua ótima capacidade no fornecimento de nutrientes (Tabela 5), água e aeração às mudas (Tabela 6). Para o transplântio a campo, mudas com melhores estabilidade do torrão refletem na formação de estandes uniformes e taxas de pegamento superiores, diminuindo ou tornando nula a taxa de replântio.

Tabela 4. Valores médios de número de folhas por planta (NF), altura de planta (AP), vigor de muda (VM) e estabilidade do torrão (ET).

Substratos	NF	AP (cm)	VM	ET
T1-Gongocomposto 90 dias	3,28 b	3,25 b	3,38 a	1,43 c
T2-Gongocomposto 125 dias	4,75 a	6,87 a	1,08 b	1,33 c
T3-Gongocomposto 180 dias	4,48 a	8,62 a	1,23 b	3,03 b
T4-SIPA	4,60 a	7,63 a	1,12 b	3,77 a
CV%	6,29	23,41	19,42	17,65

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade



Figura 11. Detalhes da altura das mudas de alface cv. Vera aos 28 dias após a semeadura. No lado esquerdo a muda formada no substrato T4 e ao lado direito a muda formada no substrato T3. Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2016.

Valores inadequados de pH afetam a disponibilidade de nutrientes às plantas cultivadas. Para substratos com valores de pH abaixo de 5,0 pode ocorrer a deficiência de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e boro, enquanto que em valores de pH acima de 6,5 são esperadas deficiências de fósforo, ferro, manganês, zinco e cobre (KRATZ, 2011).

O substrato T1 apresentou pH 8,34 (Tabela 5), provocando nítidos prejuízos no desenvolvimento das plântulas de alface, observados a partir do sétimo dia, o que resultou em mudas de qualidade inferiores aos 28 dias após a semeadura. Ferraz et al. (2005) relatam que em valores de pH 6,0 a 7,0 ocorrem a adequada disponibilidade de nutrientes nos substratos minerais comerciais, já para os substratos orgânicos esse valor varia de 5,2 a 5,5, sendo ideal a faixa de pH de 5,5 a 6,5. Os valores de pH foram acima da faixa ideal para todos os substratos, sendo que para os substratos T2, T3 e T4, o pH variou de 7,01 a 7,69 (Tabela 5), porém estes valores não foram capazes de causar prejuízos no desenvolvimento e qualidade das mudas de alface e corroboram com Costa (2014), onde relata que a alface é uma espécie adaptada a solos alcalinos, tolerando pH de 6,5 a 7,5. Provavelmente o pH mais elevado, que tornou desfavorável o substrato T1 em relação aos demais, foi resultado da menor presença de N-nitrato (Figura 14) quando comparado aos substratos de mesmo processo de obtenção, T2 e T3. Leal et al. (2013) relataram que a redução do pH na compostagem ocorre devido a acidificação induzida pela transformação de N-amônio em N-nitrato, confirmando os resultados aqui apresentados, onde pode ser observado a queda no valor de pH nos substratos T2 e T3 (Tabela 5) de forma significativa, devido ao aumento nos níveis de N-nitrato presentes nestes substratos (Figura 14).

Tabela 5. Análises do potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), relação C/N, conteúdo de carbono total e macronutrientes totais dos substratos avaliados na produção de mudas de alface crespa cv. Vera

Substratos	pH	CE dS m ⁻¹	Relação C/N	C _{total} g Kg ⁻¹	N _{total}	P _{total}	K _{total}	Ca _{total}	Mg _{total}
					----- mg L ⁻¹ -----				
T1 - Gongocomposto 90 dias	8,34 a	0,65 c	18,98 a	379 a	9133 c	617 d	2970 d	12872 c	2215 c
T2 - Gongocomposto 125 dias	7,69 b	1,39 b	16,51 b	357 b	10994 b	801 c	3724 b	16125 b	2727 b
T3- Gongocomposto 180 dias	7,46 b	1,62 b	15,05 c	352 b	10694 b	996 b	3341 c	16868 a	2766 b
T4 -SIPA	7,01 c	2,66 a	16,65 b	276 c	11996 a	3922 a	5931 a	10549 d	5059 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A Figura 12 mostra os resultados do monitoramento semanal do pH para os substratos utilizados na produção das mudas de alface, durante os 28 dias de desenvolvimento em casa de vegetação e revelam a elevação nos valores de pH para todos os substratos a partir do sétimo dia. Pode ser observado que a elevação de pH no substrato T3 ultrapassou o substrato T2 a partir dos 14 dias, se mantendo em elevação até os 21 dias, quando então os substratos T1, T2 e T3 apresentaram declínios em seus respectivos valores de pH, divergindo do substrato T4, que se manteve crescente durante todo o período. Estas mudanças no pH são devidas as alterações na excreção de H⁺ que, por sua vez, são decorrentes do desequilíbrio na absorção de cátions e ânions. Na Figura 14 estão representadas as frações de N presentes nos substratos, sendo observado que os maiores percentuais de N-nitrato estão presentes nos substratos T2, T3 e T4, explicando assim o aumento nos valores de pH, corroborando com Costa (2014), que descreve que a forma como o nitrogênio é fornecido às plantas acaba sendo, em parte, o responsável pela diferença entre o pH da rizosfera e o do solo - neste caso o pH do substrato. Se o nitrogênio for fornecido na forma NH₄⁺, gerará um decréscimo no pH da rizosfera, provocado pelo efluxo de H⁺ (saída de H⁺ da célula), porém se for fornecido na forma de NO₃⁻, levará a um aumento do pH da rizosfera devido ao influxo de H⁺ (entrada de H⁺ na célula).

A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais na solução e fornece um parâmetro da estimativa de salinidade nos substratos. Os valores de CE entre 2,0 a 4,0 dS m⁻¹ são considerados altos para substratos, valores de 1,0 a 2,0 dS m⁻¹ são normais e menores que 1,0 dS m⁻¹ são considerados baixos (ARAÚJO NETO et al., 2009). Portanto, apenas os substratos T2 e T3 apresentaram concentrações normais de salinidade (Tabela 5), já o substrato T4 apresentou concentração alta, possivelmente pela adição de torta de mamona em sua formulação. O substrato T1 apresentou concentrações baixas de sais, isso foi ocasionado pelo menor tempo de processamento dos resíduos utilizados na compostagem pelos gongolos, resultando em valores menores de macronutrientes em relação aos substratos T2 e T3. A obtenção dos substratos T2 e T3 aos 125 e 180 dias, respectivamente, mostram a elevação da CE, diminuição da relação C/N e C orgânico, resultado da mineralização e disponibilização dos nutrientes, promovida pela atividade biológica presente nos péletes fecais e associativas aos gongocompostos (Tabela 5). Anilkumar et al. (2012) avaliando a diferença entre o vermicomposto e gongocomposto na produção de pimenta em vasos, verificaram um aumento de 27,40% na CE do gongocomposto com 60 dias em relação ao de 30 dias, decorrente da elevação nos níveis nutricionais do gongocomposto, corroborando com os resultados aqui apresentados.

A Figura 13 mostra os valores de condutividade elétrica aferidos semanalmente nos substratos, durante os 28 dias de desenvolvimento das mudas em casa de vegetação. Este

monitoramento semanal gerou informações relevantes sobre a capacidade de retenção dos nutrientes nestes substratos, que diante da irrigação diária podem sofrer lixiviação. Como mencionado anteriormente, os substratos orgânicos apresentam ciclos de mobilização e mineralização do N, decorrente da atividade biológica neles presente. É possível notar que houve uma queda severa nos valores da condutividade elétrica do substrato T4 até sétimo dia. Apesar de ter havido queda nos valores da condutividade elétrica nos demais substratos, ela foi menor quando comparada ao substrato T4, tido como controle. Possivelmente a rápida mineralização da torta de mamona adicionada no substrato T4 e posterior lixiviação levou a este decréscimo. A partir dos 14 dias ocorreu uma elevação nos valores da condutividade elétrica nos substratos T1, T2 e T3 (gongocompostos) com decréscimos a partir dos 21 dias, inclusive para o substrato T4, possivelmente por conta da demanda nutricional pelas mudas de alface. De certa maneira, mesmo todos substratos sendo de origem orgânica, os substratos T1, T2 e T3 (gongocompostos), mostraram-se capazes de manter os níveis de condutividade elétrica mais estáveis em relação ao substrato T4, ou seja, foram capazes de reter e disponibilizar nutrientes às mudas de alface liberando-os gradualmente.

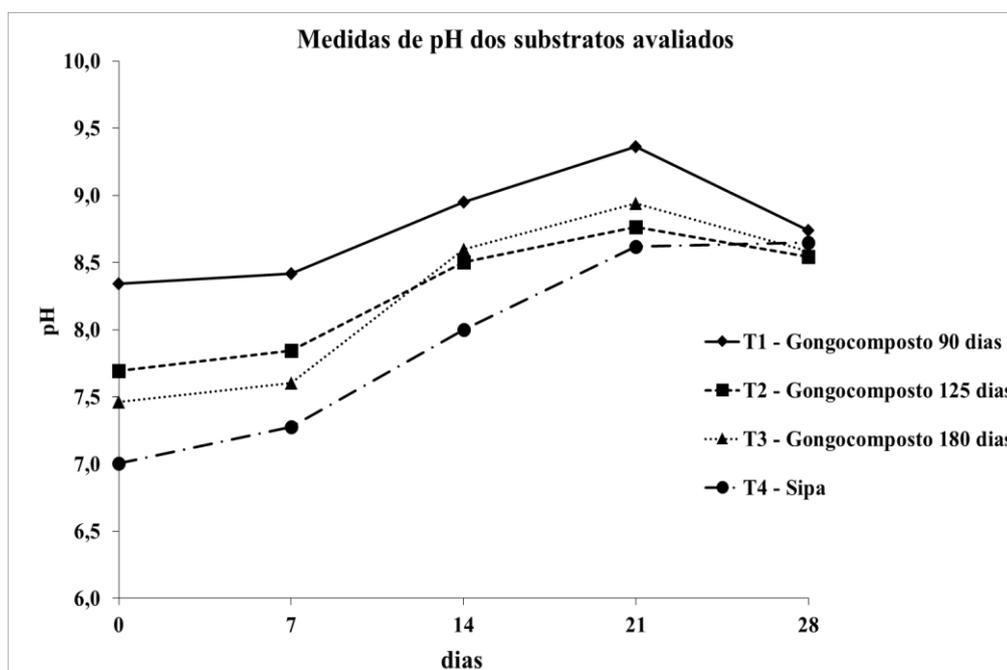


Figura 12. Valores semanais de pH dos substratos testados na produção de mudas de alface cresspa cv. Vera.

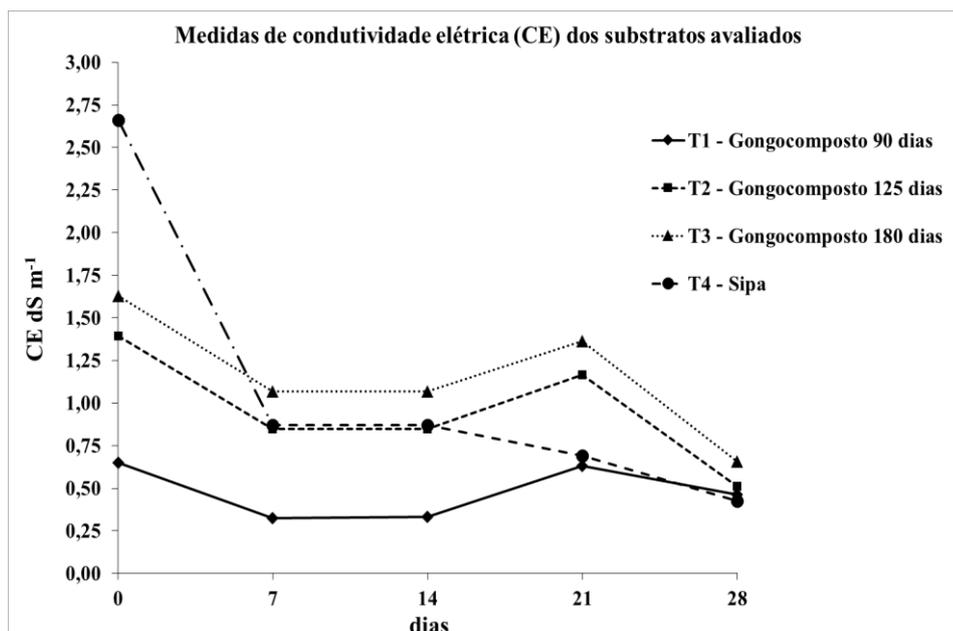


Figura 13. Valores semanais de condutividade elétrica dos substratos testados na produção de mudas de alface crespa cv. Vera.

Schmitz et al. (2002) assumindo que 50 a 60% da matéria orgânica é constituída por carbono, estabeleceram que os teores ideais de carbono orgânico para substratos usados em recipientes devem ficar acima de 25%, desta maneira, todos os substratos utilizados neste trabalho se enquadram, variando seus teores de 27,6 a 37,9% (Tabela 5). Ainda na Tabela 5, é possível notar que os substratos T1, T2 e T3 (gongocompostos) apresentaram valores de relação C/N e C_{total} decrescentes e aumentos nos teores de macronutrientes, respectivamente, de acordo com o tempo de obtenção do substrato. Estes resultados corroboram com os encontrados por Anilkumar et al. (2012), que verificaram decréscimos na relação C/N, C_{total} e aumento nos teores de N, P, K e Ca para o gongocomposto produzido aos 60 dias. Antunes et al. (2016) também observaram o enriquecimento nutricional do gongocomposto com cálcio, magnésio, sendo eficaz na produção de mudas de alface Regina 2000.

A relação C/N é um parâmetro importante para caracterizar o substrato, pois indica a forma como os materiais orgânicos se encontram no final do processo de compostagem (DA ROS et al., 2015). A instrução normativa nº 25 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009) destaca que a relação C/N não pode ultrapassar a 20 e o teor de nitrogênio total deve ser no mínimo de $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ para compostos orgânicos. Desta maneira, todos os substratos utilizados neste trabalho atendem as exigências desta instrução normativa. A menor relação C/N dos substratos T2, T3 e T4 (Tabela 5) promoveu uma maior disponibilidade de N mineral (Figura 14), proveniente da mineralização do N orgânico que, segundo Pereira (2013), apresenta relação inversa entre a relação C/N e a disponibilidade de nitrogênio no substrato. Resultados semelhantes foram observados por Da Ros et al. (2015), que avaliaram a germinação, o crescimento e a qualidade de mudas de *E.dunnii* e *C. trichotoma* em diferentes substratos provenientes da compostagem de resíduos orgânicos, encontrando o maior crescimento das mudas nos substratos de menor relação C/N (18,6 a 29,3).

O nitrogênio é um elemento essencial às plantas cuja falta afeta diretamente na formação de raízes, no processo de fotossíntese, na produção e translocação de foto assimilados e na taxa de crescimento entre folhas e raízes, sendo o crescimento foliar primeiramente afetado (TAÍZ; ZIEGER, 2004). Os substratos apresentaram teores totais de N

muito parecidos entre si, porém as proporções de N disponível foram muito diferentes, principalmente em relação ao substrato T4, que teve proporção de N-amônio + N-nitrato muito superior aos demais tratamentos (Figura 14). O substrato T1 apresentou 99% de seu N na forma orgânica, que não está disponível às plantas, o que pode explicar, aliado ao pH elevado, o reduzido desenvolvimento inicial das mudas proporcionado por este tratamento.

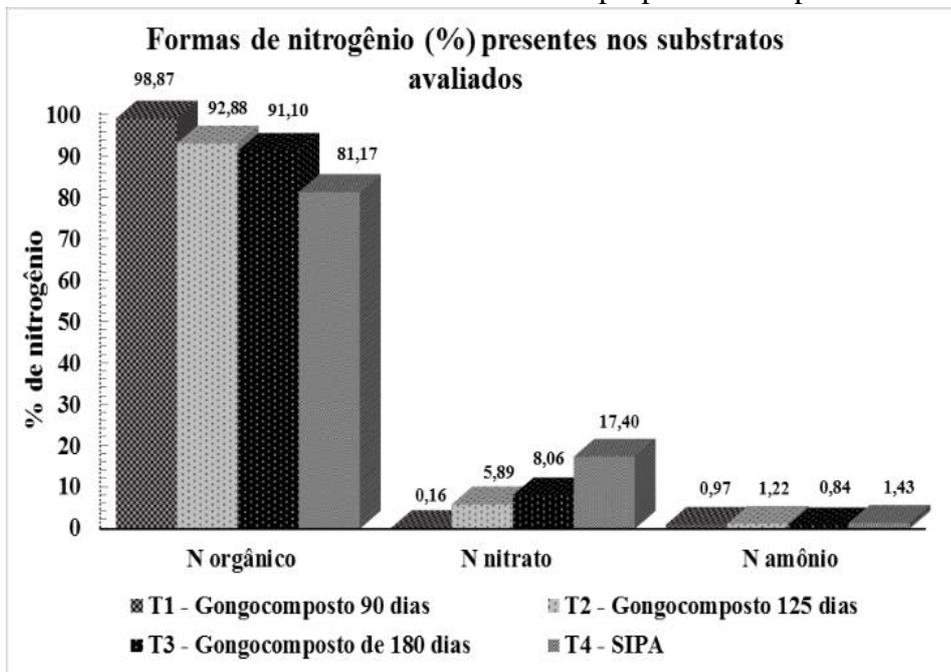


Figura 14. Formas de nitrogênio (%) presentes nos substratos utilizados para produção de mudas de alface crespa cv. Vera.

Gonçalves e Poggiani (1996) estabeleceram escalas de valores para a interpretação das características químicas de substratos, tais como os níveis adequados de macronutrientes. A concentração de fósforo considerada adequada varia de 400 a 800 mg L⁻¹, porém ficou acima do estabelecido apenas para os substratos T3 e T4 (Tabela 5). Para potássio considera-se adequado níveis entre 1173 a 3910 mg L⁻¹ e apenas o substrato T4 ficou acima dos níveis estabelecidos (Tabela 5). Os níveis de cálcio ficaram acima dos níveis considerados adequados (2004 a 4008 mg L⁻¹) para todos substratos, principalmente para os substratos T2 e T3 (Tabela 5). Essa diferença significativamente maior nestes substratos é decorrência da baixa sobrevivência dos gongolos até o final do processo de gongocompostagem, o que promoveu a incorporação dos nutrientes encontrados em seus corpos para o composto, principalmente de cálcio. Todos os substratos também apresentaram níveis acima do adequado para magnésio (607 a 1215 mg L⁻¹), sendo que o substrato T4 (Tabela 5) foi superior aos demais substratos. Essa superioridade nos valores de N, P, K e Mg no substrato T4 é atribuída ao esterco bovino, matéria-prima para a vermicompostagem, mais rica em nutrientes. Contudo, os substratos T1, T2 e T3 (gongocompostos), atendem ou superam as faixas adequadas estabelecidas pelos autores supracitados, o que demonstra serem eficazes no fornecimento de nutrientes às plantas.

A Tabela 6 apresenta as características físicas que foram avaliadas nos substratos utilizados neste experimento. A densidade de um substrato é importante para auxiliar na interpretação de outras características, tais como porosidade, espaço de aeração e disponibilidade de água (FERMINO, 2003). Considera-se como referência para substratos utilizados em bandejas, valores de densidade entre 100 e 300 kg m⁻³; para vasos de até 15 cm de altura, de 250 a 400 Kg m⁻³; para vasos de 20 a 30 cm, de 300 a 500 Kg m⁻³; para vasos

maiores, de 500 a 800 Kg m⁻³ (FERMINO, 2002). Desta maneira, os substratos T1, T2 e T3 (gongocompostos) atendem a este referencial para uso em bandejas, sendo que apenas o substrato T4 apresentou densidade aparente acima do referencial proposto, possivelmente por conta da adição de fino de carvão na formulação deste substrato. A densidade é uma importante propriedade para o manejo, além de influenciar nos custos de transporte, manipulação e infraestrutura necessária para sua utilização (FERNANDES; CORÁ; BRAZ, 2006).

Tabela 6. Análises físicas dos substratos avaliados: densidade aparente, densidade da partícula, percentual de porosidade total, percentual de microporosidade, percentual de macroporosidade e capacidade de retenção de água à tensão de 10 cm (CRA10 cm).

Substratos	Densidade aparente kg m ⁻³	Porosidade			CRA _{10 cm} mL 50 cm ⁻³
		Total	Micro %	Macro	
T1 - Gongocomposto 90 dias	240 c	80,00 b	50,09 b	30,17 a	25,04 b
T2 - Gongocomposto 125 dias	320 b	80,26 b	50,74 b	29,26 a	25,37 b
T3- Gongocomposto 180 dias	220 d	89,59 a	64,97 a	24,63 b	32,48 a
T4 -SIPA	370 a	76,47 c	48,16 c	28,31 a	24,08 c

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Conforme os valores indicados como adequados para porosidade total por Gonçalves e Poggiani (1996), os substratos T1, T2 e T4 são considerados adequados (Tabela 6), estando estes na faixa de 75 a 85%. Embora o substrato T3 tenha apresentado porosidade total superior aos demais substratos, ele atende a recomendação de Carrijo et al. (2002), estando acima de 85% (Tabela 6). A porosidade total, segundo Kämpf (2005), é de fundamental importância para o crescimento das plantas, visto que a alta concentração de raízes formadas nos recipientes exige elevado fornecimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico formado.

Quanto à microporosidade, os substratos T1, T2 e T4 apresentaram microporosidade entre 45 - 55% (Tabela 6), faixa considerada adequada segundo a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996). Embora o substrato T3 tenha ficado acima da faixa considerada adequada, com 64,97% de microporosidade, não apresentou problemas no desenvolvimento das mudas de alface. Anilkumar et al., (2012) ao avaliarem a eficiência da conversão de resíduos orgânicos de flores por gongolos, atribuíram a maior umidade em gongocompostos devido a compactação dos péletes fecais quando comparado aos resíduos compostados sem gongolos.

Quanto à macroporosidade, Gonçalves e Poggiani (1996) consideram a faixa de 35-45% como sendo os níveis adequados. No entanto, todos os substratos apresentaram macroporosidade variando de 28,31 a 30,17% (Tabela 6), considerados níveis médios pelos mesmos autores. Pode-se observar que a macroporosidade dos substratos T1, T2 e T3 (gongocompostos) diminuíram à medida em que se prolongou o tempo de processamento destes substratos. O substrato T3 por ser obtido com 180 dias não apresenta mais as estruturas dos péletes fecais como as que são observadas nos substratos T1 e T2, de 90 e 125 dias, respectivamente. Isso se deve a atividade biológica que vai se associando no decorrer do processo de gongocompostagem (isópodes e microrganismos), a qual vai promovendo a fragmentação destas estruturas, tornando assim o substrato T3 mais pulverizado, o que resulta em menores níveis de macroporos em relação aos substratos T1 e T2.

A capacidade de retenção de água de um substrato exerce papel fundamental no fornecimento de água às plantas. Gonçalves e Poggiani (1996) consideram como níveis adequados de capacidade de retenção de água, valores entre 20 - 30 mL 50 cm⁻³. Deste modo, todos os substratos se adequam aos níveis estabelecidos por estes autores (Tabela 6), com exceção do substrato T3, que ficou próximo da faixa considerada adequada (32,48 mL 50 cm⁻³), por ser mais microporoso em relação aos demais.

A Tabela 7 mostra os teores de macronutrientes restantes após o período de 28 dias de desenvolvimento das mudas de alface em bandejas. Se compararmos estes valores finais com os valores de macronutrientes no início da semeadura (Tabela 5), é possível observar que o substrato T4 foi o que apresentou maiores decréscimos nutricionais, seguido pelos substratos T3 e T2. Possivelmente a maior estabilidade do material orgânico contido nos substratos T3 e T4 foi capaz de liberar maiores quantidades de nutrientes em relação aos substratos T1 e T2 (Tabela 7). Observa-se ainda nesta análise química que os valores finais para K, Ca e Mg ficaram acima dos valores iniciais para os substratos T1 e T2. Essa diferença encontrada pode ser atribuída a relação C/N significativamente maior dos substratos T1 e T2 em relação aos demais (Tabela 5), que por decorrência da menor estabilidade de seus materiais orgânicos, continuaram sofrendo processo de decomposição e posteriormente ocorreu a liberação de seus nutrientes. Anilkumar et al. (2012) explicam que as atividades de alimentação dos gongolos têm efeito considerável sobre a regulação do processo de decomposição, contribuindo de forma benéfica para a produção de várias culturas, retardando a liberação de nutrientes por mantê-los de forma persistente na matéria fecal.

Tabela 7. Teores de macronutrientes totais dos substratos avaliados na produção de mudas de alface crespa cv. Vera após 28 dias de semeadura.

Substratos	N _{total}	P _{total}	K _{total}	Ca _{total}	Mg _{total}
	----- mg L ⁻¹ -----				
T1 - Gongocomposto 90 dias	8868 b	685 d	2601 a	13411 b	2261 c
T2 - Gongocomposto 125 dias	10282 a	864 c	2377 b	16485 a	2575 b
T3- Gongocomposto 180 dias	9140 b	938 b	1677 d	16454 a	2387 c
T4 -SIPA	7660 c	2380 a	2062 c	8658 c	3067 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O uso de resíduos orgânicos como substratos para a produção hortaliças vem sendo confirmado com êxito nos últimos anos e a utilização dos gongocompostos como substrato, orgânico e de baixo custo, corrobora com outros trabalhos, tais como o de Medeiros et al. (2007), que avaliaram diferentes substratos na produção de mudas de alface e observaram que o substrato à base de composto orgânico foi o que apresentou os maiores valores para todas as características avaliadas e de Simões et al. (2015), que testaram diferentes condicionadores de substratos, registrando resultados relevantes na produção de alface com composto orgânico.

Segundo Pereira et al. (2014), o uso de compostos orgânicos como substratos propiciam o desenvolvimento de mudas mais vigorosas, isso porque são capazes de fornecer os nutrientes necessários ao crescimento para várias culturas e representam atualmente uma alternativa para diminuir o custo de produção das mudas hortícolas (SILVA JÚNIOR et al., 2014).

4.5.2 Efeito do armazenamento dos substratos sobre as características químicas e o desenvolvimento das mudas de alface produzidas

O armazenamento dos substratos orgânicos durante o período de três meses foi capaz de proporcionar variações nos valores de pH, condutividade elétrica e nos teores de macronutrientes avaliados. Os valores de pH apresentaram variações dentro do limite tolerado pela legislação brasileira, estando todos em conformidade. No entanto, ocorreram diferenças estatísticas significativas nos substratos T2 e T3, onde o substrato T2 variou 0,32 pontos para menos e o substrato T3 apresentou variação de 0,31 pontos para mais (Tabela 8), baseando-se nos valores de referência obtidos no mês de maio. Abreu et al. (2012) ao avaliarem amostras de substratos comercializados no Brasil, sendo oito de origem orgânica e uma de origem sintética, observaram que em três amostras de substratos de origem orgânica não ocorreram desvios de pH maiores que os valores tolerados pela legislação brasileira, atribuindo essa pouca variação ao tipo de matéria orgânica empregada na formulação dos substratos, mais estáveis em relação aos demais substratos, corroborando assim com os resultados encontrados neste trabalho. Cabe destacar que a legislação brasileira para substratos não estabelece valores de pH máximos ou mínimos. O fabricante é que deve declarar na embalagem o valor observado e os valores das amostras analisadas do seu substrato não podem diferir mais que 0,5 pontos para mais ou menos, do valor declarado

Tabela 8. Valores de potencial hidrogeniônico (pH) dos substratos orgânicos aferidos inicialmente e após três meses de armazenamento.

Tratamentos	pH		Variação permitida *
	Inicial	Armazenado	
T1- Gongocomposto 90 dias	8,34 aA	8,35 aA	7,84 - 8,84
T2 - Gongocomposto 125 dias	7,69 aB	7,37 bB	7,19 - 8,19
T3 - Gongocomposto 180 dias	7,46 bC	7,77 aC	6,96 - 7,96
T4 - SIPA	7,00 aD	7,05 aD	6,50 - 7,50

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos testes de F e Scott-Knott, a 5% de probabilidade, respectivamente. *Variação máxima de 0,5 pontos para mais ou para menos, conforme a Instrução Normativa nº 14 (MAPA, 2004).

Toledo et al. (2013) ao avaliarem o teor de nutrientes nas folhas das mudas de eucalipto e a qualidade química dos substratos formados a partir de um composto orgânico, oriundo de resíduos do processo de fabricação de celulose, observaram que o aumento da porcentagem do composto orgânico no substrato base elevou os valores do pH, chegando ao valor de pH 8,0 no substrato com 100% de composto orgânico. Barretto (2008) verificou elevação do pH no solo em decorrência do aumento da porcentagem de composto orgânico adicionado, atribuindo estes resultados pela presença de carbonatos e óxidos de cálcio na composição do composto, o que confere uma característica de corretivo de acidez. Os gongocompostos apresentaram valores de pH (Tabela 8) e Ca (Tabela 10) estatisticamente superiores em relação ao substrato T4. Segundo Teuben e Verhoef (1992), a biomassa de diplópodes é uma fonte rica em nutrientes, tendo até 20 vezes mais cálcio. Os maiores teores de Ca são decorrentes da baixa sobrevivência dos gongolos durante o processo de gongocompostagem, ocasionando a liberação dos nutrientes contidos em seus exoesqueletos no composto, proporcionando assim valores de pH superiores.

A condutividade elétrica de todos os substratos foi influenciada pelo tempo de armazenamento, apresentando valores acima do permitido pela legislação brasileira (Tabela

9). Os valores variaram de 21,05 a 161,87 % a mais em relação aos valores de referência obtidos no mês de maio, sendo que o mais expressivo foi registrado para o substrato T2. Abreu et al. (2012) também observaram aumentos da condutividade elétrica em várias amostras de substratos analisados depois de armazenados, atribuindo estas variações à decomposição dos materiais contidos nestes substratos, os quais promoveram o aumento na concentração de sais.

Tabela 9. Valores de condutividade elétrica (CE) dos substratos orgânicos aferidos inicialmente e após três meses de armazenamento.

Tratamentos	CE (dS m ⁻¹)		Variação permitida pela IN nº 14*
	Inicial	Armazenado	
T1- Gongocomposto 90 dias	0,65 bD	1,01 aD	0,35 - 0,95
T2 - Gongocomposto 125 dias	1,39 bC	3,64 aA	1,09 - 1,69
T3 - Gongocomposto 180 dias	1,63 bB	2,95 aC	1,33 - 1,93
T4 - SIPA	2,66 bA	3,22 aB	2,36 - 2,96

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos testes de F e Scott-Knott, a 5% de probabilidade, respectivamente. *Variação máxima de 0,3 pontos para mais ou para menos, conforme a Instrução Normativa nº 14 (MAPA, 2004).

Possivelmente a fauna microbiana associada aos substratos tenha sido a responsável pela elevação nos valores da condutividade elétrica, haja visto que todos em todos os substratos os níveis de macronutrientes, com exceção do Mg (Tabela 10), se elevaram no período em que ficaram armazenados. A redução nos teores de Mg variou de 45,38 a 58,83% a menos quando comparado com os valores de referência. Essa diferença pode ser atribuída a algum erro analítico durante as análises laboratoriais, o que demandará novas análises para verificação destes valores.

Deve-se destacar que os substratos T1, T2 e T3 (todos gongocompostos) foram os que apresentaram as maiores elevações nos valores de condutividade elétrica e os teores de N destes substratos aumentaram significativamente (Tabela 10). A Figura 15 mostra as formas de N presentes nos substratos avaliados, revelando que o armazenamento promoveu redução nos níveis de N orgânico para os substratos T1, T2 e T3, aumentando os níveis de N em formas disponíveis às plantas, quando comparados aos valores de referência no início do armazenamento. Tal fato corrobora com Correia e Aquino (2005), que descreveram a existência de interações de diversos microrganismos com os gongolos, dentre elas destaca-se a ocorrência de um “rúmen externo”, o qual permite a ação de microrganismos nos péletes fecais excretados por estes invertebrados, promovendo assim uma maior disponibilidade de nutrientes.

No item 4.5.1. desta dissertação, foram analisados os níveis de macronutrientes presentes nos quatro substratos, comparando-os com as escalas estabelecidas por Gonçalves e Poggiani (1996), onde pôde ser concluído que os níveis nutricionais de todos os substratos atendem ou superam as escalas estabelecidas por estes autores. Comparando os valores de referência antes e após o armazenamento (Tabela 10), os níveis nutricionais se mantiveram dentro da escala ou a superam, conforme discutido anteriormente no item 4.5.1.

Tabela 10. Análise química dos macronutrientes totais presentes nos substratos inicialmente e após três meses de armazenamento.

Substratos	N _{Inicial}	N _{Armazenado}
	mg L ⁻¹	
T1-Gongocomposto 90 dias	9133 bC	9864 aC
T2-gongocomposto 125 dias	10994 bB	11503 aB
T3-Gongocomposto 180 dias	10694 bB	11197 aB
T4-Sipa	11996 aA	11996 aA

Substratos	P _{Inicial}	P _{Armazenado}
	mg L ⁻¹	
T1 - Gongocomposto 90 dias	617 bD	754 aC
T2 - Gongocomposto 125 dias	801 bC	994 aB
T3 - Gongocomposto 180 dias	996 aB	1016 aB
T4-Sipa	3922 aA	3941 aA

Substratos	K _{Inicial}	K _{Armazenado}
	mg L ⁻¹	
T1 - Gongocomposto 90 dias	2970 bD	3513 aC
T2 - Gongocomposto 125 dias	3724 aB	3794 aB
T3 - Gongocomposto 180 dias	3341 bC	3726 aB
T4 - Sipa	5931 aA	6232 aA

Substratos	Ca _{Inicial}	Ca _{Armazenado}
	mg L ⁻¹	
T1 - Gongocomposto 90 dias	12872 bC	15276 aC
T2 - Gongocomposto 125 dias	16125 aB	17464 aB
T3 - Gongocomposto 180 dias	16868 aA	18624 aA
T4 - Sipa	10549 aD	11016 aD

Substratos	Mg _{Inicial}	Mg _{Armazenado}
	mg L ⁻¹	
T1 - Gongocomposto 90 dias	2215 aC	912 bB
T2 - gongocomposto 125 dias	2727 aB	1145 bB
T3 - Gongocomposto 180 dias	2766 aB	1203 bB
T4 - Sipa	5059 aA	2763 bA

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos testes de F e Scott Knott, a 5% de probabilidade, respectivamente.

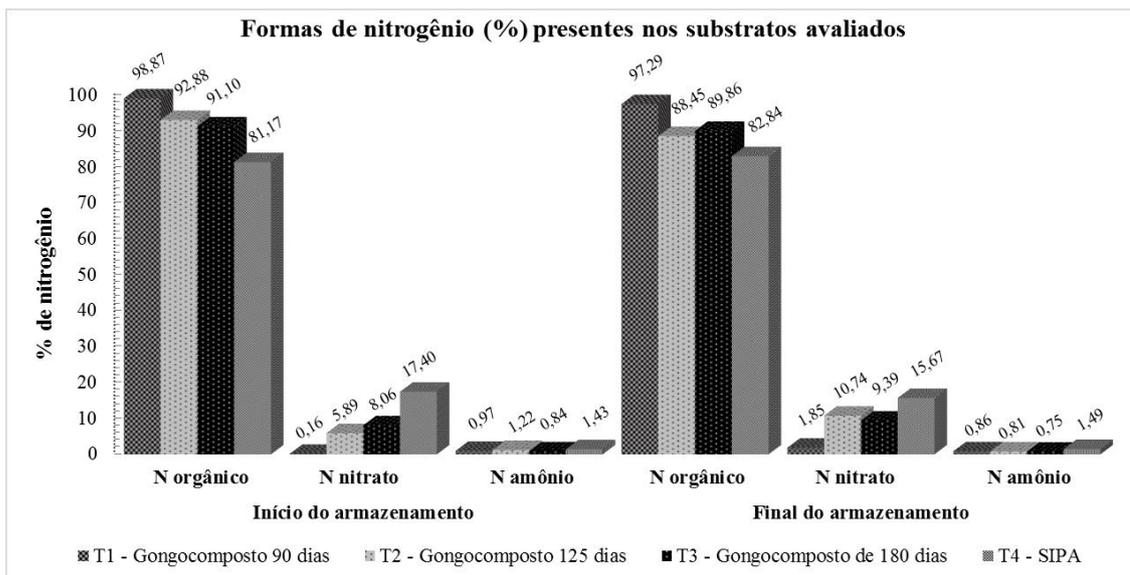


Figura 15. Comparação das formas de nitrogênio (%) presentes nos substratos no início e final do armazenamento.

O substrato T4 (Figura 16), diferenciou-se dos demais substratos na produção das mudas de alface quanto à massa fresca e seca de parte aérea, massa fresca e seca de raízes, altura de plantas e estabilidade do torrão. A resposta das plantas a diferentes substratos está estritamente relacionada com as espécies testadas. Nem todos os substratos são considerados ideais para o crescimento das plantas em recipientes, sendo o pH e a salinidade fatores limitantes para seu uso, pois podem causar fitotoxicidade ou estresse salino (GARCIA-GOMEZ et al., 2002, GRIGATTI et al., 2007).

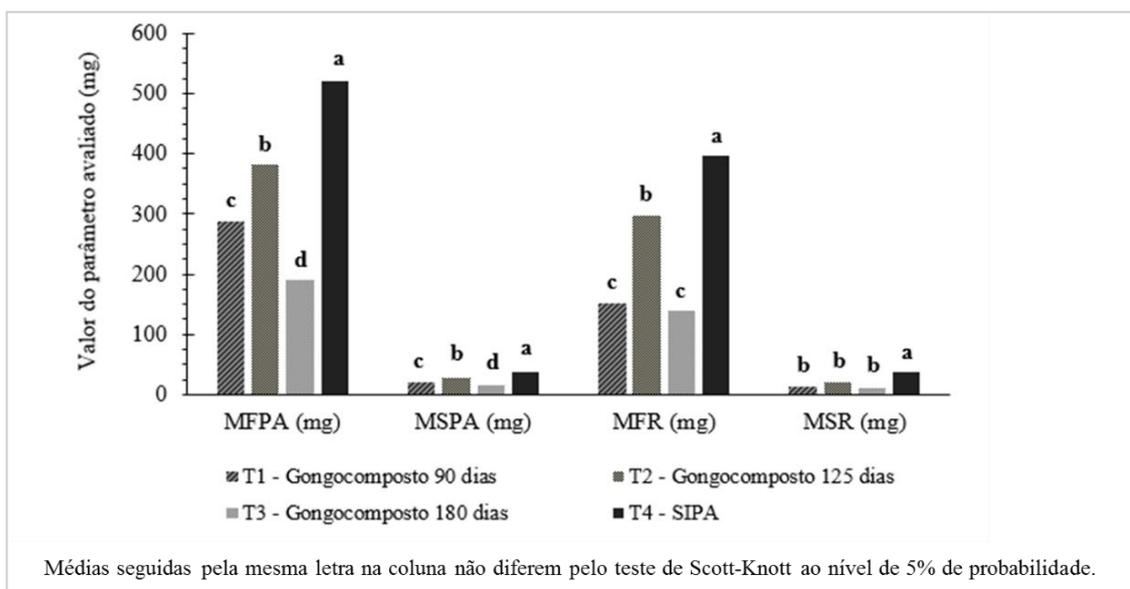


Figura 16. Valores médios de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca das raízes (MFR) e massa seca das raízes (MSR) de mudas de alface crespa cv. Vera, cultivadas em quatro diferentes substratos, aos 25 dias após semeadura.

Antunes et al. (2016) ao avaliarem o desenvolvimento das mudas de alface em gongocomposto e vermicomposto, não observaram diferenças estatísticas entre os substratos para os parâmetros avaliados. As massas frescas de parte aérea encontradas no gongocomposto e vermicomposto foram de 620 e 570 mg, respectivamente e são superiores aos valores encontrados nos gongocompostos e vermicomposto deste trabalho. De forma contrária, os valores de massa seca de parte aérea, com exceção do substrato T3, superam os 20 mg encontrados pelos autores supracitados para ambos os substratos. Costa (2014) relata que a alface é uma espécie adaptada a solos alcalinos, tolerando pH de 6,5 a 7,5. A menor massa fresca e seca para o substrato T3 pode ter sido influenciada pelo pH de 7,77 (Tabela 8), acima do tolerável para a alface, restringindo a absorção de micronutrientes.

Diniz et al. (2006) relatam que é possível saber qual substrato forneceu maior quantidade de nutrientes para as mudas de acordo com a massa de matéria seca. As massas frescas e secas de raízes de todos os substratos apresentaram valores superiores (Figura 16) aos encontrados por Antunes et al (2016), que foi para a massa fresca de raízes 100 e 110 mg (gongocomposto e vermicomposto, respectivamente) e para a massa seca de raízes 4 mg para o gongocomposto e 3 mg para o vermicomposto.

Segundo Trani et al. (2004), o transplante das mudas deve ser realizado com duas a três folhas definitivas, aproximadamente. Neste sentido, todos os substratos testados neste trabalho atendem a este requisito (Tabela 11). Diniz et al. (2006) ao avaliarem o efeito de substratos à base de húmus na produção de mudas de tomate, pimentão e alface, obtiveram o resultado de três folhas para a alface cv. Vera aos 20 dias após a semeadura, sendo inferior aos resultados obtidos neste trabalho.

Cabral et al. (2011) encontraram no substrato com 50% de esterco bovino e 50% de palhada de feijão superioridade na altura de plantas em relação ao produto comercial mais utilizado, o substrato Plantmax[®], que foram 4,51 e 2,87 cm, respectivamente. Embora tenha havido diferenças estatísticas entre os substratos testados neste trabalho, os substratos T2 e T4 apresentaram altura de plantas superiores (Tabela 11) em relação ao substrato com 50% de esterco bovino e 50% de palhada de feijão e os substratos T1 e T3 têm suas alturas de plantas superiores ao substrato comercial Plantmax[®]. Antunes et al. (2016) ao avaliarem as mudas de alface Regina com 23 dias após a semeadura, registraram altura de plantas iguais a 6,81 no gongocomposto e de 5,15 no vermicomposto. De forma contrária, o substrato T4, cuja a formulação é a mesma empregada pelo autor supracitado, apresentou altura média de plantas de 5,99 (Tabela 11).

Tabela 11. Valores médios de número de folhas por planta (NF), altura de planta (AP), vigor de muda (VM) e estabilidade do torrão (ET).

Substratos	NF	AP (cm)	ET	VM
T1-Gongocomposto 90 dias	4,97 a	4,35 c	1,91 b	3,00 a
T2-Gongocomposto 125 dias	5,06 a	4,95 b	2,66 b	2,41 b
T3-Gongocomposto 180 dias	4,22 b	4,31 c	2,25 b	3,38 a
T4-SIPA	5,22 a	5,99 a	3,75 a	1,88 b
CV%	5,04	3,42	15,06	15,01

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação à estabilidade do torrão, apenas o substrato T4 diferiu estatisticamente dos demais (Tabela 11). Embora os substratos T1, T2 e T3 tenham tido notas de estabilidade do torrão inferiores em relação ao substrato T4, eles têm notas semelhantes as notas encontradas por outros trabalhos. Trani et al. (2004) observaram que todos os quatro substratos comerciais

testados foram similares aos quinze e vinte dias após a emergência das plantas de alface cv. Vera, com notas médias de estabilidade do torrão igual a 1,90, as quais são iguais a obtida no substrato T1 (Tabela 11). Cabral et al. (2011) encontraram a melhor nota de estabilidade do torrão para o substrato com 50% de esterco bovino e 50% de palhada de feijão (2,50), contudo essa nota é 6,4% menor em relação ao substrato T2, cuja nota de estabilidade do torrão foi 2,66 (Tabela 11).

A nota de vigor das mudas para os substratos T2 e T4 não diferiram estatisticamente entre si e foram significativamente melhores que as notas obtidas pelos substratos T1 e T3 (Tabela 11) e suas condutividades elétricas de 3,22 e 3,64 dS m⁻¹ foram superiores à dos demais substratos (Tabela 10). Trani et al. (2007) ao avaliarem as mudas de alface desenvolvidas nos substratos Esfagno, GIII e Plantmax com condutividade elétrica de 2,1; 2,5 e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente, observaram que as mudas não apresentaram sintomas de crestamento de folhas possivelmente devido ao efeito tampão do material orgânico destes substratos têm influência sobre a ação dos sais que podem prejudicar a germinação e o desenvolvimento das mudas de alface. Fabri (2004) observou que mudas de alface se desenvolveram melhor nos substratos constituídos de adubo de curral e húmus, apresentando condutividade elétrica de 3,73 e 4,87 dS m⁻¹, respectivamente.

Diante de bons resultados das mudas de alface alcançados em condutividades superiores a 2,0 dS m⁻¹, que é o máximo tolerado para a alface, segundo Andriollo et al., (2005), temos que levar em consideração um outro fator além das características químicas dos substratos e que pode interferir de forma benéfica na obtenção de melhores vigores das mudas de alface e de tantas outras plantas, que é o fator biológico. O armazenamento dos substratos durante o período de três meses pode ter sido o responsável na diminuição da atividade biológica, inativando a ação de bactérias benéficas ao crescimento de plantas.

Segundo Farrar et al. (2014), os benefícios na utilização de biofertilizantes se destaca por incluir fontes baratas de nutrientes, as quais são excelentes fornecedoras de nutrientes e de matéria orgânica, promovendo ainda o crescimento às plantas. Essa promoção de crescimento se dá por meio de bactérias de forma livre que formam uma relação simbiótica específica com plantas ou por meio de bactérias endofíticas, que podem colonizar algumas porções do tecido vegetal. As bactérias podem promover o crescimento diretamente, facilitando a aquisição de recursos ou ainda modificando os níveis hormonais das plantas e de forma indireta reduzindo os efeitos inibitórios de vários agentes patogênicos no crescimento e desenvolvimento das plantas (MAHANTY et al., 2016).

Neste sentido, outros estudos deverão ser realizados para melhor compreender a dinâmica destes substratos orgânicos quando submetidos ao armazenamento, contando com a caracterização do microbioma presente nestes e em outros substratos, além da avaliação destes por maiores períodos de armazenamento e posteriores testes com plantas.

4.6 CONCLUSÕES

Os resultados alcançados neste trabalho confirmam a viabilidade de produção e utilização do gongocomposto como substrato na produção de mudas de alface com qualidade. O substrato T1-Gongocomposto 90 dias se mostrou menos eficiente em relação aos substratos T2-Gongocomposto 125 dias e T3-Gongocomposto 180 dias, que foi decorrente do tipo de resíduo utilizado na gongocompostagem, que necessita de mais tempo para estabilizar-se, melhorando assim as suas propriedades químicas. A utilização do substrato T2 se mostrou viável, sendo capaz de conferir características inerentes a um substrato, entretanto os melhores resultados foram observados no substrato T3, responsável pela produção de plantas com maior acúmulo de biomassa, altura e estabilidade de torrão.

O armazenamento dos substratos no período de três meses foi capaz de alterar o pH, a condutividade elétrica e teores de macronutrientes. Para o pH as alterações não superaram a faixa de variação proposta pela IN 14, estando todos substratos adequados. A condutividade elétrica de todos os substratos apresentou elevações que excedem os limites propostos pela legislação brasileira e foi decorrente do aumento nos teores de nutrientes contidos nos substratos pela mineralização promovida pela atividade biológica no período em que permaneceram armazenados.

Os substratos apresentaram resultados diferentes na formação das mudas de alface, sendo que o substrato T4 apresentou melhores resultados para todos os parâmetros analisados, seguido do substrato T2. Essa variação no desenvolvimento das mudas sugere que além da influência química, pode ter influência da atividade microbiana, que precisa ser estudada para compreender melhor sua participação no desenvolvimento vegetal.

5 CAPÍTULO III

INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DA MUDA NA PRODUTIVIDADE DE ALFACE CRESPA SOB CULTIVO ORGÂNICO

5. 1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico da alface sob sistema de produção orgânico, de acordo com a qualidade das mudas produzidas a partir de diferentes substratos orgânicos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e quatro tratamentos, constituídos por mudas de alface desenvolvidas em quatro diferentes substratos: Gongocomposto de 90 dias (T1); Gongocomposto de 125 dias (T2); Gongocomposto de 180 dias (T3) e Substrato SIPA (T4). Aos 28 dias após a semeadura avaliou-se o vigor da muda e estabilidade do torrão e aos 44 dias após o transplântio, avaliou-se a massa fresca comercial (g), o diâmetro e altura da planta (cm), o número de folhas maiores do que cinco centímetros, a classificação comercial e a produtividade. Houve diferenças significativas em todos os parâmetros avaliados, sendo que o tratamento T1 proporcionou resultados inferiores no campo, quando comparado com os demais tratamentos. Embora o tratamento T1 tenha apresentado parâmetros inferiores, sua produtividade estimada atende à esperada para o estado do Rio de Janeiro. Os demais tratamentos, mesmo não diferindo entre si estatisticamente, apresentaram diferença de produtividade estimada, com 10,38 e 11,82% menor para o tratamento T2 em relação aos tratamentos T3 e T4, respectivamente, demonstrando que a qualidade da muda transplantada no campo é capaz de influenciar diretamente na produtividade na cultura da alface.

Palavras chave: *Lactuca sativa* L. Gongocomposto. Adubação orgânica.

5.2 ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the agronomic performance of lettuce under organic production system, according to the quality of the seedlings produced from different organic substrates. The experimental design was in a randomized complete block with four replications and four treatments, consisting of lettuce seedlings developed in four different substrates: millicompost of 90 days (T1); millicompost of 125 days (T2); millicompost of 180 days (T3) and SIPA substrate (T4). At 28 days after sowing, were evaluated the vigor of the seedlings and stability of the clod and at 44 days after transplanting, were evaluated the fresh commercial mass (g), plant diameter and height (cm), leaf number greater than five centimeters, commercial classification and productivity. There were significant differences in all parameters evaluated, and T1 treatment provided lower results in the field when compared to the other treatments. Although the T1 treatment presented lower parameters, its estimated productivity meets that expected for the state of Rio de Janeiro. The other treatments, even though they did not differ statistically, presented an estimated productivity difference, with 10.38 and 11.82% lower for the T2 treatment in relation to the T3 and T4 treatments, respectively, demonstrating that the quality of the transplanted seedling in the field is able to directly influence productivity in lettuce crop.

Key words: *Lactuca sativa* L. Millicompost. Organic fertilization.

5.3 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios para a agricultura é promover o estabelecimento de sistemas agrícolas sustentáveis, evidenciando-se o sistema orgânico como importante alternativa (RÖDER et al., 2015). A agricultura orgânica oferece um grande potencial para desenvolver tecnologias ecológicas de baixo custo e de baixo consumo local para produzir alimentos e fibras (BADGLEY et al., 2006), sem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente (SHANDU et al., 2010) e apresenta atualmente níveis de crescimento promissores em todo o mundo (OLARIA et al., 2016), tendo os seus produtos um aumento aproximado de 20% ao ano no mercado internacional, chamando a atenção de novos produtores (HERNANDEZ et al., 2013).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais consumida *in natura* no mundo e a mais cultivada em sistemas orgânicos (HERNANDEZ et al., 2013), sendo fonte de vitaminas, minerais e rica em folato, ela ainda contém uma quantidade útil de betacaroteno, além de vitamina C, potássio e certos fitoquímicos, como os flavonóides e lactucina (SILVA et al., 2011).

A qualidade da alface que chega à mesa do consumidor é dependente dos sistemas de produção adotados, que segundo Silva et al. (2011), apresentam diferenças entre si, onde a alface orgânica apresenta qualidade superior, com valores de nitrato variando de 41,3 a 79% menos que a alface produzida em sistema convencional e hidropônico, concentrações de ácido ascórbico entre 25 e 44,4% maiores que os encontrados na alface hidropônica e convencional, além da ausência de agrotóxicos nos seus tecidos.

A produção de mudas de alta qualidade constitui uma das etapas mais importantes do sistema produtivo (SILVEIRA et al., 2002), influenciando diretamente o desempenho final das plantas, tanto do ponto de vista nutricional quanto do ciclo do cultivo. A adequada nutrição é fundamental para a obtenção de mudas vigorosas, com maior resistência a danos físicos e mecânicos e maior capacidade de recuperação e estabelecimento após o transplante, de modo a obter um estande de plantas homogêneo (SCHWERTNER et al., 2013), pois mudas malformadas debilitam e comprometem todo o desenvolvimento da cultura, aumentando seu ciclo e levando a perdas na produção (GUIMARÃES et al., 2002).

Produzir mudas de alta qualidade torna-se uma estratégia para quem quer aprimorar a agricultura e torná-la mais competitiva a nível de produção a campo (DINIZ et al., 2006). Para tanto, é necessário o emprego de substratos de qualidade e que promovam o melhor crescimento e desenvolvimento inicial às hortaliças, destacando que é nesta fase onde ocorre a definição do potencial produtivo da cultura (SOUZA et al., 2008).

A utilização de compostos orgânicos como substrato é uma alternativa à aquisição de substratos comerciais que nem sempre têm sua eficiência comprovada. Estes compostos orgânicos podem ser gerados a partir da biotransformação de restos culturais existentes na propriedade agrícola com a utilização de diplópodes, também conhecidos como gongolos ou piolhos-de-cobra, que são capazes de fragmentar resíduos de relação C:N acima de 45, resultando em alterações nas características químicas do composto e no aumento do conteúdo de macronutrientes tais como cálcio, magnésio e fósforo (ANTUNES et al., 2016), revelando ser uma prática ambientalmente correta e inovadora.

Os estudos ainda são incipientes no mundo, com pesquisas pontuais na Índia (AMBARISH; SRIDHAR, 2013; SRIDHAR; AMBARISH, 2013; ANILKUMAR et al., 2012; ASHWINI; SRIDHAR, 2006) e aqui no Brasil (ANTUNES et al., 2016), porém demonstram a capacidade dos diplópodes em processar resíduos agrícolas e urbanos, gerando compostos orgânicos que propiciam excelente qualidade no desenvolvimento de plantas,

permitindo ao produtor acesso à tecnologia de produção simples e econômica, aliada a uma maior perspectiva de renda agrícola em toda sua cadeia produtiva.

Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar desempenho agrônômico da alface sob sistema de produção orgânico, de acordo com a qualidade das mudas produzidas a partir de substratos orgânicos (gongocompostos) gerados pela atividade de diplópodes em diferentes tempos de obtenção.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação da qualidade das mudas, foram realizados dois experimentos: o primeiro com a produção das mudas em bandejas a partir de quatro diferentes substratos em casa de vegetação e o segundo a campo, com as mudas produzidas nessas mesmas bandejas.

O experimento de produção de mudas foi realizado em casa de vegetação do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA – “Fazendinha Agroecológica Km 47”), localizado no município de Seropédica-RJ, no período de 02 a 30 de maio de 2016. A altitude do local é de 33,0 m e o clima é classificado como Aw, com chuvas concentradas no período de novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5 °C (CRUZ, 2005).

O experimento de campo foi conduzido em área experimental cujo solo pertence à ordem ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, de baixa fertilidade natural (NEVES et al., 2005) e vem sendo cultivado com olerícolas. O resultado da análise química na profundidade de 0 - 20 centímetros, de acordo com a metodologia descrita por Embrapa (2005), foram as seguintes: matéria orgânica = 15,69 g Kg⁻¹; pH= 6,42; N= 1,0 g Kg⁻¹; P_{disponível} = 51,96 mg dm⁻³; K⁺ = 181 mg dm⁻³; Ca⁺² = 3,71 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 1,46 cmol_c dm⁻³; Al⁺³ = 0,0 cmol_c dm⁻³; H + Al = 2,19 cmol_c dm⁻³.

O solo foi preparado com uma aração e duas gradagens de nivelamento e, em seguida, com auxílio de uma encateiradora acoplada ao trator, foram levantados os canteiros com 0,20 m de altura e 0,90 m de largura, com espaçamento entre canteiros de 0,30 m (Figura 17). Foi realizada uma adubação orgânica 4 dias antes do transplântio utilizando 400 gramas de Bokashi Anaeróbico por m² (Figura 17), constituído de farelo de trigo (55 %) e torta de mamona (45 %), formulado e aplicado de acordo com a recomendação de Siqueira (2013). O Bokashi Anaeróbico apresentou as seguintes características químicas: N= 32,6 g Kg⁻¹; P= 10,12 g Kg⁻¹; K= 11,82 g Kg⁻¹; Ca= 3,27 g Kg⁻¹ e Mg= 4,70g Kg⁻¹, de acordo com a metodologia descrita por Embrapa (2005).



Figura 17. Detalhes do preparo dos canteiros de produção e da adubação orgânica realizada antes do transplântio das mudas. Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2016.

As mudas de alface crespa cultivar Vera foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 200 células a partir de quatro diferentes substratos orgânicos: Gongocomposto gerado com 90 dias, Gongocomposto gerado com 125 dias; Gongocomposto gerado com 180 dias e Substrato SIPA (Figura 18). A base de composição dos Gongocompostos foram folhas secas de *Bauhinia sp.* (pata-de-vaca), *Paspalum notatum* (grama batatais), *Musa sp.* (bananeira) e papelão picado. As proporções dos resíduos adicionados foram, respectivamente, 40%, 30%, 20% e 10%, utilizando o critério volume/volume. O preparo dos resíduos e consumo pelo diplópode *Trigoniulus corallinus* estão descritos em Antunes et al. (2016). Já o substrato SIPA foi constituído de 83% de vermicomposto, 15% de fino de carvão vegetal e 2% de torta de mamona, utilizando-se o critério volume/volume (OLIVEIRA et al., 2011).

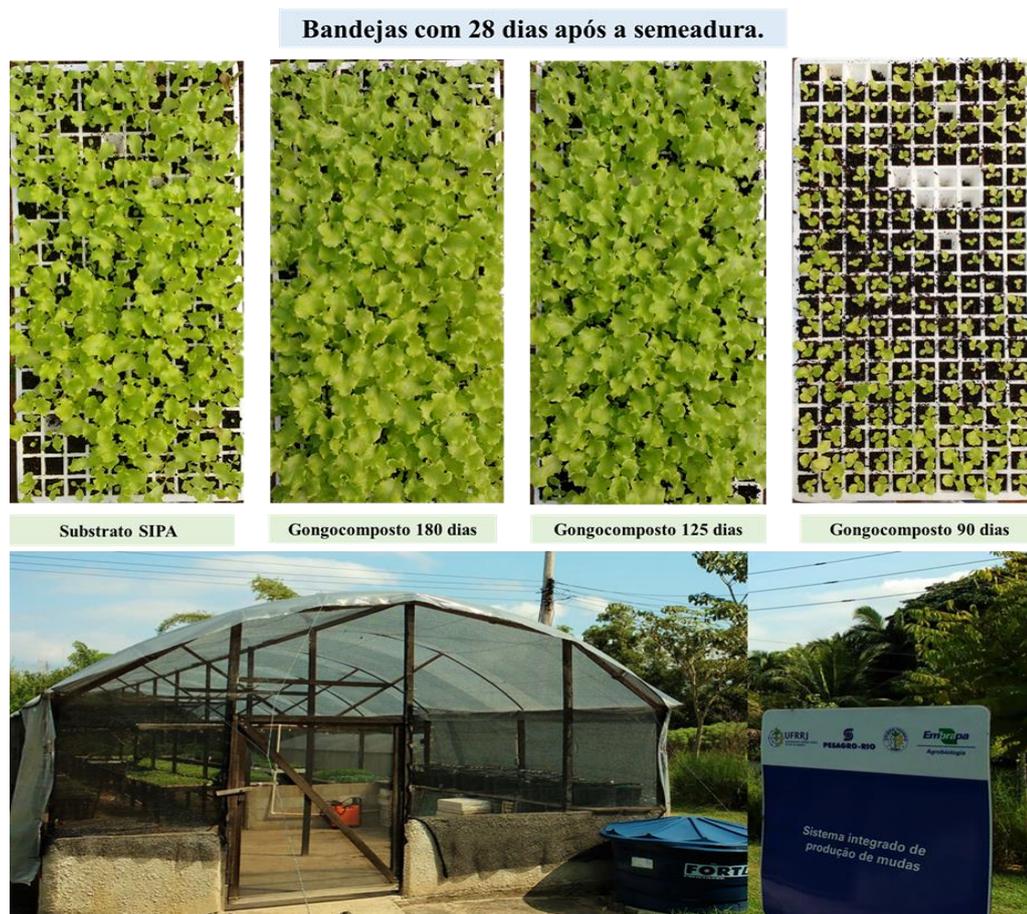


Figura 18. Detalhe da formação de mudas utilizadas no experimento (superior) e local de condução (inferior). Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2016.

O transplântio das mudas foi realizado no dia 30 de maio, em espaçamento de 20x30 cm, aos 28 dias após semeadura. Cada parcela experimental foi composta por 30 plantas, perfazendo uma área de 2,0 m² com três linhas de plantio e 10 plantas por linha. Após sete dias do transplântio das mudas, foi colocada sobre os canteiros cobertura morta de *Pennisetum purpureum* Schum (capim elefante variedade Napier), formando uma camada uniforme e com espessura de cinco centímetros sobre os canteiros, a fim de evitar a mato-competição com as plantas de alface (Figura 19).



Figura 19. Detalhe do experimento no campo: mudas plantadas aos 28 DAS e adição de cobertura morta aos sete dias após o transplantio. Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2016.

O vigor das mudas e estabilidade dos torrões foram avaliados, utilizando 10 mudas retiradas aleatoriamente das mesmas bandejas que forneceram as mudas transplantadas a campo. O vigor das mudas (VM) é uma metodologia adaptada de Franzin et al. (2005) e a estabilidade do torrão (ET) é uma metodologia adaptada de Gruszynski (2002), estando descritas no segundo capítulo desta dissertação.

A irrigação foi realizada por fita gotejadora, com gotejadores espaçados a 0,2 metros entre si, com vazão comercial de $1,8 \text{ L h}^{-1}$. O sistema foi montado em fileiras simples, constituído por uma linha de derivação de PVC de 50 mm e 3 linhas laterais com as fitas gotejadoras por canteiro. A fim de manter as condições adequadas de pressão na linha visando melhor uniformidade, as irrigações eram realizadas simultaneamente em cada canteiro. O monitoramento da necessidade hídrica da cultura foi realizado através da determinação da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith-FAO 56 (PMF) (ALLEN et al., 1998), corrigida pelos coeficientes da cultura. Os dados meteorológicos foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a partir da estação denominada Ecologia Agrícola (RJ).

A colheita ocorreu no dia 11 de julho, aos 42 dias após o transplantio, através do corte das plantas rentes ao nível do solo. A parcela útil foi representada por oito plantas da fileira central. Foram avaliados os parâmetros de massa fresca comercial (g), diâmetro e altura da planta (cm), número de folhas maiores que cinco centímetros e produtividade.

A massa fresca comercial foi obtida por meio de balança eletrônica aferindo a massa de toda parte aérea fresca das oito plantas úteis. Para estimativa da produtividade comercial utilizou-se o índice de área útil do hectare cultivado (83 %), com densidade de plantio de $124.500 \text{ plantas ha}^{-1}$, multiplicado pela massa fresca comercial.

As plantas foram classificadas conforme as Normas do Programa Brasileiro para Padronização da Horticultura (HORTIBRASIL, 2016), de acordo com o limite inferior e superior de massa fresca em gramas por planta (classes: $5 \leq 100 \text{ g}$; $10 = 100 \text{ a } < 150 \text{ g}$; $15 = 150 \text{ a } < 200 \text{ g}$; $20 = 200 \text{ a } < 250 \text{ g}$; $25 = 250 \text{ a } < 300 \text{ g}$; $30 = 300 \text{ a } < 350 \text{ g}$; e assim sucessivamente até classe $100 \geq 1000 \text{ g}$).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro tratamentos (mudas) e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por mudas de alface desenvolvidas na mesma época em quatro tipos de substratos: Gongocomposto de 90 dias (T1); Gongocomposto de 125 dias (T2); Gongocomposto de 180 dias (T3) e Substrato SIPA (T4), considerado tratamento controle (Figura 20).

Para a análise dos dados foi realizada avaliação da homogeneidade das variâncias dos erros pelo Teste de Bartlett e da normalidade pelo Teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram submetidos à análise de variância, com a aplicação do teste F e posteriormente submetidos ao teste de médias de Scott-Knott ($\leq 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).



Figura 20. Detalhes do experimento em campo montado em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos, do plantio à colheita. Imagem: Luiz Fernando de S. Antunes, 2016.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento da cultura observou-se que a temperatura média variou de 15,9 a 27,3 °C. A temperatura máxima registrada no período do experimento foi de 33,4 °C e a mínima registrada foi de 10,1 °C. A evapotranspiração média de referência foi de 2,77 mm e a precipitação registrada no período totalizou 120 mm. Segundo Pereira et al. (2002), o desenvolvimento das culturas está associado normalmente a diversos fatores ambientais, sendo a temperatura do ar um dos mais importantes, que de acordo com Filgueira (1982), a temperatura máxima do ar tolerada pela alface é de 30°C e a mínima é de 6°C. Temperaturas muito elevadas podem provocar queima das bordas das folhas externas e levar a formação de cabeças pouco compactas, assim como contribuir para a ocorrência de deficiência de cálcio e desordem fisiológica conhecida como “tipburn” (JACKSON; MILLER, 1999).

De modo geral, as condições climáticas durante o período em que se conduziu o experimento, foram consideradas normais, permitindo bom desempenho da cultura, onde foram observadas diferenças significativas para todos os parâmetros avaliados, sendo que o tratamento T1 apresentou resultados inferiores quando comparado aos demais tratamentos, que diferiram entre si apenas nos parâmetros de estabilidade de torrão (Tabela 4) e na altura das plantas (Tabela 12).

Tabela 12. Massa fresca comercial, diâmetro (cm), altura de planta (cm), número de folhas maiores que 5 cm, classe comercial e produtividade estimada de alface crespa cv. Vera, produzida sob cultivo orgânico na Fazendinha Agroecológica Km 47, Seropédica-RJ.

Tratamentos	Massa Fresca Comercial (g planta ⁻¹)	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Nº Folhas > 5 cm	Classe Comercial	Produtividade (Mg ha ⁻¹)
T1- 90 dias	173,33 b	25,14 b	23,63 c	14,18 b	15,15 b	21,58 b
T2 - 125 dias	279,24 a	29,71 a	28,58 b	18,68 a	25,78 a	34,78 a
T3 - 180 dias	308,37 a	32,76 a	30,48 a	19,28 a	28,59 a	38,39 a
T4 - SIPA	312,38 a	30,93 a	29,32 b	19,00 a	29,06 a	38,89 a
CV (%)	7,90	8,53	2,84	5,25	7,80	7,90
Média geral	268,33	29,64	28,01	17,79	24,65	33,41

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A massa fresca comercial do tratamento T1 apresentou o menor peso médio, com 173,33 gramas por planta, o qual pode ser atribuído à qualidade das mudas, que foram avaliadas quanto ao seu vigor de muda (VM) e estabilidade do torrão (ET), as quais receberam notas médias de 3,38 e 1,43, respectivamente (Tabela 4). Ferreira et al. (2014) avaliando o desempenho agrônômico da alface cv. Vera em cultivo orgânico no município de Rio Branco-AC, obtiveram no tratamento com cobertura morta de capim, peso médio de massa fresca comercial de 173,90 gramas.

Embora haja semelhança entre os resultados, devemos ressaltar que as condições edafoclimáticas são diferentes, o que mostra que as mudas transplantadas a campo, neste experimento, apresentavam desenvolvimento comprometido, com deficiência nutricional bem destacada e a estrutura de seu torrão comprometida, com metade ou mais do seu substrato retido na bandeja. Este resultado corrobora com Rodrigues et al. (2010), que destacam a importância da qualidade da muda na cadeia produtiva de hortaliças, cuja a formação de

mudas é uma das fases mais importantes para o ciclo da cultura, influenciando diretamente no desempenho final da planta, tanto do ponto de vista nutricional como produtivo, no qual a muda transplantada com qualidade comprometida, demora mais tempo para restabelecer-se.

Apesar de não ter ocorrido diferença estatística na massa fresca comercial entre os tratamentos T2, T3 e T4, houve uma pequena diferença em seus pesos médios, onde as plantas do tratamento T2 apresentaram 33,14 gramas a menos no seu peso médio quando comparado ao tratamento controle T4. (Tabela 12). Tal diferença pode ser explicada pela estabilidade do torrão (ET) das mudas oriundas do tratamento T2, que tiveram médias de nota 1,33, de forma semelhante ao tratamento T1 (Tabela 4), com metade ou mais do substrato retido na bandeja, o que refletiu no transplantio com raízes parcialmente nuas, proporcionando assim uma demora maior no pegamento destas mudas. Possivelmente se o tratamento T2 apresentasse melhores notas de estabilidade de torrão (ET), o peso médio das plantas seria semelhante aos tratamentos T3 e T4, os quais apresentaram o mesmo vigor de muda (VM) e melhores ET, com 3,03 e 3,77, respectivamente (Tabela 4). Lima et al. (2004) buscando verificar o comportamento da alface Vera e Verônica em dois espaçamentos, na região de Ribeirão Preto (SP), durante o outono, obtiveram valores médios de massa fresca comercial no mesmo espaçamento adotado neste experimento (20x30 cm), de 263,34 gramas para a cultivar Vera, cujo sistema de produção adotado foi convencional, contando ainda com a adição de 80 toneladas por hectare de esterco bovino juntamente aos fertilizantes sintéticos. Neste sentido, os tratamentos T2, T3 e T4, apresentam valores médios relativamente superiores, com 15,90, 45,03 e 49,04 gramas a mais, respectivamente, demonstrando que a adubação orgânica vegetal por meio do Bokashi é eficiente e possibilita a diminuição dos inputs no sistema agrícola, gerando economia para o produtor e diminuição dos riscos ambientais por lixiviação de nutrientes oriundos da fertilização química (PEIXOTO FILHO et al., 2013).

O diâmetro médio das plantas diferiu estatisticamente apenas para o tratamento T1, apresentando 25,14 cm (Tabela 12). Nos demais tratamentos o diâmetro variou de 29,71 a 32,76 cm. Essas médias superam as obtidas por Almeida et al. (2008), que avaliaram o potencial de dois fertilizantes de leguminosas mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*), como fontes alternativas de N, obtendo valores médios de 27,2 cm na primeira colheita e 29,6 cm na segunda colheita. Silva et al. (2000), avaliando o comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos, obtiveram maiores diâmetros de plantas quando cultivadas nos maiores espaçamentos (20 x 30, 25 x 30 e 30 x 30 cm). Os autores relatam que maiores espaçamentos diminuem a competição entre plantas por água, luz e nutrientes, proporcionando plantas com maiores diâmetros.

A altura das plantas diferiu estatisticamente entre todos os tratamentos, variando de 23,63 a 30,48 cm (Tabela 12). Aquino et al. (2014) avaliaram a influência de diferentes ambientes e espaçamentos na produção e tolerância ao pendoamento da alface-romana, obtendo média de altura de plantas no campo aberto de 29,97 cm, média semelhante aos tratamentos T2, T3 e T4. Segundo Luz et al. (2009), a altura das plantas pode ser considerada uma característica de verificação de tolerância ao pendoamento, contudo não foram observadas mudanças na aparência ou no formato comercial das plantas que indicassem início de pendoamento.

As características relacionadas com o porte das plantas, tais como o diâmetro e a altura, podem fornecer informações importantes no que se refere ao acondicionamento das plantas colhidas, pois a principal forma de transportá-las ocorre por meio de caixas plásticas ou de madeira (SALA; COSTA, 2012). Neste sentido, plantas com maiores dimensões e alturas podem ser danificadas nos processos de acondicionamento e transporte, o que pode comprometer a qualidade comercial do produto (SUINAGA et al., 2013), sendo acondicionadas para comercialização 18 unidades por caixa.

O número de folhas é de grande importância tanto para o produtor, pois indica a adaptação do material genético ao ambiente, quanto para a comercialização (DIAMANTE et al., 2013). Verifica-se neste trabalho que houve diferença significativa apenas no tratamento T1, que apresentou um número médio de 14,18 folhas, sendo inferior aos demais tratamentos que registraram número médio de folhas entre 18,68 e 19,28 (Tabela 12). Esses resultados são superiores aos alcançados por Meneses et al. (2016), os quais avaliaram o efeito de diferentes coberturas do solo no crescimento e produtividade de plantas alface crespa - cultivar Vera, registrando valores médios de 17,56 folhas com solo coberto por palha de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*). O maior número de folhas e qualidade das plantas são dependentes da adição de cobertura morta sobre o solo, a qual é capaz de modificar as condições em que as sementes das plantas espontâneas germinam, dificultando a emergência pela menor incidência de luz, menor amplitude térmica do solo entre dia e noite e pela barreira física imposta pelas coberturas mortas (CARVALHO et al., 2005).

As maiores produtividades estimadas foram proporcionadas pelos tratamentos T2, T3 e T4, variando de 34,78 a 38,89 Mg ha⁻¹ (Tabela 12). Embora o tratamento T2 tenha apresentado mudas com estabilidade de torrão (ET) inferiores aos tratamentos T3 e T4 (Tabela 4), sua produtividade não diferiu estatisticamente dos tratamentos T3 e T4, porém foi 10,38 e 11,82% menor em relação aos tratamentos T3 e T4, respectivamente. Estes resultados, em especial, para os tratamentos T3 e T4, são similares, com diferença de 1,3% a mais na produtividade para o tratamento T4, confirmando o resultado obtido por Oliveira et al. (2006), os quais avaliaram a produção de alface crespa cv. Vera em sistema de plantio direto sobre cobertura viva de gramínea e leguminosa, obtendo produtividade média de 39 Mg ha⁻¹. De forma geral, os tratamentos T2, T3 e T4 superam as médias de produtividade encontradas em outros trabalhos para a mesma cultivar, que registraram 24,94 Mg ha⁻¹ em Alta Floresta – MT (SANTI et al., 2010) e 21,25 Mg ha⁻¹ em Rio Branco-AC (SIMÕES et al., 2015).

A produtividade encontrada por Simões et al. (2015), onde buscaram avaliar o efeito de diferentes condicionadores na qualidade da muda de alface orgânica, foi semelhante ao tratamento T1, que apresentou uma produtividade estimada de 21,58 Mg ha⁻¹ (Tabela 12). De certa maneira, o tratamento T1 mesmo sendo inferior aos demais, supera a produtividade estimada por Freire et al. (2013), que para o estado do Rio de Janeiro está entre 15 a 20 Mg ha⁻¹ de alface fresca, demonstrando que os níveis nutricionais obtidos neste experimento foram adequados por meio da adubação orgânica vegetal via Bokashi anaeróbico.

Diante do aumento do custo dos fertilizantes minerais e a crescente poluição ambiental, utilizar resíduos orgânicos na agricultura se torna uma opção atrativa do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de C e nutrientes (SILVA et al., 2010). Segundo Silva et al. (2011), a adubação orgânica não só incrementa a produtividade, mas também produz plantas com características qualitativas melhores que as cultivadas exclusivamente com adubos minerais, os quais promovem uma redução na atividade biológica do solo (OLIVEIRA et al. 2010).

A utilização de cobertura morta é extremamente importante e reflete em melhores resultados na cultura da alface, observados neste e em outros trabalhos aqui apontados, o que corrobora com Rodrigues et al. (2009), onde concluíram que coberturas de solo com capim proporcionaram as maiores produções em massa de matéria fresca, diâmetro e número de folhas em alface cultivada em sistema orgânico. Ademais, a matéria orgânica e os nutrientes presentes nesses resíduos proporcionam aumento da atividade biológica no solo, além de constituir um meio de utilizá-los na propriedade (SANTOS et al., 1998; MULLER, 1991).

5.6 CONCLUSÕES

Os dados obtidos neste trabalho confirmam que a qualidade da muda transplantada no campo foi capaz de influenciar no desempenho produtivo da cultura da alface. Os parâmetros avaliados apresentaram valores médios similares entre todos os tratamentos, com exceção do tratamento T1-90 dias, que foi inferior em todos parâmetros avaliados, devido a qualidade das mudas serem inferiores quando comparada aos dos demais tratamentos. Embora o tratamento T1-90 dias tenha apresentado valores médios de produtividade inferiores, estes superam a estimativa de produtividade para o estado do Rio de Janeiro, o que mostra que a adubação orgânica com Bokashi e manejo dos canteiros com cobertura morta foram eficientes.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Os diplópodes *T. corallinus* são capazes de ingerir resíduos pobres em nutrientes, porém exibem nitidamente as suas preferências alimentares por resíduos que contenham maiores teores nutricionais.

Os substratos T2-gongocomposto 125 dias e T3-gongocomposto 180 dias se mostraram eficientes na produção de alface, contudo, o substrato T3 foi responsável pela produção de plantas com maior acúmulo de biomassa, altura e estabilidade de torrão, sendo semelhantes ao substrato T4-SIPA, tido como controle.

O armazenamento dos substratos pelo período de três meses proporcionou alterações nos valores de pH, condutividade elétrica e teores de macronutrientes, sendo que apenas os valores de condutividade elétrica ficaram acima do permitido pela legislação brasileira e na avaliação das mudas de alface, o substrato T4-SIPA seguido pelo substrato T2-gongocomposto 125 dias, foram os que proporcionaram mudas com maior desenvolvimento.

A qualidade da muda transplantada no campo é capaz de influenciar diretamente na produtividade na cultura da alface.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M.F.; DIAS, R.S.; ABREU, C.A.; GONZALEZ, A.P. Reavaliação dos critérios constantes na legislação brasileira para análises de substratos. *Bragantia*, Campinas, v. 71, n. 1, p.106-111, 2012.
- ALAGESAN, P.; ASHOK KUMAR, B.; MUTHUKRISHANAN, J.; GUNASEKARAN, P.; *Indian J. Microbiol.*, 2003, 43, 111–113.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- ALMEIDA, M.M.T.B; LIXA, A.T.; SILVA, E.E.; AZEVEDO, P.H.S; DE-POLLI, E.; RIBEIRO, R.L.D. Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.43, n.6, p.675-682, jun. 2008.
- AMBARISH, C. N.; SRIDHAR, K. R. Production and quality of pill-millipede manure: amicrocosmo study. *Agric Res*, v. 2, n. 3, p. 258-264, 2013.
- ANDRIOLO, J.L.; LUZ, G.L. da; WITTER, M.H.; GODOI, R. dos S.; BARROS, G.T.; BORTOLOTTI, O.C. Growth and yield of lettuce plants under salinity. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.931-934, 2005.
- ANILKUMAR, C. IPE, C.; BINDU, C.; CHITRA, C. R.; MATHEW, P. J.; KRISHNAN, P. N. Evaluation of millicompost versus vermicompost. *CURRENT SCIENCE*, VOL. 103, N. 2, 25 JULY 2012.
- ANTUNES, L. F. S.; SCORIZA, F. N.; SILVA, D. G.; FERNANDES, M. E. C. Production and efficiency of organic compost generated by millipede activity. *Ciência Rural*, Santa Maria-RS, v. 46, n.5, p.815-819, 2016.
- AQUINO, A. M. Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos. EMBRAPA. Circular técnica. n. 12. 2005.
- AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D. L.; SILVA, V. F. Utilização de minhocas na estabilização de resíduos. Comunicado Técnico n. 8. Embrapa Agrobiologia. 1992. 6 p.
- AQUINO, C.R.; SEABRA JUNIOR, S.; CAMILI, E.C.; DIAMANTE, M.S.; PINTO, E.S.C. Produção e tolerância ao pendoamento de alface-romana em diferentes ambientes. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 61, n.4, p. 558-566, 2014.
- ARAÚJO NETO, S.E.; AZEVEDO, J.M.A.; GALVÃO, R.O.; OLIVEIRA, E.B.L.; FERREIRA, R.L.F. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes substratos. *Ciência Rural*, v.39, n.5, 2009.
- ASHWINI K.M., SRIDHAR K.R. Leaf litter preference and conversion by a saprophagous tropical pill millipede, *Arthrosphaera magna* Attems. *Pedobiologia* 49:307–316. 2005.
- ASHWINI, K. M.; SRIDHAR, K. R. Breakdown of plantation residues by pill millipedes (*Arthrosphaera magna*) and assessment of compost quality. *CURRENT SCIENCE*, VOL. 90, NO. 7, 10 APRIL 2006.
- ASHWINI, K.M.; K.R. SRIDHAR. Towards organic farming with millipede - *Arthrosphaera magna*. *Current Science*, 82: 20-22. 2002.

- BARRETTO, V. C. M. Resíduos de indústria de celulose e papel na fertilidade do solo e no desenvolvimento de eucalipto. 2008. 64 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.
- BERNAL, M. P.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; PAREDES, C.; ROIG, A. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 69, p. 175-189, 1998.
- BETTIOL, W; CAMARGO, O. A. Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto. Jaguariuna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312 p.
- BIANCHI, M.O.; CORREIA, M. E. F. Mensuração do consumo de material vegetal depositado sobre o solo por diplópodes. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia (Circular técnica)*. 2007. 4p.
- BOOPATHY, R. BEARY, T., TEMPLET, P. J. Microbial decomposition of postharvest sugarcane residue. *Bioresource Technology*, v. 79, p. 29-33, 2001.
- BORNE, H. R. Produção de mudas de hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. 187p.
- BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dez. 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 24 de dez. 2003, Seção 1, p. 8.
- BYZOV, B.A.; CLAUS, H.; TRETAKOVA, E.B.; ZVYAGINTSEV, D.G.; FILIP, Z. Effects of soil invertebrates on the survival of some genetically engineered bacteria in leaf litter and soil. *Biology and Fertility of Soils* 23: 221-228. 1996.
- CABRAL, M.B.G; SANTOS, G.A.; SANCHEZ, S.B.; LIMA, W.L.; RODRIGUES, W.N. Avaliação de substratos alternativos para produção de mudas de alface utilizados no sul do estado do Espírito Santo. *Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil)* v.5, n.1, p. 43 – 48, 2011.
- CAMPANHARO, M. RODRIGUES, J. J. V. LIRA JUNIOR, M. A.; ESPINDULA, M. C.; COSTA, J. V. T. Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. *Caatinga*. v. 19. n. 2. p. 140-145. 2006.
- CAMPBELL, S. Manual de compostagem para hortas e jardins: como aproveitar bem o lixo orgânico doméstico. São Paulo. Nobel, 1999, 149p.
- CARMELLO QAC. 1995. Nutrição e adubação de plantas hortícolas. In: MINAMI K. Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo: T.A. Queiroz, p. 27-37.
- CARRIJO, O.A.; LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.
- CARVALHO J. E.; ZANELLA F.; MOTA J. H.; LIMA A. L. DA S. Cobertura morta do solo no cultivo da alface cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. *Ciência Agrotecnologia*, v. 1, n. 29, p. 935-939, 2005.
- CASTILLO, H.; HERNÁNDEZ, A.; DOMINGUEZ, D.; OJEDA, D. Effect of californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. *Bioresource Technology*, v. 102, p. 4171 – 4178.2010.
- CERQUEIRA, F. B.; FREITAS, G. A.; MACIEL, C. J.; CARNEIRO, J. S. S.; LEITE, R. C. Produção de mudas de tomate cv. Santa Cruz em diferentes substratos. *Journal of Bioenergy and Food Science*. v. 2. n. 2. p. 39-45. 2015.
- CERRI, C.E.P.; OLIVEIRA, E.C.A; SARTORI, R.H.; GARCEZ, T.B. Compostagem. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz . Piracicaba, SP.

2008. Disponível em: <
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf> Acesso em 23 ago. 2015.

CORDEIRO, N.M. Compostagem de resíduos verdes e avaliação da qualidade dos compostos obtidos: caso de estudo da algar S.A. 2010. 102 p. Tese (Mestrado em Engenharia do Ambiente – Tecnologias Ambientais) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O., (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 197-225.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.). Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. cap. 4. p. 77-99.

CORREIA, M.E.F.; AQUINO, A.D. Os Diplópodes e suas associações com microrganismos na ciclagem de nutrientes. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 41 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 199).

COSTA, A.R. Nutrição Mineral de Plantas Vasculares. Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, Portugal. 2014. 147p. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/12007/1/NUTRI%C3%87%C3%83O%20MINERAL%20DAS%20PLANTAS%20VASCULARES.pdf>> Acesso em: 06 jan. 2017.

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, Recife, v.2, n.1, 2015.

COSTA, E.; SANTO, T. L. E.; SILVA, A. P.; SILVA, L. E.; OLIVEIRA, L. C.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S. Ambientes e substratos na formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja. Horticultura Brasileira. v. 33. n. 1. p. 110-118. 2015.

COTTA, J. A. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. S.; REZENDE, M. O. O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 20m n. 1. p. 65-78. 2015.

CRUZ, F. A. DA. Instalação e calibração de lisímetro de pesagem e determinação da evapotranspiração de referência para a região de Seropédica-RJ. 2005. 65p., (Dissertação, mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2005.

DA ROS, C.O.; REX, F.E.; RIBEIRO, I.R.; KAFER, P.S.; RODRIGUES, A.C.; SILVA, R.F.; SOMAVILLA, L. Uso de Substrato Compostado na Produção de Mudanças de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. Floresta e Ambiente; 22(4): 549-558. 2015.

DANGERFIELD J.M., MILNER A.E. Millipede faecal pellet production in selected natural and managed habitats of Southern Africa implications for litter dynamics. Biotropica 28:113–120.1996.

DIAMANTE, M.S.; SEABRA JUNIOR, S.; INAGAKI, A.M.; SILVA, M.B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. Revista Ciência Agrônômica, 44:133-140, 2013.

- DINIZ, K. A.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; LUZ, J. M. Q. Húmus como substrato para a produção de mudas de tomate, pimentão e alface. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 63-70, 2006.
- DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. *Química Nova*. v. 36. n. 5. p. 640-645. 2013.
- EMATER – Rio (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro). Censo da Floricultura no Estado do Rio de Janeiro, 2010.
- EMBRAPA. Manual de laboratórios: solo, água, nutrição, animal e alimentos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334p.
- FABRI, E.G. Determinação da qualidade dos substratos comercializados em Piracicaba - SP. Piracicaba: USP-ESALQ. (Dissertação de mestrado) 88p. 2004.
- FARRAR, K.; BRYANT, D.; COPE-SELBY, N. Understanding and engineering beneficial plant–microbe interactions: plant growth promotion in energy crops. *Plant Biotechnol Journal*, 12(9):1193–1206, 2014.
- FERMINO, M.H. Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas. 2003. 81f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FERMINO, M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A.M.C; BATAGLIA, O.C.; ABREU, O.M.X.; ABREU, C.; FURLANI, P.; QUAGGIO, J.; MINAMI, K. (Coord.). Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 79.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. 2006. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. *Horticultura Brasileira*, v.24, p.42-46, 2006.
- FERRAZ, M.V.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.M. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium (Lavras)*, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FERREIRA, R.L.F; ALVES, A.S.S.C.; ARAÚJO NETO, S.E.; KUSDRA, J.F.; REZENDE, M.I.F.L. Produção orgânica de alface em diferentes épocas de cultivo e sistemas de preparo e cobertura de solo. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 1017-1023, 2014.
- FIBL AND IFOAM. The World of organic agriculture: statistics & emerging trends 2016. Disponível em: < <http://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2016.html> >. Acesso em 11 abr. 2016.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª ed., UFV, 2003.
- FILGUEIRA, F.A.R. Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 1982, 357 p.
- FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; SANTOS, O.S. Efeito da qualidade das sementes sobre a formação de mudas de alface. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p.193-197, 2005.
- FREIRE, L.R.; BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; LIMA, E.; GUERRA, J.G.M.; FERREIRA, M.B.C; LEAL, M.A.A.; CAMPOS, D.V.B.; POLIDORO,

J.C. Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, DF: EMBRAPA, Seropédica, RJ. Editora Universidade Rural, 2013. 430p.

FURLAN, F.; COSTA, M.; COSTA, L. A.; MARINI, D.; CASTOLDI, G.; SOUZA, J.; PIVETTA, L. Substratos alternativos para produção de mudas de couve em sistema orgânico. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.2, n.2, p.1689, 2007.

GARCIA-GOMEZ, A.; BERNAL, M.P.; ROIG, A. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agro-industrial wastes. *Bioresour. Technol.* 83, 81–87, 2002.

GARG, V. K.; YADAY, A. Vermicomposting: An effective tool for the management of invasive weed *Parthenium hysterophorus*. *Bioresour. Technol.* v. 102. n. 10. p. 5891-5895. 2011.

GERLACH, A.; RUSSELL, D. J.; ROMBKE, J.; BRUGGEMANN, W. Consumption of introduced oak litter by native decomposers (Glomeridae, Diplopoda). *Soil Biology & Biochemistry*, v. 44, p. 26-30, 2012.

GOLDIN, A. Reassessing the use the loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.18, n. 10, p. 1111-1116, Oct. 1987.

GONÇALVES A.L. Substratos para produção de mudas ornamentais. In: MINAMI K; TESSARIOLI NETO J; PENTEADO SR; SCARPARE FILHO JA. Produção de mudas hortícolas de alta qualidade. Piracicaba:ESALQ/SEBRAE. 1994.156p.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas florestais. In: SOLO-SUELO- CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996. Águas de Lindóia-SP. Relação de trabalhos. Águas de Lindóia: SLCS/SBCS/ESALQ/USP/CEA-ESALQ/USP/SBM, 1996. 1 CD ROM.

GRIGATTI, M.; GIORGIONI, M.E.; CIAVATTA, C. Compost-based growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresour. Technol.* 98, 3526–3534, 2007.

GRUSZYNSKI, C. Resíduo agro-industrial "casca de tungue" como componente de substrato para plantas. Porto Alegre: UFRGS. 2002. p. 41. (Tese mestrado).

GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M.; MINAMI, K. Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 3, p. 505–509, 2002.

HERNANDEZ, O.L.; HUELVA, R.; GURIDI, F.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, L. P. Humatos isolados de vermicomposto como promotores de crescimento em cultivo orgânico de alface. *Rev Cie Téc Agr* vol.22 no.1 San José de las Lajas jan.-mar. 2013.

HOPKIN S.P., READ, H.J. The biology of millipedes. Oxford University Press, Oxford. 1992.

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura. Disponível em <<http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/alface /alface.html>>. Acesso em 17 julho de 2016.

IGUE, K.; PAVAN, M.A. Uso eficiente de adubos orgânicos. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. Anais. p.383-418.

- INÁCIO, C.T.; MILLER, P.R.M. Compostagem: ciência prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 154p.
- JACKSON, B.P.; MILLER, W.P. Soluble arsenic and selenium species in fly ash/organic waste amended soils using ion chromatography–inductively coupled plasma mass spectrometry. *Environmental Science & Technology*, v.33, n.2, p.270-275, 1999.
- JIMÉNEZ, E.I.; GARCIA, V.P. Relationships between organic carbon and total organic matter in municipal solid wastes and city refuse composts. *Biores. Technol.*, 41:265-272, 1992.
- KADAMANNAYA B.S., SRIDHAR K.R. Leaf litter ingestion and assimilation by two endemic pill millipedes (*Arthrosphaera*) of the Western Ghats, India. *Biol Fertil Soils* 45:761–768. 2009.
- KÄMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Ed.). *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.139-145.
- KÄMPF, A.N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária, 2000.
- KANIA, G.; KLAPEC, T. Seasonal activity of millipedes (Diplopoda) - their economic and medical significance. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, v.19, n.4, p.646–650, 2012. Disponível em: < <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.agro-7d3dfa05-3d77-4b0a-a050-495cb4087ae3/c/fulltext415.pdf> >. Acesso em 17 Mai. 2016.
- KANIAMPADY, M. M.; ARIF, M. M.; JIROVETZ, L.; SHAFI, M. Essential oil composition of *Gliricidia sepium* (Leguminosae) leaves and flowers. *Indian Journal of Chemistry*, v. 46, p. 1359-1360, 2007.
- KARTHIGEYAN, M.; ALAGESAN, P. Millipede composting: a novel method for organic waste recycling. *Recent Research in Science and Technology*, v.3, n.9, p.62-67, 2011. Disponível em: < <http://recent-science.com/index.php/rrst/article/viewArticle/8591> >. Acesso em 17 mai. 2016.
- KEENER, H. M.; ELWELL, D. L., MONNIN, M. J. Procedures and equations for sizing of structures and windrows for composting animal mortalities. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 6, p. 681-692, 2000.
- KELLEY, J.; PATERSON, R. Crop residues as a resource – the use of fungi to upgrade lignocellulosic wastes. *Biology International* 35:16–20,1997.
- KEMPERS, A.J.; ZWEERS, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate method. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 17, 715–723, 1986.
- KHEIRALLAH, A. M. Fragmentation of leaf litter by a natural population of the millipede *Julus scandinavus* (Latzel 1884). *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 10, p. 202-206, 1990.
- KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. 1 ed. São Paulo. Ceres. 1985.492 p.
- KIEHL, E. J. *Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba: [s.n.], 1998. 172 p.
- KRATZ, D. *Substratos renováveis na produção de mudas de Eucalyptus benthamii Maiden et Cabbage e Mimosa scabrella Benth [dissertação]*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2011.
- LAMPKIN, N. *Organic Farming*. Farming Press, UK, 1992.

- LEAL M.A.A; GUERRA J.G.M; PEIXOTO R.T.G; ALMEIDA DL. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. *Horticultura Brasileira* 25: 392-395, 2007.
- LEAL, M.A.A; GUERRA, J.G.M; ESPINDOLA, J.A.A.; ARAÚJO, E.S. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V.17, n.11, p.1195-1200. 2013.
- LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. *Acta Hortic.*, Wageningen, v. 396, p. 273-284, 1995.
- LIANG, C.; DAS, K. C.; McCLENDON, R. W. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology*, v. 86, p. 131-137, 2003.
- LIMA, A.A.; MIRANDA, E.G.; CAMPOS, L.Z.O.; CUZNATO JÚNIOR, W.H.; MELO, S.C.; CAMARGO, M.S. Competição das cultivares de alface Vera e Verônica em dois espaçamentos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, p.314-316, 2004.
- LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; GALVÃO, D. C. Avaliação de diferentes bandejas e substratos orgânicos na produção de mudas de tomate cereja. *Revista Ciência Agronômica*. v. 40. n. 1. p. 123-128. 2009.
- LORANGER-MERCIRIS, G.; IMBERT D.; BERNHARD-REVERSAT F.; LAVELLE P.; PONGE J-F. Litter N-content influences soil millipede abundance, species richness and feeding preferences in a semievergreen dry forest of Guadeloupe (Lesser Antilles). *Biol Fertil Soil* 45:93-98,2008.
- LUZ, A.O.; SEABRA JÚNIOR S.; SOUZA, S.B.S.; NASCIMENTO, A.S. Resistência ao pendoamento de genótipos de alface em ambientes de cultivo. *Agrarian*, 2:71-82, 2009.
- MAHANTY, T.; BHATTACHARJEE, S.; GOSWANI, M.; BHATTACHARYA, P.; DAS, B.; GHOSH, A.; TRIBEDI, P. Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research*. p.1-21, 2016.
- MAIA, A. F. C. A.; MEDEIROS, D. C.; LIBERALINO FILHO, J. Adubação orgânica em diferentes substratos na produção de mudas rúcula. *Revista Verde*. v. 2. n. 2. p. 89-95. 2006.
- MARTÍN, J.D.; SHCIEDECK, G. Nível de desenvolvimento e potencial da minhocultura e da vermicompostagem. In: ANJOS, J.L; AQUINO, A.M.; SCHIEDECK, G. *Minhocultura e vermicompostagem: interface com sistemas de produção, meio ambiente e agricultura de base familiar*. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap. 1. P. 10-39.
- MATOS, A. T.; VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A.; GARCIA, N.C.P.C.; RIBEIRO, M. F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nutrientes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.2, n.2, p.199-203, 1998.
- MEDEIROS, D. C.; AZEVEDO, C. M. S. B.; FAÇANHA, M. L.; ALEXSANDRO, S. R.; OLIVEIRA, C. J. Qualidade de mudas de tomate em função do substrato e irrigação com efluente de piscicultura. *Revista Brasileira de Agroecologia*. v. 8. n. 2. p. 170-175. 2013.
- MEDEIROS, D.C.; LIMA, B.A.B.; BARBOSA, M.R.; ANJOS, R.S.B.; BORGES, R.D.; CAVALCANTE NETO, J.G.; MARQUES, L.F. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira* 25: 433-436, 2007.

MENESES, N.B.; MOREIRA, M.A.; SOUZA, I.M.; BIANCHINI, F.G. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. *Revista Agro@ambiente Online*, v. 10, n. 2, p. 123 - 129, 2016.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; FERNANDES, H.S.; MAUCH, C.R.; SILVA, J.B. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 18, n. 3, p. 164–170, 2000.

MINAMI, K. *Produção de Mudas de Alta Qualidade em Horticultura*. São Paulo: TA Queiroz, 1995. 128p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), Instrução Normativa Nº 46, de 6 de outubro de 2011. Estabelecer o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. Brasília, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), Instrução Normativa SARC Nº 14. Diário Oficial da União- Seção 1, nº 242, 17 de dezembro de 2004. Definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos substratos para plantas. Brasília, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Instrução Normativa SDA Nº 31. Diário Oficial da União- Seção 1, 24 de outubro de 2008. Alteração dos subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2 da Instrução Normativa nº 17 de 21/05/2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Mapa orgânico. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Not%C3%ADcias/mapa-organicov3%20\(2\).jpg](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Not%C3%ADcias/mapa-organicov3%20(2).jpg). Acesso em 06 ago. 2015

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). Instrução Normativa SDA Nº 17 de 21 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 de maio 2007. Seção 1, p.8.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O.A.; CAVALERI, P.A. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo. Campinas, 1983. 138p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; BLOCK, M.F.M. Spectrophotometry determination of nitrate in soil extracts without chemical reduction. *Pesq. Agrop. Bras.* 20, 129– 133, 1985.

MODOLO, V.A.; TESSARIOLLI NETO, J. Desenvolvimento de mudas de quiabeiro [*Abelmoschus esculentos* (L) Moench] em diferentes tipos de bandeja e substrato. *Scientia Agrícola*, v. 56, n. 2, p. 377-381, 1999.

MULLER, A.G. Comportamento térmico do solo e do ar em alface (*Lactuca sativa*.) para diferentes tipos de cobertura do solo. Piracicaba, 1991. 77p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.;

TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C.T.; M. E. SUMNER, M. E. Methods of Soil Analysis. Madison: SSSA and ASA. 1996. 983 p.

NEVES, M.C.P.; GUERRA, J.G.M.; CARVALHO, S.R.; RIBEIRO, R.L.D.; ALMEIDA, D.L. Sistema Integrado de Produção Agroecológica ou Fazendinha Agroecológica do Km 47. p.149-150. In: AQUINO, A. M.; FEIDEN, A.; FRANCO, A. A.; XAVIER, D. F.; ALMEIDA, D. F.; MONTEIRO, D.; CAMPELLO, E. F. C.; GUZMÁN, E. S.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; JESUS, E. L.; ORTEGA, E.; MENEZES, E. B.; NOBRE, F. G. A.; LIGNON, G. B.; ESPINDOLA, J. A. A.; GOMES, J. C. C.; GUERRA, J. G. M.; MAGALHÃES, J. M. S.; CARVALHO, M. M.; NEVES, M. C. P.; FERNANDES, M. C. A.; FONSECA, M. F. A. C.; RICCI, M. S. F.; RIBEIRO, R. L. D.; ASSIS, R. L.; BOTTECCHIA, R. J.; PEIXOTO, R. T. G.; FARIA, S. M.; CARVALHO, S. R. Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Editores técnicos: Adriana Maria de Aquino, Renato Linhares de Assis. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 517 p.

OLARIA, M .; NEBOT, JF; MOLINA, H .; TRONCHO, P .; LAPEÑA, G .; LLORENS, E. Efeito de diferentes substratos para a agricultura orgânica no desenvolvimento de mudas de espécies tradicionais de Solanaceae. *Espanhol Journal of Agricultural Research*, Vol.14, 2016.

OLIVEIRA E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*, v.28, p.36-40, 2010.

OLIVEIRA, E.A.G.; RIBEIRO, R.L.D.; GUERRA, J.G.M.; LEAL, M.A.A.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; ARAÚJO, E.S. 2011. Substrato produzido a partir de fontes renováveis para a produção orgânica de mudas de hortaliças. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, (Boletim técnico), 4p.

OLIVEIRA, J. R.; XAVIER, F. B.; DUARTE, N. F. Húmus de minhoca associado a composto orgânico para a produção de mudas de tomate. *Revista Agrogeoambiental*. v. 5. n. 2. p. 79-86. 2013.

OLIVEIRA, N.G.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M. Plantio direto de alface adubada com “cama” de aviário sobre coberturas vivas de grama e amendoim forrageiro. *Horticultura Brasileira* 24: 112-117, 2006.

OLSEN, K.K. Multiple wavelength ultraviolet determinations of nitrate concentration, method comparisons from the preakness brook monitoring project, October 2005 to October 2006. *Water Air Soil Pollut.* 187, 195–202, 2008.

PEIXOTO FILHO, J.U.; FREIRE, M.B.G; FREIRE, F.J.; MIRANDA, M.F.A.; PESSOA, L.G.M.; KAMIMURA, K.K. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.17, n.4, p.419–424, 2013.

PEREIRA NETO, J. T. “On the Treatment of Municipal Refuse and Sewage Sludge Using Aerated Static Pile Composting – A Low Cost Technology Approach”. University of Leeds, Inglaterra. p. 839-845. 1987.

PEREIRA NETO, J.T.; LELIS, M.P.N. Importância da umidade na compostagem: uma contribuição ao estado da arte. In . Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, AIDIS. Desafios para o saneamento ambiental no terceiro milênio. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 1 -9.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Ed. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

- PEREIRA, D. C.; GRUTZMACHER, P.; BERNARDI, F.H.; MALLMANN, L.S.; COSTA, L.A.M.; COSTA, M.S.S.S. Produção de mudas de almeirão e cultivo no campo, em sistema agroecológico. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.16, n.10, p.1100–1106, 2012.
- PEREIRA, M.S. Mineralização do resíduo da pupunheira em condições de campo e laboratório (dissertação). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2013.
- PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura. Jaguariúna: Embrapa, 2008. 9p. (Circular Técnica,19).
- RÖDER, C.; MÓGOR, Á. F.; SZILAGYI- ZECCHIN, V. J., FABBRIN, E. G. S.; GEMIN, L. G. Uso de biofertilizante na produção de mudas de repolho. *Revista Ceres*, v. 62, n. 5, p. 502–505, 2015.
- RODRIGUES, D.S.; NOMURA, E.S; GARCIA, V.A. Coberturas de solo afetando a produção de alface em sistema orgânico. *Revista Ceres*, 56(3): 332-335, 2009.
- RODRIGUES, E. T.; LEAL, P.A.M.; COSTA, E.; PAULA, T. S.; GOMES, V.A. Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*. v. 28, p. 483-488. 2010.
- RODRIGUES, E.T; LEAL, P.A.M.; COSTA, E.; PAULA, T.S.; GOMES, V.A. Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 28: 483-488, 2010.
- RUSSO, M. A. T. Tratamento de resíduos sólidos. Coimbra: Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. 2003.196 p.
- SALA, F.C.; COSTA, C.P. Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v.30, p.187-194, 2012.
- SALVADOR, E.D. Caracterização física e formulação de substratos para o cultivo de algumas ornamentais. 2000. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- SANCHES, C.A. Growth and yield of crisphead lettuce under various shade onditions. *Journal of American Society of Horticultural Science*, v.114, n.6, p.884-890, 1989.
- SANDHU, H. S; WRATTEN, S. D; CULLEN, R. Organic agriculture and ecosystem services. *Enviromental Science and Policy*, v.3, 2010.
- SANTI A.; CARVALHO, M.A.C.; CAMPOS, O.R.; SILVA, A.F.; ALMEIDA, J.L.; MONTEIRO, S. Ação de material orgânico sobre a produção e características comerciais de cultivares de alface. *Horticultura Brasileira* 28: 87-90, 2010.
- SANTOS, I.C.; CASALI, V.W.; MIRANDA, G.V. Comportamento de dez cultivares de alface adubadas com composto de lixo urbano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.2, p. 157-161, 1998.
- SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2: 287-294, 1998.
- SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D. DE.; KÄMPF, A.N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. *Ciência Rural*, 32 (6): 973-944, 2002.
- SCHWERTNER, D. V.; LÚCIO, A.D.; HAESBAERT, D.S.F.M.; BRUNES, R.R. Produtividade de alface e qualidade de mudas de tomateiro com bioproduto de batata. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.3, p.404-410, mar, 2013.

- SEEBER J, SEEBER GUH, LANGEL R.; SCHEU S.; MEYER E. The effect of macro-invertebrates and plant litter of different quality on the release of N from litter to plant on alpine pastureland. *Biol Fertil Soils* 44:783–790. 2008.
- SETUBAL, J. W.; AFONSO NETO, F. C. Efeito de substratos alternativos e tipos de bandejas na produção de mudas de pimentão. *Horticultura Brasileira*, Teresina, v. 18, p.593 – 594 jul. 2000. Suplemento.
- SHELLEY, R.M.; CARMANY, R.M.; BURGESS, J. Introduction of the milliped, *Trigoniulus corallinus* (Gervais, 1847) (Spirobolida: Trigoniulidae), in Florida, U.S.A. *Entomological News*, v.117, n.2, p.239-241, mai. 2006.
- SILVA JÚNIOR, A.A.; MACEDO, S.G.; STUKER, H. Utilização de esterco de peru na produção de mudas de tomateiro. Florianópolis: EPAGRI, (Boletim técnico). 1995. 28p.
- SILVA JÚNIOR, J. V.; CAVALCANTE, M.Z.; BRITO, S.L.S.; AVELINO, R.C.; CAVALCANTE, I.H.L. Aproveitamento de materiais alternativos na produção de mudas de tomateiro sob adubação foliar. *Rev. Ciênc. Agron.*, v. 45, n. 3, p. 528-536, 2014.
- SILVA JÚNIOR, J.V.; BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z.; BRITO, L.P.S.; AVELINO, R.C.; CAVALCANTE, I.H.L. Aproveitamento de materiais alternativos na produção de mudas de tomateiro sob adubação foliar. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 3, p. 528–536, 2014.
- SILVA V.F.; NETO, F.B.; NEGREIROS, M.Z.; PEDROSA, J.F. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. *Horticultura Brasileira*, 18:183-187, 2000.
- SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 29, n.2, p. 242-245, 2011.
- SILVA, F. F.; GONDIM, A. R. O.; VIERA, A. R.; FRANCILINO. A. H.; SILVA, Y. A.; SILVA, J. L. B. Uso de substratos e suas combinações na produção de mudas de alface e beterraba no Iguatu-CE. *Agropecuária Científica no Semiárido*. v. 9. n. 2. p. 10-16. 2013.
- SILVA, F.A.M.; VILAS-BOAS, R.L.; SILVA, R.B. da. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.32, p.131-137, 2010.
- SILVA, L. J. B.; CAVALCANTE, A. S. S.; ARAÚJO NETO, S. E. Produção de mudas de rúcula em bandejas com substrato a base de resíduos orgânicos. *Ciência e Agro tecnologia*. v. 33. n. 5. p. 1301-1306. 2009.
- SILVA, M.R. da. Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptos grandis* Hill ex Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. 1998. 105p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Silvicultura) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- SILVA, W. T. L. da.; NOVAES, A. P. de.; MARTIN-NETO, L.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; HANEDA, R. N.; FIALHO, L. L.; LEONELLI, F. C. V. Método de aproveitamento biossólido proveniente de lodo de esgoto residencial através de processo de compostagem seguido de biodigestão anaeróbia. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 50 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 13).

- SILVEIRA, E.B.; RODRIGUES, V.J.L. B.; GOMES, A.M.A.; MARIANO, R.L.R.; MESQUITA, J.C.P. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, 20:211-216, 2002.
- SIMÕES, A.C.; ALVES, G.K.E.B.; FERREIRA, R.L.F.; ARAUJO NETO, S.E. Qualidade da muda e produtividade de alface orgânica com condicionadores de substrato. *Horticultura Brasileira* 33: 521-526. 2015.
- SIQUEIRA, A.P.P. Bokashi: adubo orgânico fermentado/Ana Paula Pegorer de Siqueira, Manoel F. B. de Siqueira. Niterói: Programa Rio Rural, 2013.
- SIVIRA, A.; SANABRIA, M. E.; VALERA, N.; VÁSQUEZ, C. Toxicity of ethanolic extracts from *Lippia origanoides* and *Gliricidia sepium* to *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari: Tetranychidae). 2011.
- SMIDERLE O.J.; SALIBE A.B.; HAYASHI A.H.; MINAMI K. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substratos combinando areia, solo e Plantimax ®. *Horticultura Brasileira* 2001.19: 253-527.
- SMIT, A. M.; VAN AARDE, J. The influence of millipedes on selected soil elements: a microcosm study on three species occurring on coastal sand dunes. *Functional Ecology*, London, v. 15, p. 51-59, 2001.
- SOLE-MAURI, F.; ILLA, J.; MAGRY, A.; PRENAFETA-BOLDU, F. X.; FLOTATS, X. An integrated biochemical and physical model for the composting process. *Bioresour. Technol.*, 2007, 98, 3278–3293.
- SOUZA, E. G. F.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVEIRA, L. M.; SANTOS, M. G.; SILVA, E. F. Emergência e desenvolvimento de mudas de tomate IPA 6 em substratos. Contendo esterco ovino. *Revista Ceres*. v. 60. n. 6. p. 902-907. 2013.
- SOUZA, S. R.; FONTINELE, Y. R.; SALDANHA, C. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; KUSDRA, J. F. Produção de mudas de alface com o uso de substrato preparado com cropólitos de minhoca. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 1, p. 115-121, 2008.
- SRIDHAR, K. R.; AMBARISH, C. N. Pill millipede compost: a viable alternative to utilize urban organic solid waste. *CURRENT SCIENCE*, VOL. 104, NO. 11, 10 JUNE 2013.
- STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; MACHADO, R. G. Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. *Acta Zoológica Mexicana*. Número especial 2. p. 333-343. 2010.
- SUINAGA, F. A.; LEONARDO SILVA BOITEUX, L.S; CABRAL, C.S.; RODRIGUES, C.S. Desempenho produtivo de cultivares de alface cressa. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. Brasília, DF: Embrapa, 2013.
- TAÍZ, L.; ZIEGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3ed., Porto Alegre: Artemed, 2004, p.719.
- TAJOVSKY, K.; SANTRUCKOVA, H.; HÁNEL, L.; BALÍK, L.A. (1992) Decomposition of faecal pellets of the millipede *Glomeris hexasticha* (Diplopoda) in forest soil. *Pedobiologia* 36:146–158. 1992.
- TAVEIRA, J.A. Substratos – cuidados na escolha do tipo mais adequado. 1996 2 p. (Boletim Ibraflor Informativo, 13).
- THAKUR, P.C.; SHAIENDRA, P.A.; SINHA, K. Comparative study of characteristics of biocompost produced by millipedes and earthworms. *Pelagia Research Library*. *Advances in Applied Science Research*, 2011, 2 (3): 94-98.

- TIBAU, A.O. Matéria orgânica e fertilidade do solo. 2^a. ed. São Paulo: Nobel,1983. 220p.
- TIQUIA, S. M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. *Journal of Applied Microbiology*, v. 99, p. 816-828, 2005.
- TOLEDO, F.H.S.F.; VENTURIN, N.; MACEDO, R.L.G; DIAS, B.A.S; SILVA, I.M.M; NEVES, Y.Y.B; NASCIMENTO, G.O.; CARLOS, L. Influência da qualidade química do substrato no teor de nutrientes em folhas de mudas de eucalipto. *Ecologia e Nutrição Florestal*, Santa Maria-RS, v.1, n.2, p.89-96, 2013.
- TRANI, P.E.; FELTRIN, D.M.; POTT, C.A.; SCHWINGEL, M. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. *Horticultura Brasileira* 25: 256-260, 2007.
- TRANI, P.E.; NOVO, M.C.S.S.; CAVALLARO JÚNIOR, M.L.; TELLES, L.M.G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, p.290-294, 2004.
- TRAUTMANN, N.; OLYNCIW, E. Compost Microorganisms. In: CORNELL Composting, Science & Engineering. Disponível em: <<http://compost.css.cornell.edu/microorg.html>>. Acesso em: 21 ago. 2015.
- TREMIER, A.; DE GUARDIA, A.; MASSIANI, C.; PAUL, E.; MARTEL, J. L. A respirometric method for characterizing the organic composition and biodegradation kinetics and the temperature influence on the biodegradation kinetics, for a mixture of sludge and bulking agent to be co-composted. *Bioresour. Technol.*, 2005, 96, 169– 180.
- UNCTAD, 2006. Trade and Environment Review. UN, New York. Disponível em: <http://www.unctad.org/en/docs/ditcted200512_en.pdf>. Acesso em 12 nov. 2016.
- VAN GINKEL, J. T.; VAN HANEGHEM, I. A.; RAATS, P. A. C. Physical properties of composting material: gas permeability, oxygen diffusion coefficient and thermal conductivity. *Biosystems Engineering*, v. 81, n. 1, p. 113-125, 2002.
- VERDONCK, O; VLEESCHAUWER, D; PENNINK, R. Barck compost a new accepted growing medium for plants. *Acta Hort.*, Wageningen, v. 133, p. 221-227, 1983.
- WARREN, M. W.; ZOU X. Soil macrofauna and litter nutrients in three tropical tree plantations on a disturbed site in Puerto Rico. *Forest Ecol Manage* 170:161–171, 2002.
- ZAHARAH, A. R.; BAH, A. R. Patterns of decomposition and nutriente release by fresh *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*) leaves ina an ultisol. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 55, p. 269-277, 1999.
- ZORZETO, T. Q. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS E SUA AVALIAÇÃO NO RENDIMENTO DO MORANGUEIRO (*Fragaria* x ananassa Duch.). 2011. Tese (Mestrado em Agronomia, Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2011.