

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**POTENCIAL FERTILIZANTE DE ADUBOS
ORGÂNICOS À BASE DE ESTERCO BOVINO E SUA
UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
ALFACE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Daniel Pazzini Eckhardt

Santa Maria, RS, Brasil

2011

PPGCS/UFSM, RS ECKHARDT, Daniel Pazzini Mestre 2011

**POTENCIAL FERTILIZANTE DE ADUBOS ORGÂNICOS À
BASE DE ESTERCO BOVINO E SUA UTILIZAÇÃO NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE**

Daniel Pazzini Eckhardt

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Fertilizantes alternativos para agricultura agroecológica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência do Solo

Orientador: Prof^a. Dr^a. Zaida Inês Antonioli

Santa Maria, RS, Brasil

2011

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**POTENCIAL FERTILIZANTE DE ADUBOS ORGÂNICOS À BASE DE
ESTERCO BOVINO E SUA UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS
DE ALFACE**

elaborado por

Daniel Pazzini Eckhardt

como requisito parcial para obtenção do grau de

Mestre em Ciência do Solo

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Zaida Inês Antonioli
(Presidente/orientador – CCR/UFSM)

Prof. Dr. Carlos Alberto Ceretta
(CCR/UFSM)

Prof. Dr. Benjamin Dias Osório Filho
(UERGS)

Santa Maria, 28 de julho de 2011.

À minha mãe Nancy e aos meus avós Reinoldo e Albertina, pelo amor, carinho, educação, apoio e pela inspiração durante este período.

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

À Deus por guiar meus passos e colocar pessoas especiais no meu caminho.

À minha família em especial, a minha mãe Nancy Maria Eckhardt e meus avós Reinoldo João Pazzini e Albertina Clarinda Witt Pazzini que sempre me incentivaram a seguir em frente e alcançar meus objetivos. A vocês só tenho a agradecer por tudo que fizeram por mim. Obrigado por tudo. AMO VOCÊS.

À minha namorada Bárbara Tirloni, pelo companherismo, estímulo e principalmente pelo amor que nos une.

À professora Zaida Inês Antonioli, que sempre foi mais do que orientadora, foi um exemplo de profissional e acima de tudo amiga, quem devo muito por esta empreitada.

Ao professor Rodrigo Josemar Seminotti Jacques, co-orientador e responsável direto por essa conquista.

Ao professor Carlos Alberto Ceretta pela orientação e ajuda na realização deste trabalho.

Ao professor Benjamin Dias Osório Filho pela participação e finalização desta etapa.

Aos colegas de Mestrado, em especial Felipe Lorensini, Jackson Cerini e Gustavo Griebeler, pelas longas jornadas de estudo.

Aos Pós-Doutorandos Ricardo Steffen e Diego Golle; Doutorandos Gerusa Steffen, Eduardo Lorensi e Marciel Redin pelo apoio, pela amizade e pelos conhecimentos compartilhados.

Aos colegas de laboratório de Microbiologia do Solo e Ambiente Daiana Bortoluzzi, Deisy Morales, Manoeli Lupatini e Matheus Pontelli pela amizade criada ao longo desses anos. Aos bolsistas de Iniciação Científica Marcos Leandro dos Santos, Natielo Santana, Edicarla Trentin, Taís Backes, Raquel D'ávila e Bruna Piaia, e aos estagiários Sara Marques Silva, Simone Angela Gonzatti e Willian Braga dos Santos pelo auxílio na execução dos experimentos e pela amizade. Ao laboratorista Antônio Bassaco pela convivência e amizade.

Aos colegas de pós-graduação pelas dicas, auxílio e discussões, nem sempre ligadas à Ciência do Solo.

Aos professores do Departamento de Solos João Kaminski, Leandro Souza, Danilo Rheinheimer dos Santos, Celso Aita, Sandro Giacomini, Ricardo Dalmolin, Jean Minella, Dalvan Reinert, José Miguel Reichert, Fabrício Pedron, Flávio Eltz, Telmo Amado, e Thomé Lovato, pelas conversas e pelo aprendizado durante o curso.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES pela concessão da Bolsa de Estudo.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria

POTENCIAL FERTILIZANTE DE ADUBOS ORGÂNICOS À BASE DE ESTERCO BOVINO E SUA UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE

Autor: Daniel Pazzini Eckhardt

Orientadora: Zaida Inês Antonioli

Data: Santa Maria, 28 de julho de 2011.

A produção agropecuária gera uma diversidade de resíduos orgânicos, entre eles o esterco bovino, que muitas vezes é depositado sobre o solo sem tratamento adequado, podendo resultar em riscos ao ambiente. Processos de tratamento, como a compostagem e a vermicompostagem, possibilitam a reutilização desses materiais orgânicos como fertilizantes, como por exemplo na produção de hortaliças. O presente trabalho teve por objetivo quantificar a mineralização do nitrogênio adicionado ao solo via fertilizantes orgânicos produzidos à base de esterco de bovino e avaliar o potencial destes fertilizantes orgânicos na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.). Primeiramente avaliou-se a mineralização do nitrogênio e o índice de eficiência de três adubos orgânicos. Os tratamentos foram: solo (testemunha); solo + vermicomposto de esterco bovino; solo + vermicomposto produzido à partir de um composto de palha e esterco bovino; e solo + esterco bovino “in natura”. Foram adicionados 360,5 mg de N total kg⁻¹ de solo via fertilizantes orgânicos. Os resultados demonstram que o índice de eficiência do nitrogênio dos tratamentos foram: solo + vermicomposto de esterco bovino: 0,22; solo + vermicomposto produzido a partir de um composto de palha e esterco bovino: 0,27 ; e do solo + esterco bovino “in natura”: 0,23, no período de 112 dias. Na segunda etapa do trabalho foi avaliado o crescimento de mudas de alface em substratos formulados a partir destes três fertilizantes orgânicos, em comparação a um substrato comercial. Os adubos foram utilizados na formulação dos substratos nas proporções de 20, 40, 60, 80 e 100% (v/v). A utilização de esterco bovino em dosagens de 20% a 60% e dos vermicompostos avaliados, em dosagens crescentes a partir de 20%, resulta na produção de mudas de alface com qualidade semelhante às mudas produzidas com o substrato comercial.

Palavras-chave: composto, vermicomposto, *Lactuca sativa*, mineralização

ABSTRACT

Master Dissertation

Graduate Program in Soil Science

Federal University of Santa Maria

FERTILIZER POTENTIAL OF ORGANIC MATERIALS BASED ON CATTLE MANURE AND THEIR USE IN LETTUCE SEEDLINGS PRODUCTION

Author: Daniel Pazzini Eckhardt

Advisor: Zaida Inês Antonioli

Date: Santa Maria, 28-07-2011

Agricultural production generates a diversity of organic waste, including manure, which is often deposited on the soil without adequate treatment, that could damage the environment. Treatment processes such as composting and vermicomposting, enable reuse of these materials as organic fertilizers, for example in the production vegetables. This study aimed to quantify the nitrogen mineralization added to the soil by organic fertilizers produced based on cattle manure and evaluate the potential of these organic fertilizers in the lettuce seedlings production. First it was evaluated the nitrogen mineralization and the index of efficiency of three organic fertilizers. The treatments were: soil (control), soil + vermicompost manure produced from a compound of straw and manure, and soil + manure "in nature". 360.5 mg of total nitrogen kg^{-1} of soil were by organic fertilizers. The results show that the efficiency index of the nitrogen treatments were: soil + vermicompost manure: 0.22; soil + vermicompost produced from a compound of straw and manure: 0.27, and soil + manure "in natura": 0.23, in 112 days. In the second stage of the study the growth of seedlings of lettuce (*Lactuca sativa L.*) in substrates with these three organic fertilizers was evaluated and compared to a commercial substrate. The fertilizers were used in the formulation of the substrates in the proportions of 20, 40, 60, 80 and 100% (v / v). The use of cattle manure in concentration of 20% to 60% and the evaluated vermicomposting, in dosages increasing from 20%, results in the production of lettuce seedlings with similar quality to the seedlings with the commercial substrate.

Key-words: compost, vermicompost, *Lactuca sativa*, mineralization

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Sequência da realização do trabalho sobre potencial fertilizante de adubos orgânicos à base de esterco bovino e sua utilização na produção de mudas de alface. Santa Maria, 2011..... 22
- Figura 2** – Teores de N-NH_4^+ no solo com a adição dos fertilizantes orgânicos à base do esterco bovino. Valores são a média de quatro repetições. As barras verticais representam a diferença mínima significativa entre as médias de cada tratamento (Tukey a 5%) 34
- Figura 3** – Teores de $\text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$ no solo com a adição dos fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino. Valores são a média de quatro repetições. As barras verticais representam a diferença mínima significativa entre as médias de cada tratamento (Tukey a 5%)..... 36
- Figura 4** – Teores de N-mineral do solo (N-NH_4^+ e $\text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$) com a adição dos fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino. Valores são a média de quatro repetições. As barras verticais representam a diferença mínima significativa entre as médias de cada tratamento (Tukey a 5%) 37
- Figura 5** – Mineralização do nitrogênio no solo com a adição dos fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino. Valores são a média de quatro repetições. As barras verticais representam a diferença mínima significativa entre as médias de cada tratamento (Tukey a 5%) 38
- Figura 6** – Índice de eficiência do nitrogênio no solo com a adição dos fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino. Valores são a média de quatro repetições. As barras verticais representam a diferença mínima significativa entre as médias de cada tratamento (Tukey a 5%) 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização química dos fertilizantes orgânicos utilizados na incubação..... 31

Tabela 2 - Composição química dos fertilizantes orgânicos e do substrato comercial (Mecplant®) utilizados na produção de mudas de alface..... 49

Tabela 3- Massa fresca da parte aérea de mudas de alface cultivar Ceres, aos 14, 21 e 28 dias, cultivadas em bandejas de isopor em casa de vegetação em substratos contendo porcentagens crescentes de fertilizantes orgânicos (vermicomposto de esterco bovino – VEB; vermicomposto decomposto de palha e esterco bovino – VC; e esterco bovino - Est) e substrato comercial (MecPlant®)..... 50

Tabela 4 - Massa seca da parte aérea de mudas de alface cultivar Ceres, aos 14, 21 e 28 dias, cultivadas em bandejas de isopor em casa de vegetação em substratos contendo porcentagens crescentes de fertilizantes orgânicos (vermicomposto de esterco bovino – VEB; vermicomposto decomposto de palha e esterco bovino – VC; e esterco bovino - Est) e substrato comercial (MecPlant®)..... 52

Tabela 5 - Massa fresca da raiz de mudas de alface cultivar Ceres, aos 14, 21 e 28 dias, cultivadas em bandejas de isopor em casa de vegetação em substratos contendo porcentagens crescentes de fertilizantes orgânicos (vermicomposto de esterco bovino – VEB; vermicomposto decomposto de palha e esterco bovino – VC; e esterco bovino - Est) e substrato comercial (MecPlant®)..... 53

Tabela 6 - Massa seca da raiz de mudas de alface cultivar Ceres, aos 14, 21 e 28 dias, cultivadas em bandejas de isopor em casa de vegetação em substratos contendo porcentagens crescentes de fertilizantes orgânicos (vermicomposto de esterco bovino – VEB; vermicomposto decomposto de palha e esterco bovino – VC; e esterco bovino - Est) e substrato comercial (MecPlant®)..... 54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1.1	Resíduos orgânicos e seu descarte no solo.....	14
1.2	Compostagem	15
1.3	Vermicompostagem.....	16
1.4	Mineralização	17
1.5	Adubação Orgânica	19
1.6	Referências Bibliográficas	23
2	CAPÍTULO I – MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO ADICIONADO AO SOLO VIA FERTILIZANTES ORGÂNICOS À BASE DE ESTERCO BOVINO	28
2.1	Resumo	28
2.2	Introdução.....	28
2.3	Material e métodos	30
2.4	Resultados e discussão	33
2.5	Conclusões.....	40
2.6	Referências Bibliográficas	41
3	CAPÍTULO II – UTILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS À BASE DE ESTERCO BOVINO NA FORMULAÇÃO DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE ...	44
3.1	Resumo	44
3.2	Introdução.....	44
3.3	Material e métodos	46
3.4	Resultados e discussão	48
3.5	Conclusões.....	56
3.6	Referências Bibliográficas	57

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os resíduos são, principalmente, resultado da atividade humana, sendo de origem industrial, doméstica, comercial, agrícola, agropecuária, entre outras. O termo resíduo pode ser definido como resto, sobra, material dispensável; aquilo que resta (HOUSSAIS; VILLAR, 2009). Também pode ser definido como substâncias, materiais, ou objetos, dos quais seu detentor pretenda ou tenha a obrigação legal de se desfazer (KRIEGER et al., 1998).

O crescimento populacional, o aumento do poder aquisitivo do consumidor e a melhoria na qualidade de vida, tem elevado também o consumo de produtos, bens e serviços, resultando em aumento considerável na produção de resíduos sólidos (BARROSO; MACHADO, 2005). O último levantamento sobre resíduos sólidos no Brasil, realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2010), constatou que a geração aumentou 6,8% entre 2009 e 2010, passando de 57.011.136 para 60.868.080 t ano⁻¹. Em termos *per capita* a geração de resíduos sólidos passou de 316,7 kg hab⁻¹ ano⁻¹ em 2009 para 336,6 kg hab⁻¹ ano⁻¹ em 2010. Este levantamento indicou ainda que quase 23 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos não foram coletados, resultando em destinação inadequada. Segundo dados do IBGE (2008), o Brasil coleta diariamente aproximadamente 260.000 toneladas de lixo urbano.

Apesar da produção de resíduos estar mais concentrada no meio urbano, a atividade agropecuária, por ser a fonte geradora de matéria-prima da sociedade, origina também uma importante quantidade de resíduos, os quais nem sempre possuem uma destinação adequada, resultando em problemas de ordem ambiental. Na propriedade rural são gerados diversos resíduos, de composição e volumes variados, como dejetos de animais confinados, palhadas de culturas, capins, restos de frutas e podas, restos da alimentação animal e, resíduos provenientes do beneficiamento da produção agrícola, como cascas de grãos, grãos ou frutas descartadas, palhas, talos, restos agroindustriais, vísceras, peles e outros (INÁCIO; MILLER, 2009).

1.1 Resíduos orgânicos e seu descarte no solo

Uma considerável parte dos resíduos produzidos são de origem orgânica, como os 50% dos resíduos sólidos urbanos domiciliares produzidos no Brasil (LUNA et al., 2009) e a grande maioria dos resíduos agrícolas. Resíduos orgânicos são biodegradáveis, portanto quando dispostos no ambiente, sua decomposição ocorre pela ação de microrganismos e animais invertebrados (INÁCIO; MILLER, 2009). Os resíduos quando descartados sem tratamento no ambiente, passam por bioestabilização aeróbia ou anaeróbia, originando material líquido percolado, denominado de chorume, com elevada DQO (Demanda Química de Oxigênio), concentração de ácidos graxos voláteis e em alguns casos, concentração de metais pesados (LUNA et al., 2009). Esta prática leva à contaminação e à poluição ambiental do solo, da água e do ar.

A prática do descarte de resíduos no solo não é recente. Inicialmente era vista incondicionalmente como adequada, uma vez que adicionava material orgânico e nutrientes ao solo, resolvendo momentaneamente o problema de acúmulos em lixões. Segundo Kiehl (1985), até meados de 1840, quando Liebig lança sua teoria mineralística comprovando que as plantas necessitam apenas de nutrientes minerais e não de matéria orgânica para seu desenvolvimento, os adubos adicionados ao solo eram quase que na totalidade de origem orgânica. Posteriormente a adição de resíduos ao solo passa a ser questionada pelo seu potencial contaminador, principalmente de mananciais hídricos. No Brasil somente no início dos anos de 1990 começa a ser debatido criticamente o descarte desses resíduos no solo, como fonte poluidora (TEDESCO et al., 2008). Os resíduos orgânicos quando adicionados no solo necessitam de alguns cuidados e manejo diferenciado. Segundo Berwanger et al. (2008), resíduos como os dejetos de suínos podem ser considerados fertilizantes não equilibrados. Usualmente esses resíduos tem sido adicionados à solos agrícolas no intuito de elevar os teores de matéria orgânica e nutrientes, principalmente o nitrogênio. No entanto esta adição de resíduos orgânicos geralmente não é adequada, desconsiderando as características do solo e as exigências nutricionais das culturas, o que pode resultar em problemas ambientais, como o escoamento superficial de nitratos e fosfatos, lixiviação de nitratos e a salinização dos solos (CASTILHO et al., 2010).

Contudo a reutilização dos resíduos orgânicos não é inviabilizada. A adição desses resíduos ao solo como fertilizantes é uma prática possível, desde que sejam adicionados em

quantidades que estejam de acordo com critérios agrônômicos e a legislação ambiental. Para tanto é altamente recomendável que passem por algum tratamento de estabilização.

Dentre os processos de transformação de resíduos orgânicos se destacam a compostagem e a vermicompostagem, que diminuem o potencial contaminante dos resíduos ao convertê-los em biofertilizantes e possibilitando a reciclagem dos nutrientes no solo (DOMÍNGUEZ et al., 2010). Depois de tratado, o resíduo é denominado de adubo orgânico ou fertilizante orgânico para uso agrícola. O fertilizante orgânico pode ser definido como produto de origem animal ou vegetal que propicia melhorias nas qualidades físicas, químicas e biológicas no solo (KIEHL, 1985).

1.2 Compostagem

A compostagem é um processo controlado, caracterizado pela decomposição aeróbica da matéria orgânica, realizada por microrganismos (KIEHL, 1985). Os microrganismos degradam a matéria orgânica, utilizando-a como fonte de energia para o seu crescimento, (TÍQUIA, 2005). Na degradação da matéria orgânica os microrganismos utilizam O_2 e liberam CO_2 e água, além de gerar calor (EPSTEIN, 1997).

Para o sucesso da compostagem é preciso que os microrganismos supram suas necessidades nutricionais, principalmente em relação ao conteúdo de carbono e nitrogênio (relação C/N). Na decomposição os microrganismos utilizam em torno de 25 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio assimilada (CASTILHO et al., 2010). O carbono é usado como fonte de energia, enquanto o nitrogênio faz parte da formação de proteínas e outros compostos dos microrganismos (INÁCIO; MILLER, 2009). Fatores ambientais como oxigênio, umidade e temperatura também influenciam no desenvolvimento do processo (BRITO et al., 2008). O oxigênio é necessário por ser tratar de um processo aeróbio. A umidade é requerida pelo metabolismo microbiano, cujos teores entre 45% e 60% de umidade gravimétrica são considerados ideais (INÁCIO; MILLER, 2009). A temperatura garante a sucessão de uma população diversificada de microrganismos, e também assegura a eliminação de microrganismos patogênicos e plantas daninhas (HEIDEMANN et al., 2007). Também influenciam na eficiência do processo, fatores como a composição do material, (presença de celulose, hemicelulose e lignina que são de difícil decomposição) (VALENTE et al., 2009), o pH, a granulometria dos resíduos, e as dimensões da pilha a ser compostada (BIDONE, 2001).

O material resultante após o processo de degradação e estabilização, é denominado de composto, é homogêneo e biologicamente estável (PEIXOTO et al., 1989). É evidente que a concentração final de nutrientes é dependente da composição inicial dos resíduos no início do processo (CASTILHO et al., 2010). Apesar de não haver acréscimos de nutrientes durante o processo, pode ocorrer a biodisponibilização de nutrientes, ou ainda, perdas de nutrientes que estão ligadas principalmente à produção de chorume do material.

A compostagem é uma das técnicas mais antigas empregadas no tratamento e na reciclagem dos resíduos, resultado da facilidade de condução e dos baixos custos para o desenvolvimento do processo (ORRICO et al., 2007). Esta técnica acelera a decomposição da matéria orgânica, disponibilizando nutrientes (ORRICO et al., 2009). Nesse contexto a aplicação do método de compostagem é uma alternativa eficiente e viável na transformação de resíduos orgânicos em adubos orgânicos, possibilitando sua utilização agrícola (KROB et al., 2011).

1.3 Vermicompostagem

A decomposição dos materiais orgânicos, como resíduos animais, agrícolas, urbanos, industriais e sua transformação em fertilizantes orgânicos também pode ser realizada com o auxílio das minhocas (AMORIN et al., 2005). Este processo é denominado de vermicompostagem, que acelera a degradação da matéria orgânica quando comparada a compostagem (DOMINGUEZ; GÓMEZ-BRANDÓN, 2010).

A vermicompostagem é um processo de degradação e estabilização do material orgânico, através da ação contínua e conjunta de minhocas e de microrganismos (DOMINGUEZ et al., 2004). No processo de vermicompostagem, as minhocas ingerem os resíduos orgânicos e ao fazerem isto, digerem parte deste material e o fracionam estimulando assim a atividade dos microrganismos e, conseqüentemente, a mineralização de nutrientes, acelerando a transformação do resíduo em material humificado (LANDGRAF et al., 1999; DOMINGUEZ; PEREZ-LOUSADA, 2010).

Em comparação com a compostagem tradicional, a vermicompostagem requer um maior investimento inicial, uma vez que necessita de alguma estrutura para proteção e desenvolvimento das minhocas (CASTILHO et al., 2010), porém o vermicomposto possui

textura e granulometria menores que o material originado da compostagem tradicional, o que facilita em muito seu manuseio e aplicação no solo.

Na vermicompostagem, normalmente espécies de minhocas epígeas têm sido utilizadas, principalmente por sua capacidade de se desenvolver em resíduos orgânicos, pelo alto consumo de resíduos, pela alta taxa reprodutiva e também por sua resistência a variações ambientais (DOMINGUEZ et al., 2010). As espécies *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) e *Eisenia andrei* Bouché, 1972 (Oligochaeta, Lumbricidae) vêm sendo amplamente utilizadas na minhocultura, principalmente pelo seu desenvolvimento favorecido em ambientes ricos em matéria orgânica, como materiais em compostagem (DOMINGUEZ; PEREZ-LOUSADA, 2010).

O vermicomposto, produto final da vermicompostagem, é um material estabilizado, homogêneo, com granulometria fina, baixa relação C/N, alta porosidade e elevada capacidade de retenção de água (GÓMEZ-BRANDÓN et al., 2010). O vermicomposto é rico em nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (AMORIN et al., 2005). A adição de vermicomposto eleva a porosidade e a retenção de água no solo e também aumenta a disponibilidade de nutrientes às plantas (DOMÍNGUEZ et al., 2010).

1.4 Mineralização

A utilização de fertilizantes orgânicos como o composto e o vermicomposto alcança maiores proporções, principalmente em cultivos orgânicos e na produção de mudas de hortaliças e florestais, embasada fundamentalmente na redução do uso de fertilizantes minerais (ANTONIOLLI et al., 2009). Entre os benefícios da utilização de adubos orgânicos, está incluso o baixo custo de produção, o acúmulo de carbono e nitrogênio orgânico no solo, e sua disponibilização gradual de nutrientes para a planta (BOEIRA; MAXIMILIANO, 2009; CAMARGO et al., 1997).

Existem diversos resíduos que podem ser utilizados na composição do fertilizante orgânico, como esterco e restos vegetais (EDWARDS, 2004). No entanto, um dos maiores empecilhos para sua aceitação e disseminação está relacionado ao baixo número de informações sobre sua caracterização química e a resposta agrônômica em diferentes culturas (ANTONIOLLI et al., 2009).

A aplicação de fertilizantes orgânicos ao solo deve ser realizada segundo critérios técnicos (MELO et al., 2008). O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais limitantes ao desenvolvimento das plantas. Assim é importantíssimo a quantificação do teor de nitrogênio mineral e da fração mineralizável do nitrogênio (FMN) dos compostos nitrogenados orgânicos presente nos fertilizantes orgânicos (MOORE et al., 2010). A FMN do fertilizante orgânico, somada ao nitrogênio mineral contido no solo, indicará o nitrogênio total disponível à cultura durante o ciclo (BOEIRA et al., 2009). Também precisam ser consideradas as necessidades nutricionais das culturas, principalmente em relação ao nitrogênio, evitando escoamento e percolação de nitrato, poluente potencial de mananciais hídricos (MANTOVANI et al., 2006).

Diferentemente dos fertilizantes minerais, que são solúveis e disponibilizam os nutrientes assim que adicionados ao solo, nos fertilizantes orgânicos os nutrientes estão presentes predominantemente na forma orgânica e necessitam passar pelo processo de mineralização para então ficarem disponíveis na solução do solo. O nitrogênio na forma orgânica, ao ser mineralizado pela microbiota do solo, é convertido nas formas inorgânicas de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) para então se apresentarem biodisponíveis às plantas.

O potencial de mineralização do nitrogênio é a fração do nitrogênio orgânico suscetível a mineralização, e a taxa de mineralização é a velocidade com que esse nitrogênio orgânico é mineralizado tornando-se disponível às plantas (CAMARGO et al., 1997). A velocidade de mineralização do nitrogênio é influenciada pela relação C/N dos resíduos orgânicos, pelas proporções de substâncias orgânicas nitrogenadas rapidamente/lentamente mineralizáveis e pela presença de substâncias tóxicas aos microrganismos decompositores (MOORE et al., 2010).

A determinação da fração mineralizável do nitrogênio, ao longo do tempo, permite obter informações importantes sobre a dinâmica dos materiais orgânicos no solo (MANTOVANI et al., 2006). Para estimar a mineralização do nitrogênio orgânico são utilizados métodos de incubação de amostras de solo sob condições controladas de temperatura, umidade e luminosidade (YAGI et al., 2009), nas quais a liberação do nitrogênio inorgânico é determinada em extratos obtidos por percolação ou agitação de amostras com solução salina diluída (WANG et al., 2003).

Vieira & Cardoso (2003), trabalhando com a recomendação de doses de lodo de esgoto concluíram que sua aplicação baseada apenas no requerimento de nitrogênio pela cultura e na fração de mineralização do biossólido, pode ocasionar perdas de nitrogênio. Essas perdas ocorrem principalmente no início do ciclo vegetativo da cultura, uma vez que as

necessidades das plantas estão abaixo da disponibilidade de nitrogênio mineral presente na solução do solo, e este pode ser escoado ou lixiviado, resultando em danos ao ambiente.

Independentemente da origem, e das quantidades de lodo de esgoto previamente aplicadas, a mineralização atinge valores próximos a 30%, resultando conseqüentemente na permanência de 70% do nitrogênio adicionado via lodo de esgoto. As quantidades de nitrogênio mineral encontradas durante a incubação de lodo de esgoto e solo foram proporcionais às quantidades de nitrogênio orgânico aplicado, (BOEIRA; MAXIMILIANO, 2009).

A aplicação de composto à base de lixo orgânico, como fonte de adubação nitrogenada, resultou em valores de mineralização acima de 12%, aos 120 dias. Isto demonstra que este composto apresenta considerável valor fertilizante, apresentando ainda uma disponibilização lenta de nitrogênio para as plantas (MANTOVANI, 2006).

1.5 Adubação orgânica

A rentabilidade é o principal objetivo de uma empresa agrícola, sendo diretamente influenciada pelo uso racional dos recursos disponíveis no processo de produção (SILVA et al., 2008). Assim, todo resíduo gerado a partir de uma atividade deve ser reutilizado ou reaproveitado em outra atividade, afim de maximizar o aproveitamento das matérias-primas.

A produção agrícola gera uma diversidade de resíduos, os quais na sua grande maioria de origem orgânica, todos passíveis de reutilização na fertilização agrícola. Esses resíduos tem ainda a vantagem de serem incluídos na produção orgânica de alimentos permitindo a reciclagem dos nutrientes. Segundo a ANDA (Associação Nacional para Difusão de Adubos), em 2010 o consumo de fertilizantes entregues ao consumidor final, ultrapassou a casa das 24.516.186 toneladas em todo território brasileiro, destacando ainda que deste total, mais de 60% é importado. O uso de adubação orgânica é visto como alternativa aos fertilizantes minerais que são oriundos de fontes escassas e de elevado custo para aquisição (SCHUMACHER et al., 2001).

Entre uma série de fertilizantes orgânicos, o composto e o vermicomposto, surgem como alternativas à produção de mudas florestais e hortaliças. Segundo Maia et al. (2006), a produção das mudas é um importante fator, do sucesso ou não, na implantação de hortas e

pomares. Os nutrientes presentes no substrato, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio têm grande influência na qualidade das mudas produzidas.

No desenvolvimento das plantas, as limitações do substrato são consideradas as principais responsáveis pela mortalidade das mesmas após seu transplântio (TUCCI et al., 2009). O substrato tem a finalidade de garantir o desenvolvimento de uma muda de qualidade, em curto período e com baixo custo, reunindo características físicas e químicas que promovam a retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes, atendendo às necessidades da planta (CUNHA et al., 2006).

Inúmeros trabalhos são encontrados na literatura exemplificando resultados alcançados na produção de espécies florestais e hortaliças cultivadas com fertilizantes orgânicos. Schumacher et al. (2001), mostraram que o uso de vermicomposto na produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, resulta em mudas de boa qualidade, porém a dosagem máxima de vermicomposto deve atingir cerca de 30 % do total do substrato, pois dosagens superiores inibem o desenvolvimento das mudas.

A produção de mudas de *Hovenia dulcis* Thunberg (uva-do-japão) também foi satisfatória quando produzida com vermicomposto, apresentando os melhores resultados quando a concentração de vermicomposto foi de 40% (v:v). No entanto, maiores dosagens de vermicomposto necessitam ser estudadas, uma vez que essa dosagem atingiu os maiores valores de todos os parâmetros avaliados, não sendo possível definir sua máxima eficiência (VOGEL et al., 2001).

Na implantação da erva-mate, a utilização de vermicomposto de esterco bovino na quantidade de 1 kg por cova, induziu um maior crescimento inicial das plantas, relacionado principalmente com a contribuição química e física do adubo orgânico (SAIDELLES et al., 2003).

Para Cunha et al. (2006), estudando diferentes substratos e a influência sobre o desenvolvimento de mudas de *Acácia* sp., o substrato composto somente com lodo de esgoto proporcionou maior desenvolvimento às mudas de *A. mangium* e *A. auriculiformis*. Este substrato também favorece a acumulação de nitrogênio e de cálcio. Porém ao comparar diferentes substratos com mesma proporção de material orgânico, o melhor desenvolvimento das mudas, ocorreu com a utilização de esterco bovino, acompanhado de maior acúmulo de fósforo, potássio e magnésio.

O cultivo de hortaliças também demonstra a aptidão do uso de compostos orgânicos. Silva et al. (2008), ao avaliar a germinação de sementes e a produção de mudas de alface em diferentes substratos, concluíram que a associação de esterco e húmus na proporção de duas

partes para uma (2:1/v:v) proporciona um maior acúmulo de massa seca em plântulas de alface, resultando em maior vigor, apesar do mesmo não favorecer o índice de velocidade de emergência, e a taxa de germinação, demonstrando ser uma alternativa para a produção orgânica de plantas de alface com qualidade.

Fertilizantes orgânicos como esterco bovino ou vermicomposto associados a casca de arroz carbonizada podem ser utilizados na composição de substratos alternativos para a produção de mudas de pimentão (NETO et al., 2009). Segundo Steffen et al. (2009), a associação de vermicomposto e casca de arroz em diferentes concentrações, empregadas na produção de mudas de alface originou mudas com padrão comercial. Santos et al. (2001), mostraram que a utilização de adubo orgânico eleva os teores de fósforo e da CTC do solo, proporcionando efeito residual sobre produção de alface, cultivada até 110 dias após a sua aplicação.

A utilização de composto orgânico misto na produção de mudas de alface, apesar dos teores de matéria orgânica do substrato comercial serem superiores aos teores dos demais substratos, proporcionou maior número de folhas e maior comprimento da raiz. Isto indica que o composto orgânico pode substituir com sucesso os substratos comerciais na produção de mudas de alface, com grande eficiência e custos menores (MEDEIROS et al., 2008). Porém o uso de substratos à base de vermicomposto somente contribui para o crescimento de mudas de alface se a sua contribuição química for superior a condição química do solo, em vista de atender às necessidades nutricionais das plantas (SOUZA et al., 2008)

Ao realizar uma análise econômica sobre a produção orgânica de alface, com esterco bovino e cama de aves, na Turquia, Engindeniz & Tuzel, (2006) mostraram que a produção de alface com diferentes adubos orgânicos em casa de vegetação, resulta em plantas de alta qualidade (principalmente em dosagens de 30 t ha⁻¹ de esterco bovino). Assim, demonstram que esta pode ser uma alternativa viável economicamente, com potencial a ser disseminado, principalmente para pequenos produtores que desejam intensificar sua produção.

A vista do que foi exposto, o trabalho busca caracterizar os adubos orgânicos à base de esterco bovino em relação ao seu potencial fertilizante nitrogenado, e quantificar sua aplicação na produção orgânica de mudas de alface. Para satisfazer os objetivos propostos, foram elaboradas as seguintes hipóteses: a) a utilização de adubos orgânicos à base de esterco bovino pode apresentar potencial fertilizante nitrogenado; b) a aplicação de adubo orgânico oriundo do esterco bovino pode apresentar dosagem limitante para produção de mudas de alface.

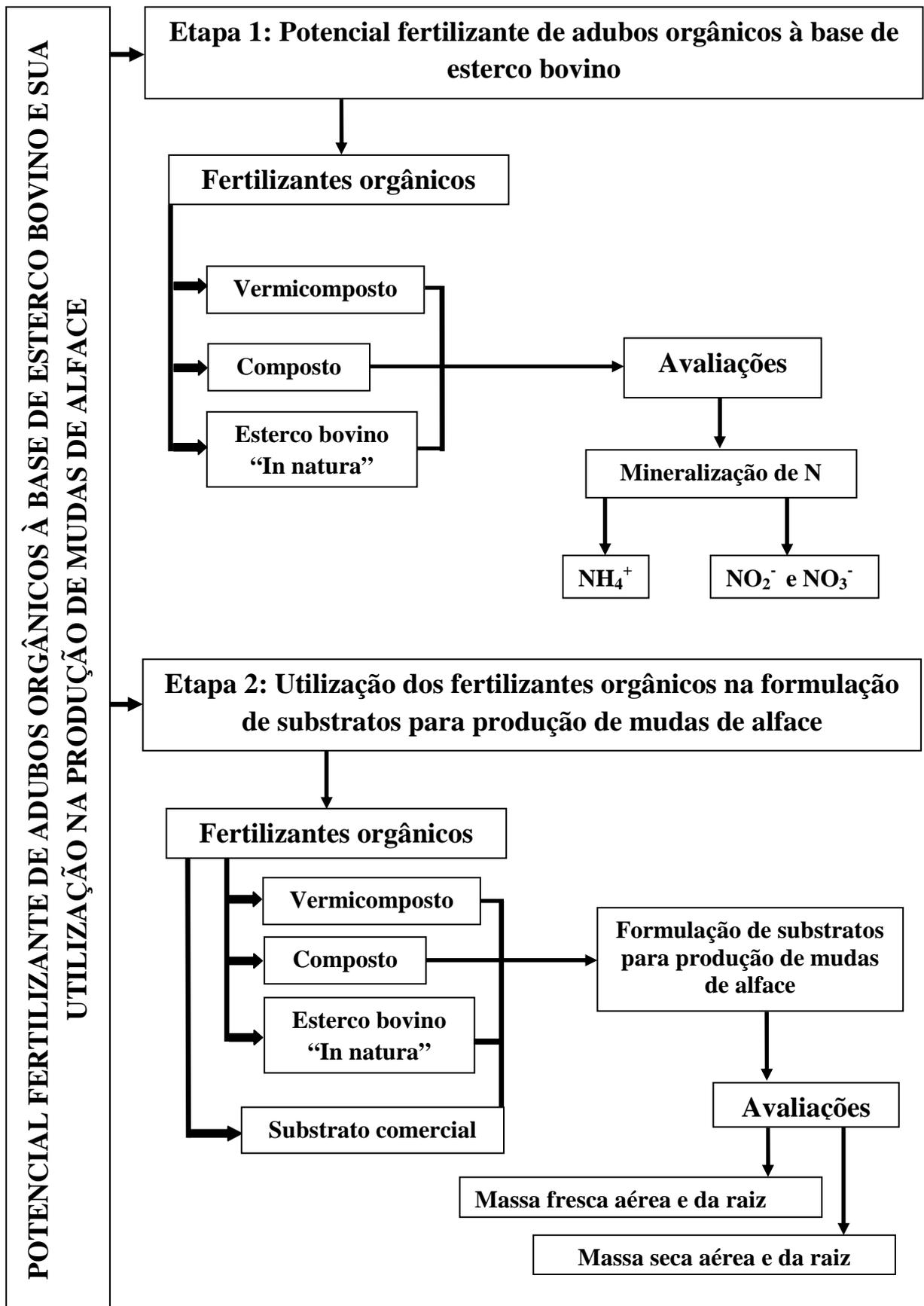


Figura 1 – Esquema do trabalho realizado sobre o potencial fertilizante de adubos orgânicos à base de esterco bovino e sua utilização na formulação de substratos para produção de mudas de alface. Santa Maria, 2011.

1.6 Referências Bibliográficas

ABRELPE. **Panorama de resíduos sólidos no Brasil 2010**. p. 30 – 32, 2010. Disponível em <<http://www.abrelpe.org.br/downloads/Panorama2010.pdf>> Acesso em 30 abr. 2011.

AMORIM, A. C.; JUNIOR, J. L.; RESENDE, K. T. de. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 25, n.1, p. 57 - 66, 2005.

ANDA - **Associação Nacional para Difusão de Adubos**. 2011. Disponível em <<http://www.anda.org.br/Principais-Indicadores-2010-Det.pdf>> Acesso em 28 de abril de 2011.

ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato Para a multiplicação de *Eisenia fetida* Savigny (1826). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 824-830, 2009.

BARROSO, A. P.; MACHADO, V. H. A gestão logística dos resíduos em Portugal. **Investigação Operacional**, n. 25, p. 179-194, 2005.

BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; RHEINHEIMER, D. S. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2525 - 2532, 2008.

BIDONE, F. R. A. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES. Rio de Janeiro. Brasil, 2001.

BOEIRA, R. C.; MAXIMILIANO, V. C. B. Mineralização de compostos nitrogenados de lodos de esgoto na quinta aplicação em latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 711 - 722, 2009.

BRITO, L. M. et al. Transformação da matéria orgânica e do nitrogênio durante a compostagem da fração sólida do chorume bovino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, 2008.

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 21, p. 575 - 579, 1997.

CASTILLO, H. et al. 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.

CUNHA, A. M. et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.

DOMÍNGUEZ, J. State of the art and new perspectives in vermicomposting research. **Earthworm Ecology**, p. 401-425. In: C. A. Edwards (ed). CRC Press. Boca Raton. 2004.

DOMÍNGUEZ, J.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, Número Especial 2: p. 309 - 320, 2010.

DOMÍNGUEZ, J.; LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, Número Especial 2: p. 359 - 371, 2010.

DOMINGUEZ, J. & PEREZ-LOUSADA, M. *Eisenia fetida* (savigny, 1826) y *Eisenia andrei* Bouché, 1972 son dos especies diferentes de Lombrices de tierra. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, Número Especial 2: p. 321 - 331, 2010.

EDWARDS, C. A. The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. In: EDWARDS, C.A. (Org.). **Earthworm Ecology**. Boca Raton: St. Lucie Press, p. 327-354, 2004.

ENGINDENIZ, S. & TUZEL, Y. Economic analysis of organic greenhouse lettuce production in turkey. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n. 3, p. 285-290, 2006.

EPSTEIN, E. The Science of Composting. **Boca Raton, FL: CRC Press**. 1997.

GÓMEZ - BRANDÓN, M. et al. Papel de las lombrices de tierra en la degradación del bagazo de uva: efectos sobre las características químicas y la microflora en las primeras etapas del proceso. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México Número Especial 2: p. 397 - 408, 2010.

HEIDEMANN, B. R. et al. Compostagem acelerada: análise microbiológica do composto. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 8, p. 42 – 46, 2007.

HOUAISS, A. & VILLAR, M. S. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Objetiva, 1ª edição, Rio de Janeiro, 2009. p. 1651

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/tabelas_pdf/tab093.pdf> Acesso em: 28 abr. 2011.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2009. 156p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KRIEGER, M. G. et al. **Dicionário de direito ambiental: Terminologia das leis do meio ambiente**. Editora Universidade/UFRGS/Procuradoria Geral da República, Porto Alegre/Brasília, p. 313, 1998.

KROB, A. L. et al. Propriedades químicas de um Argissolo tratado sucessivamente com composto de lixo urbano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 433 - 439, 2011.

LANDGRAF, M. D. et al. Caracterização de ácidos húmicos de vermicomposto de esterco bovino compostado durante 3 e 6 meses. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 483-486, 1999.

LUNA, M. L. D. et al. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n.1, p.113-121, 2009.

MAIA, A. F. C. A.; MEDEIROS, D. C.; FILHO, J. L. Adubação orgânica em diferentes substratos na produção de mudas rúcula. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, n. 2, p.89-95, 2006.

MANTOVANI, J. R. et al. Mineralização de carbono e de nitrogênio provenientes de composto de lixo urbano em argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 677 - 684, 2006.

MEDEIROS, D. C. et al. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, n. 26, p. 186-189, 2008.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 101 - 110, 2008.

MOORE, A. D. et al. Mineralization of Nitrogen from Biofuel By-products and Animal Manures Amended to a Sandy Soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 41, p. 1315 – 1326, 2010.

NETO, S. E. A. et al. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, 2009.

ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 483-491, 2009.

ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ORRICO JÚNIOR, M.A.P. Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 764-772, 2007.

PEIXOTO, R.T. dos G.; ALMEIDA, D. L. de; FRANCO, A. A. Compostagem de lixo urbano enriquecido com fontes de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 599 - 606, 1989.

SAIDELLES, F. L. F.; REINERT, D. J.; SALET, R. L. Crescimento inicial de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em três classes de solos, na região central do rio grande do sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 17-25, 2003.

SANTOS, R. H. S. et al. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1395-1398, 2001.

SCHUMACHER, M. V. et al. Influência do vermicomposto na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill exMaiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 121-130, 2001.

SILVA, E. A. et al. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 245-254, Londrina, 2008.

SILVA, P. A. M. Et al. Response function of the crisphead lettuce under irrigation depths and nitrogen rates. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 4, p. 1266-1271, Lavras, 2008.

SOUZA, S. R. et al. Produção de mudas de alface com o uso de substrato preparado com coprólitos de minhoca. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 1, p. 115-121, Lavras, 2008.

STEFFEN, G. P. K. et al. Vermicompost de estiércol bovino y de cáscara de arroz carbonizada como sustratos para la producción de plántulas de perrito de corte. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, Número Especial 2: p. 345 - 357, 2010.

TEDESCO, M. J. et al. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. **Fundamentos da matéria orgânica no solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. Editora metrópole, p. 113 – 135, 2008.

TIQUIA, S. M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. **Journal of Applied Microbiology**, 99: p. 816-828, 2005.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, v. 39 n. 2, p. 289 – 294, 2009.

VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia** v. 58, p. 59 – 85, 2009.

VIEIRA, R. F.; CARDOSO, A. A. Variações nos teores de nitrogênio mineral em solo suplementado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 867-874, 2003.

VOGEL, H. L. M. et al. Utilização de vermicomposto no crescimento de mudas de *Hovenia dulcis* Thunberg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 21-27, 2001.

WANG, W.J.; SMITH, C.J. & CHEN, D. Towards a standardized procedure for determining the potentially mineralizable nitrogen of soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p. 362 - 374, 2003.

YAGI, R. et al. Mineralização potencial e líquida de nitrogênio em solos. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 33, p. 385 -394 , 2009.

2 CAPÍTULO I

MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO ADICIONADO AO SOLO VIA FERTILIZANTES ORGÂNICOS À BASE DE ESTERCO DE BOVINO

2.1 Resumo

A utilização de adubos orgânicos pelos produtores está relacionada ao conhecimento do seu potencial fertilizante. O objetivo do trabalho foi avaliar a mineralização do nitrogênio e determinar o índice de eficiência de três fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino adicionados ao solo. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: solo - testemunha; solo + vermicomposto de esterco bovino (VEB); solo + vermicoposto de um composto de palha e esterco bovino (CV); e solo + esterco bovino “in natura” (EB). Nos tratamentos foram adicionados 360,5 mg de N total kg^{-1} de solo via fertilizantes orgânicos, sendo estes misturados a 133,4 g de solo e incubados em estufa à 25°C. No momento da instalação (tempo 0), aos 7, 14, 28, 56 e 112 após o início da incubação foram determinados os teores de N mineral. Os resultados encontrados demonstram que o índice de eficiência do nitrogênio (0,3) apontado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004 não é atingido por nenhum fertilizante estudado nesse trabalho, no período de 112 dias.

Palavras-Chave: adubos orgânicos, resíduos agrícolas, adubação nitrogenada.

2.2 Introdução

A elevação da renda da população e a abertura de mercados externos nos últimos anos trouxe por consequência o aumento da demanda por alimentos de origem animal, o que representa uma tendência de aumento da exploração intensiva de animais (PIRES, 2002). Este tipo de exploração pecuária, também denominado de confinamentos, gera grande quantidade

de dejetos em pequenas áreas, o que geralmente traz problemas de poluição ambiental devido à dificuldade de tratamento e disposição adequada dos dejetos animais (CAMPOS et al., 2003).

Frequentemente, os dejetos são aplicados no solo como forma de descarte e como fonte de nutrientes para as plantas. Porém, a utilização destes resíduos sem oferecer riscos a saúde humana, está vinculada a um tratamento prévio, a fim de torná-los biologicamente estáveis. Estes materiais se descartados sem um correto tratamento representam grande risco de poluição do solo, da água e do ar devido a elevada concentração de nutrientes (N, P, entre outros), DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Biológica de Oxigênio), concentração de ácidos graxos voláteis, quantidade de coliformes fecais e, em alguns casos, concentração de metais pesados (LUNA et al., 2009).

Dentre os processos de tratamento de resíduos orgânicos se destacam a compostagem e a vermicompostagem, que diminuem o potencial contaminante dos resíduos ao convertê-los em biofertilizantes o que possibilita sua aplicação no solo como fonte de nutrientes (DOMÍNGUEZ et al., 2010), permitindo assim a ciclagem de nutrientes dentro da unidade de produção agrícola.

A compostagem é um processo controlado, caracterizado pela decomposição aeróbica da matéria orgânica, realizada por microrganismos (INÁCIO; MILLER, 2009). Os microrganismos degradam a matéria orgânica, utilizando-a como fonte de energia para o seu crescimento.

Na vermicompostagem a decomposição dos materiais orgânicos é realizada com o auxílio das minhocas (AMORIN et al., 2005), o que acelera a degradação da matéria orgânica quando comparada a compostagem (DOMINGUEZ; GÓMEZ-BRANDÓN, 2010). Depois de tratado, o material orgânico é denominado de adubo orgânico ou fertilizante orgânico sendo utilizado na agricultura, propiciando melhorias nas qualidades físicas, químicas e biológicas no solo (KIEHL, 1985). No entanto, um dos maiores empecilhos para sua aceitação e disseminação está relacionado ao baixo número de informações sobre sua caracterização química e a sua resposta agrônômica em diferentes culturas (ANTONIOLLI et al., 2009).

Diferentemente dos fertilizantes minerais, a maior parte dos nutrientes contidos nos fertilizantes orgânicos estão na forma orgânica, logo, necessitam ser mineralizados pela ação dos microrganismos para que quando na solução do solo, sejam absorvidos pelas plantas. Desta maneira, torna-se fundamental que sejam conhecidas as taxas de mineralização dos nutrientes contido nos fertilizantes orgânicos para que possam serem feitas orientações seguras sobre sua utilização (MELO et al., 2008).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes ao desenvolvimento das plantas. Assim é importante a quantificação do teor de nitrogênio mineral (N_{\min}) e da fração mineralizável do nitrogênio dos compostos nitrogenados presente nos fertilizantes orgânicos (MOORE et al., 2010). Para estimar a mineralização do nitrogênio contido nos fertilizantes orgânicos, comumente são utilizados métodos de incubação sob condições controladas de temperatura, umidade e luminosidade (YAGI et al., 2009).

O “Manual de Adubação e de Calagem”, editado oficialmente pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cuja última atualização foi realizada no ano de 2004 (CQFS/RS-SC, 2004), apresenta informações valiosas sobre o índice de eficiência, que se refere a proporção de nitrogênio mineralizado em relação a quantidade de nitrogênio total adicionado via fertilizante orgânico durante um cultivo. No entanto, este manual apresenta coeficientes fixos para a sua recomendação, podendo incorrer em erros de sub/superestimação, já que não refletem a variabilidade dos fertilizantes, principalmente no que se refere ao processo de estabilização, consequentemente resultando em recomendações inadequadas, limitando a utilização destes.

O objetivo do trabalho foi avaliar a mineralização do nitrogênio e determinar o índice de eficiência de três fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino adicionados ao solo.

2.3 Material e métodos

O presente estudo constou de uma incubação em condições controladas de temperatura umidade, e luminosidade durante 112 dias, desenvolvida no Laboratório de Microbiologia do Solo e do Ambiente do Departamento de Solos, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - RS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados (4 tratamentos x 4 repetições x 6 datas). O solo utilizado na incubação foi coletado na camada 0-5 cm de um Argissolo Vermelho distrófico arênico, pertencente a Unidade de Mapeamento São Pedro (BRASIL, 1973), sendo acondicionado em saco plástico até o momento da incubação. O solo coletado apresentava as seguintes características: pH em água (1:1) 5,8; Índice SMP 6,6; teor de carbono 8,1 g kg⁻¹; teor de nitrogênio total 0,09 mg kg⁻¹ de solo; N-NH₄⁺ 1,45 mg kg⁻¹ de solo; N-NO₂⁻ + N-NO₃⁻ 4,44 mg kg⁻¹ de solo; saturação por bases 70,5%; matéria orgânica de 14 g kg⁻¹; argila 130 g dm⁻³; P 37,0 mg dm⁻³; K 0,286 mg dm⁻³; H+Al 2,2 cmol_c dm⁻³; Ca 3,8 cmol_c dm⁻³; Mg 1,2 cmol_c dm⁻³.

O solo foi peneirado em malha 4 mm, homogeneizado e sua umidade foi ajustada para 80% da capacidade de campo. Os tratamentos Solo - testemunha ; solo + vermicomposto de esterco bovino - VEB; solo + vermicomposto produzido a partir de um composto de palha e esterco bovino - CV; e solo + esterco bovino “in natura” – EB (Tabela 1), foram pré-secos a 40°C e triturados manualmente, com auxílio de graal, em grânulos com diâmetro aproximado de 1mm.

Posteriormente os tratamentos foram acondicionados em recipientes de acrílico (110 mL) que corresponderam às unidades experimentais, em duas etapas, sendo em cada uma delas realizada uma compactação de forma a adequar a densidade das misturas a 1,2 g cm⁻³. A quantidade de fertilizantes orgânicos incorporados em cada frasco foi de 2,2, 2,45 e 2,27g para os tratamentos VEB, VC e Est. respectivamente, o que equivale a adição de 360,5 mg de nitrogênio total Kg⁻¹ de solo. Este valor foi calculado com base na quantidade de adubo mineral nitrogenado recomendada no Manual de Adubação (CQFS, 2004) para cultura da alface. Nos fertilizantes orgânicos foram determinados os teores de N-NH₄⁺ e N-NO₂⁻ + N-NO₃⁻, conforme metodologia preconizada por Tedesco et al. (1995). Os teores de N total, P (%), K (%) e M.O (g kg⁻¹) foram determinados pelo método de Walkley-Black, modificado segundo EMBRAPA, (1997). Os teores de C (%) foram determinados segundo EMPRAPA, (1997) (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização química dos fertilizantes orgânicos utilizados na incubação.

Fertilizante	N _{tot}	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻	K	P	C	C/N	C	M.O
	----- (%) -----						----- g Kg ⁻¹ -----		
VEB ⁽¹⁾	1,97	0,01	0,18	1,45	1,65	22,8	11,5	393	678
VC	1,99	0,02	0,17	2,01	1,97	23,2	11,6	232	399
Esterco	2,22	0,02	0,17	2,49	1,08	30,5	13,7	305	526

⁽¹⁾VEB – vermicomposto de esterco bovino; CV – vermicomposto de composto de palha e esterco; EB – esterco bovino.

As unidades experimentais foram acondicionadas em frascos de vidro com capacidade de 1500 mL para evitar a perda excessiva de umidade. Os frascos contendo as unidades experimentais foram acondicionados e mantidos em estufa de incubação do tipo DBO, na ausência de luminosidade e a uma temperatura de 25±1°C. Os frascos de 1500 mL foram abertos a cada sete dias (cerca de 10 minutos) para evitar a deficiência de O₂. A umidade foi

controlada por meio da pesagem das unidades experimentais e, quando necessário, foi adicionada água destilada para manter a umidade a 80% da capacidade de campo.

Logo após a montagem (tempo 0) e aos 7, 14, 28, 56 e 112 dias após o início da incubação, o solo era retirado de cada unidade experimental, homogeneizado e separado em duas porções. Logo depois, uma porção dos solos foi submetida à análise de $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ e $N-NO_3^-$, seguindo a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995), que é descrita resumidamente: 20 g de solo úmido foram adicionados em frascos “snap-cap” de 90 mL. Em seguida, foi adicionado 80 mL da solução KCl 1 mol L⁻¹ e, logo depois, os frascos contendo o solo mais a solução de KCl foram agitados durante 30 minutos, usando agitador horizontal. Posteriormente, a solução mais o solo permaneceram em repouso durante 30 minutos. Em seguida, uma alíquota de 20 mL foi retirada e adicionada a tubos de destilação com capacidade de 100 mL. Posteriormente, foi adicionado em cada tubo 0,2 g de MgO e imediatamente conectado no destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl, para a destilação de $N-NH_4^+$ até recolher 35 mL de destilado, em 5 mL de indicador ácido bórico. Em seguida, esse extrato foi titulado com H₂SO₄ 0,0250 mol L⁻¹. Posteriormente, a amostra foi resfriada e adicionado 0,2 g de Liga de Devarda, sendo novamente o tubo acoplado ao destilador, para a destilação do $N-NO_2^- + N-NO_3^-$, como descrito logo acima para a determinação de $N-NH_4^+$.

A segunda porção do solo foi utilizada para a determinação de umidade, seguindo a metodologia descrita resumidamente: foram pesadas latas de alumínio com capacidade de 100 mL, pré-secas em estufa a 105 °C e resfriadas em dessecador. Em seguida, em cada lata foi adicionado 40 g de solo úmido e, logo depois, as latas + solo foram pesadas novamente. Posteriormente, as latas contendo o solo úmido foram mantidas por 24 horas em estufa a 105°C, onde atingiram peso constante e resfriadas em dessecador e, novamente pesadas (lata + solo seco). Pela diferença de massa entre o solo úmido e o solo seco foi obtida a umidade do solo para cada unidade experimental. Com isso, os valores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_2^- + N-NO_3^-$ obtidos foram expressos em mg de N kg⁻¹ de solo seco.

Com os teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_2^- + N-NO_3^-$ foram obtidos os valores de N mineral (N_{min}) (Equação 1):

$$N_{min} = N-NH_4^+ + N-NO_2^- + N-NO_3^- \dots\dots\dots \text{Equação 1}$$

A evolução da taxa de mineralização de N dos diferentes tratamentos ao longo da incubação foi avaliada através da mineralização líquida (N_{liq}) (Equação 2):

$$N_{liq} = N_{min} \text{ solo com fertilizante} - N_{min} \text{ do solo testemunha} \dots\dots\dots \text{Equação 2}$$

onde: N_{liq} = mineralização líquida (mg de N kg^{-1}); N_{min} = teores de $N-NH_4^+$ + $N-NO_2^-$ + $N-NO_3^-$ em cada tempo avaliado (mg de N kg^{-1}).

A N_{liq} indica se houve predomínio da mineralização do N (valor positivo) ou da imobilização do N (valor negativo), a cada tempo de coleta e para cada combinação solo-material orgânico (GIACOMINI, 2005).

Também foi calculado o índice de eficiência (IE) dos diferentes fertilizantes orgânicos (Equação 3)

$$IE = (N_{min} / N_{tot}) * 100 \dots\dots\dots \text{Equação 3}$$

onde: IE = índice de eficiência (%); N_{tot} = nitrogênio adicionado via fertilizante orgânico mais o nitrogênio (orgânico + mineral) do solo, determinado segundo Tedesco et al. (1995), (mg de N kg^{-1}); N_{min} = teores de $N-NH_4^+$ + $N-NO_2^-$ + $N-NO_3^-$ em cada tempo avaliado (mg de N kg^{-1}).

Os resultados obtidos para cada data de avaliação do nitrogênio mineralizado foram submetidos a análise da variância e as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, com uso de software SIGMAPLOT.

2.4 Resultados e discussão

Os maiores teores de $N-NH_4^+$ foram encontrados no período compreendido entre o tempo zero e 28 dias de incubação (Figura 2). O tratamento com adição de esterco “in natura” apresentou os maiores valores de $N-NH_4^+$ no tempo zero, aos 14 e aos 28 dias de incubação. Esse resultado está relacionado ao fato desse fertilizante não ter passado pelo processo de transformação e estabilização, ao contrário dos fertilizantes vermicomposto de esterco bovino e vermicomposto de material compostado de esterco e palha que foram submetidos aos processos de vermicompostagem e compostagem/vermicompostagem, respectivamente, permitindo que o nitrogênio contido nas frações orgânicas mais lábeis seja convertido a $N-NH_4^+$ e posteriormente $N-NO_3^-$ durante o processo de estabilização (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

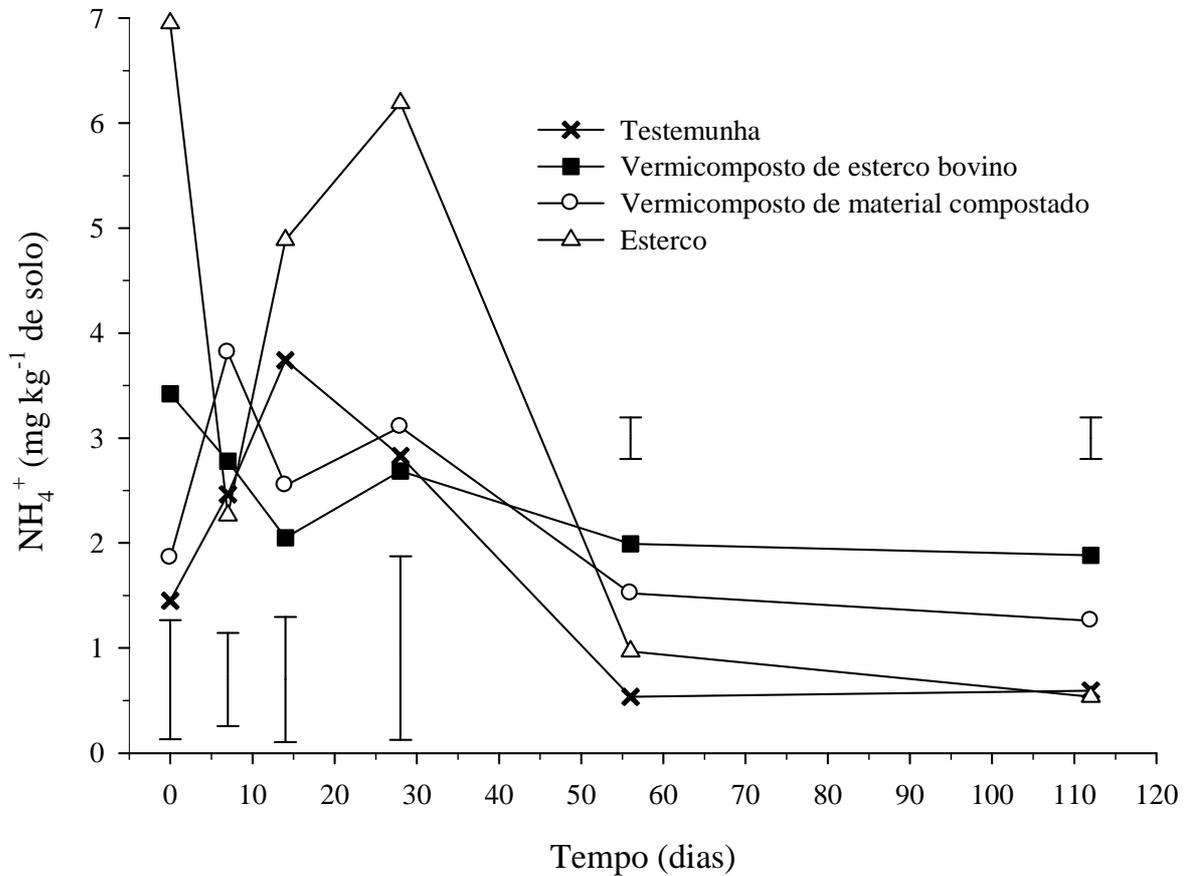


Figura 2 – Teores de $N-NH_4^+$ no solo com a adição dos fertilizantes orgânicos à base do esterco bovino. Valores são a média de quatro repetições. As barras verticais representam a diferença mínima significativa entre as médias de cada tratamento (Tukey a 5%).

Os altos teores de $N-NH_4^+$ encontrados no esterco bovino podem restringir seu uso, pois altos teores de amônio podem inibir a germinação das sementes ou ainda limitar o desenvolvimento das raízes, prejudicando o desenvolvimento das plantas (VARNERO et al., 2007).

A partir de 28 dias após o início da incubação os teores de $N-NH_4^+$ diminuíram em função do processo de nitrificação onde o NH_4^+ é transformado em nitrito (NO_2^-) e posteriormente a nitrato (NO_3^-) pelos microrganismos nitrificadores do solo, processo o qual segundo Cantarela et al. (2007), ocorre rapidamente em solos aeróbicos, bem como, a decomposição da fração orgânica facilmente mineralizável. A partir de 56 dias do início da

incubação, todos tratamentos apresentaram os teores de N-NH_4^+ abaixo de $2 \text{ mg de N kg}^{-1}$ até o fim da incubação (112 dias).

Os teores de $\text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$ aumentaram de forma quadrática (conforme ajustamento de equações) ao longo dos 112 dias de incubação (Figura 3). Os maiores teores de N-NO_3^- foram encontrados no tratamento que recebeu adição do vermicomposto de composto de palha e esterco. Esse resultado pode estar relacionado ao fato deste fertilizante ter passado por um maior período de estabilização, uma vez que passou por dois processos de decomposição (compostagem + vermicompostagem), bem como, a formação do NO_3^- , quando comparado ao tratamento que recebeu adição de vermicomposto de esterco bovino, que passou apenas pelo processo vermicompostagem, e o tratamento onde o esterco bovino foi aplicado na forma “in natura”. Isto fica comprovado pelos teores de N-NO_3^- apresentados no tempo zero da incubação. Os altos teores de N-NO_3^- resultantes da adição dos fertilizantes no solo pode ter conseqüências negativas ao ambiente, uma vez que a presença de altos teores N-NO_3^- coincide com o período em que a absorção de nitrogênio pelas plantas é baixa, potencializando a transferência de nitrogênio para ambientes aquáticos superficiais e subsuperficiais, já que o íon NO_3^- tem baixa força de sorção aos constituintes da fase sólida do solo (YU, 1997).

Os teores de $\text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$ se constituíram na forma mais representativa de nitrogênio mineralizado em todo período de incubação (112 dias), sendo que ao final da incubação, essas formas de nitrogênio representavam 98,5% ($116,47 \text{ mg N kg}^{-1}$ de solo); 99,0% ($134,45 \text{ mg N kg}^{-1}$ de solo); e 99,5% ($118,49 \text{ mg N kg}^{-1}$ de solo) do nitrogênio mineralizado para os tratamentos vermicomposto de esterco bovino, vermicomposto de composto de palha e esterco bovino e esterco bovino, respectivamente (Figura 3).

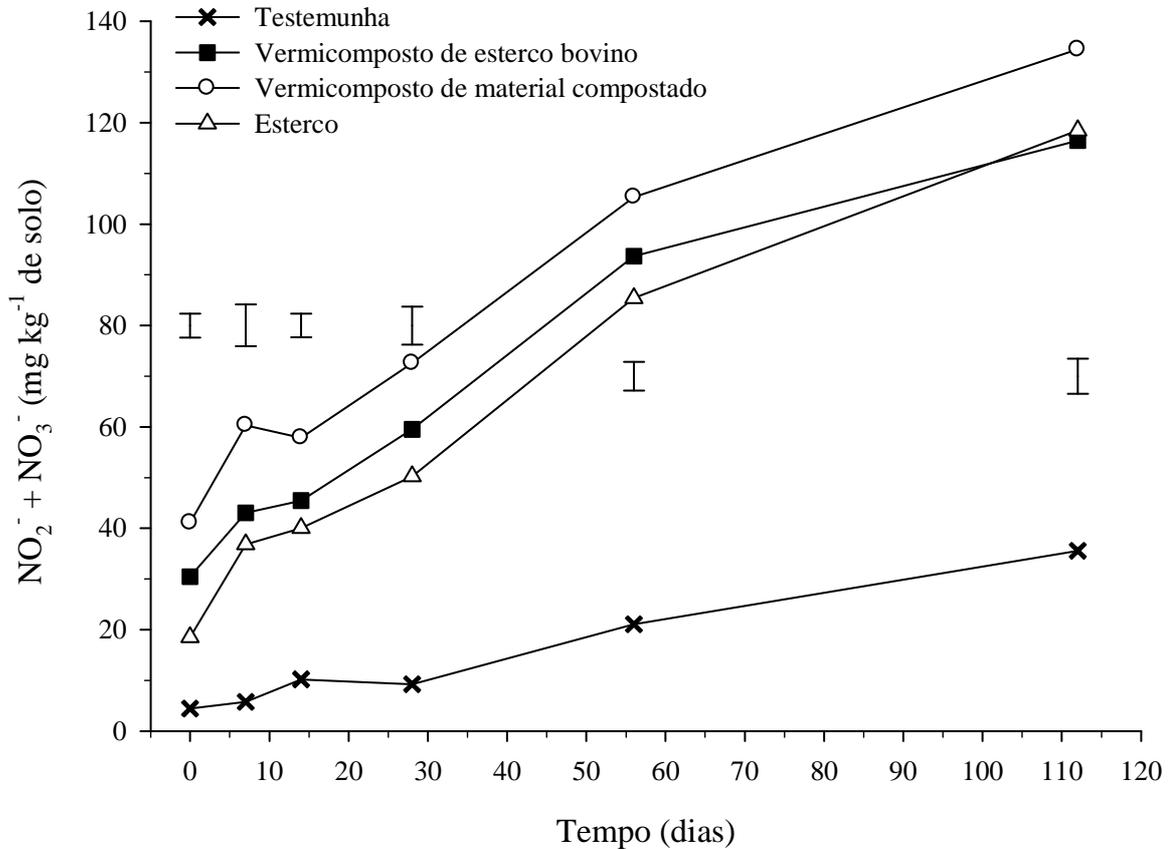


Figura 3 – Teores de $N\text{-NO}_2^- + N\text{-NO}_3^-$ no solo com a adição dos fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino. Valores são a média de quatro repetições. As barras verticais representam a diferença mínima significativa entre as médias de cada tratamento (Tukey a 5%).

Como o nitrogênio mineralizado encontra-se predominantemente nas formas $N\text{-NO}_2^- + N\text{-NO}_3^-$ os teores de N_{\min} ($N\text{-NH}_4^+ + N\text{-NO}_2^- + N\text{-NO}_3^-$) seguem a mesma tendência destes (Figura 4). Os teores de N_{\min} aumentaram de maneira gradual durante todo período avaliado (112 dias), o que é desejável pois possibilita um sincronismo entre a taxa de liberação de nitrogênio dos fertilizantes orgânicos e da absorção das culturas, no entanto é importante salientar que embora os teores de N_{\min} tenham aumentado de maneira gradual, esse teores são compostos pelo nitrogênio na forma predominante de $N\text{-NO}_3^-$, o que pode trazer consequências indesejáveis como já relatado anteriormente.

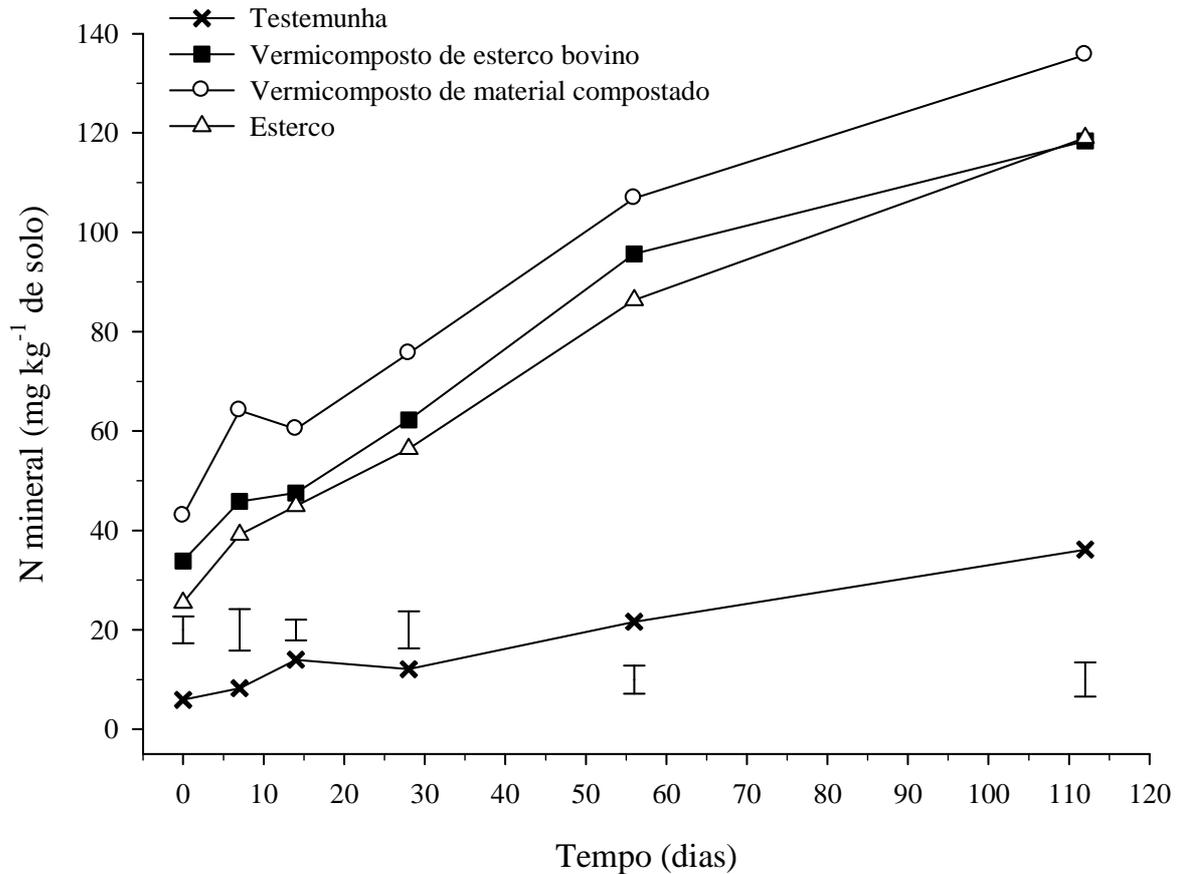


Figura 4 – Teores de N-mineral do solo (N-NH_4^+ e $\text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$) com a adição dos fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino. Valores são a média de quatro repetições. As barras verticais representam a diferença mínima significativa entre as médias de cada tratamento (Tukey a 5%).

O potencial que os fertilizantes orgânicos apresentam em fornecer nitrogênio para as culturas, pois aos 112 dias de incubação os tratamentos vermicomposto de esterco bovino, vermicomposto de composto de palha e esterco, e esterco bovino apresentaram teores de N_{min} de 118,4; 135,7; 119,0 mg de N kg⁻¹ de solo (Figura 5). Em vista do avançado estado de decomposição dos vermicompostos, uma vez que foram parcialmente decompostos nos processos de tratamento e estabilização (compostagem e/ou vermicompostagem), os teores de N mineral foram altos já nos primeiros dias da incubação. Esses resultados são semelhantes ao encontrados por YAGI et al. (2009), que avaliaram a mineralização potencial e líquida de nitrogênio em solos. Os autores justificam este comportamento pela decomposição das frações orgânicas de fácil mineralização.

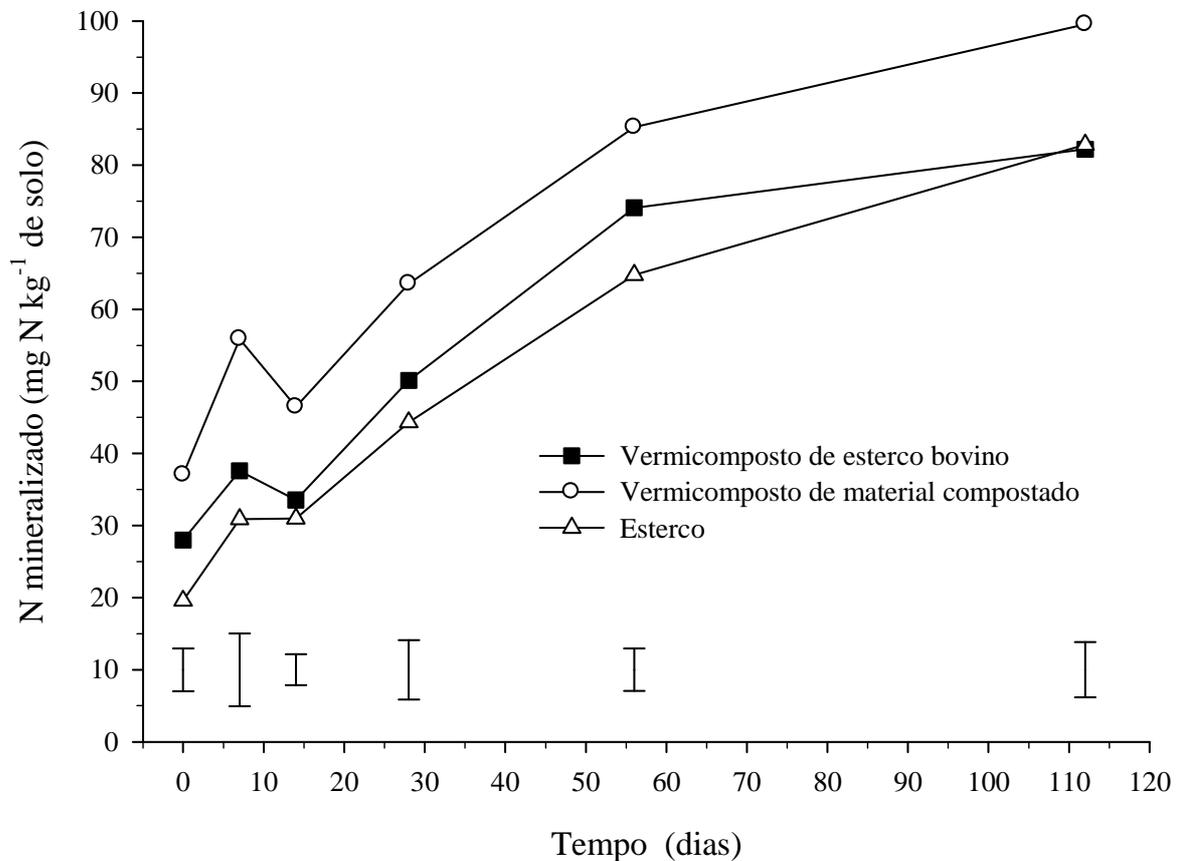


Figura 5 – Mineralização do nitrogênio no solo com a adição dos fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino. Valores são a média de quatro repetições. As barras verticais representam a diferença mínima significativa entre as médias de cada tratamento (Tukey a 5%).

Os dados de N_{liq} (Figura 5) indicam que ocorreu predomínio do processo de mineralização (valores positivos) sobre o processo de imobilização (valores negativos), em todos os tratamentos durante os 112 dias de incubação. Isso se deve a relação C/N dos materiais 11,5; 11,6; e 13,7 para os tratamentos vermicomposto de esterco bovino, vermicomposto de composto de palha e esterco e esterco bovino, respectivamente. O processo de mineralização ocorre com a adição de materiais com relação C/N menor que 20; com relação C/N entre 20 e 30, os processos de mineralização e imobilização tendem a equivalência; em relações C/N acima de 30 predomina a imobilização dos nutrientes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os maiores valores de N_{liq} foram encontrados no tratamento que recebeu a adição do fertilizante mais estabilizado (VC), isso se deve principalmente ao fato de que a fração

orgânica deste material ter sido mais decomposta durante os processos de compostagem e vermicompostagem. No processo de vermicompostagem, as minhocas ingerem os resíduos orgânicos e ao fazer isto, digerem parte deste material e o fracionam estimulando assim, a atividade dos microrganismos e conseqüentemente a mineralização de nutrientes, acelerando a transformação do resíduo em material humificado (LANDGRAF et al., 1999; DOMNINGUEZ; PEREZ-LOUSADA, 2010).

O índice de eficiência indica a proporção de nitrogênio mineralizado em relação a quantidade de nitrogênio total adicionado ($360,5 \text{ mg N total kg}^{-1}$ de solo) pelos fertilizantes orgânicos (Figura 6).

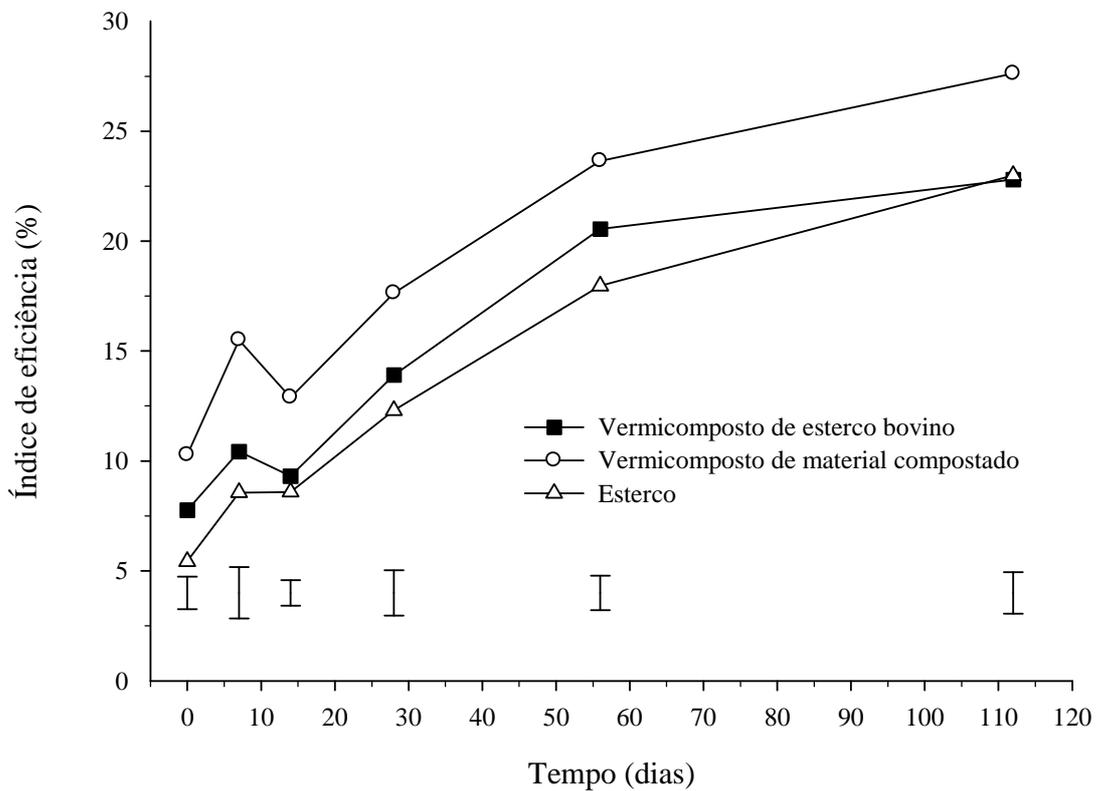


Figura 6 – Índice de eficiência do nitrogênio no solo com a adição dos fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino. Valores são a média de quatro repetições. As barras verticais representam a diferença mínima significativa entre as médias de cada tratamento (Tukey a 5%).

Os dados demonstram que o fertilizante que passou por um maior período de transformação/estabilização tem um maior índice de eficiência, ou seja, tem a maior taxa de liberação de nitrogênio

Os resultados indicam valores de índice de eficiência de 0,22 (VEB); 0,27 (VC); 0,23 (EB), que são inferiores ao valor de 0,3 apresentado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo – (CQFS, 2004) para os fertilizantes originados à partir de esterco bovino. É importante salientar que o índice de eficiência apresentado pela CQFS se refere a quantidade de N que será disponibilizado durante um cultivo, neste trabalho a mineralização foi avaliada durante 112 dias. Desta forma dependendo do período do cultivo, os fertilizantes avaliados neste trabalho poderão apresentar maiores índice de eficiência. Fioreze (2010) estudando o índice de eficiência de fertilizantes orgânicos como a adição de dejetos líquidos de suínos e cama sobreposta de aves em solos argilosos, siltosos e muito argilosos também encontrou índice de eficiência abaixo do que preconiza a CQFS. No trabalho desse autor com a adição de dejetos líquidos de suínos o índice de eficiência variou de 0,26 a 0,41 em 112 dias de incubação e a adição da cama sobreposta de aves proporcionou índice de eficiência entre 0,19 a 0,32 no mesmo período, enquanto a CQFS indica índice de eficiência de 0,8 para os dois fertilizantes orgânicos estudados.

A adição de fertilizantes orgânicos no solo, como os do presente estudo, demonstram que o nitrogênio presente nos mesmos apresenta uma acentuada mineralização nos primeiros 28 dias após a adição dos fertilizantes ao e posteriormente a esse período é lentamente mineralizado.

2.5 Conclusões

A mineralização do nitrogênio dos fertilizantes orgânicos à base do esterco bovino ocorre acentuadamente nos primeiros 28 dias após sua adição ao solo, embora essa mineralização continue ocorrendo até os 112 dias avaliados.

O índice de eficiência do nitrogênio (0,3) apontado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) não é atingido pelos fertilizantes estudados nesse trabalho no período avaliado.

2.6 Referências Bibliográficas

AMORIM, A. C.; JUNIOR, J. L.; RESENDE, K. T. de. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 57 - 66, 2005.

ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato Para a multiplicação de *Eisenia fetida* Savigny (1826). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 824-830, 2009.

BRASIL. Ministerio da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuaria. Divisao de Pesquisas Pedologicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife: [s.n.] (Boletim Tecnico, 30), 1973. 431 p.

CAMPOS, A. T. et al. **Tratamento de águas residuárias em sistema intensivo de produção de leite**. In: Circular Técnica, 75. Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora. p. 1-5, 2003.

CANTARELLA, H. et al. **Fertilidade do solo: Nitrogênio**, 2 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375- 470, 2007.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS) RS-SC. **Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: 2004. 394 p.

DOMÍNGUEZ, J.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, Número Especial 2: p. 309 - 320, 2010.

DOMÍNGUEZ, J.; LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, Número Especial 2: p. 359 - 371, 2010.

DOMINGUEZ, J. & PEREZ-LOUSADA, M. *Eisenia fetida* (savigny, 1826) y *Eisenia andrei* Bouché, 1972 son dos especies diferentes de Lombrices de tierra. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, Número Especial 2: p. 321 - 331, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro:Embrapa Produção de Informação, 1997. 212p.

FIGLIARO, C. **Liberção de nitrogênio em diferentes solos e épocas de cultivo sob adubação orgânica**. 2010. 117 p. Tese de Doutorado. UFSM

GIACOMINI, S. J. **A avaliação e modelização da dinâmica de carbono e nitrogênio em solo com o uso de dejetos de suínos**. 2005. 247p. Tese de Doutorado. UFSM.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro. 2009. 156p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

LANDGRAF, M. D. et al. Caracterização de ácidos húmicos de vermicomposto de esterco bovino compostado durante 3 e 6 meses. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 483 – 486, 1999.

LUNA, M. L. D. et al. Tratamento anaeróbico de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p.113-121, 2009.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 101 - 110, 2008.

MOORE, A. D. et al. Mineralization of Nitrogen from Biofuel By-products and Animal Manures Amended to a Sandy Soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 41, p. 1315 – 1326, 2010.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.

PIRES, J. A. De A. **A cadeia produtiva de carne bovina no Brasil mercado internacional e nacional**. In: III Simpósio de produção de gado de corte, Viçosa, UFV, 2002. Anais eletrônicos Viçosa, UFV, 2002. Disponível em: <http://www.simcorte.com/index/Palestras/simcorte/01_avila.PDF>. Acesso em 09 jul. 2011

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. p. 174.

VARNERO, M. T. M.; ROJAS, C. A.; ORELLANA, R. R. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. **Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal**, v. 7, p. 28-37, 2007.

YAGI, R. et al. Mineralização potencial e líquida de nitrogênio em solos. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 33, p. 385 -394 , 2009.

YU, T. R. **Chemistry of variable charge soils**. NewYork: Oxford University Press, 1997.

3 CAPÍTULO II

UTILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS À BASE DE ESTERCO BOVINO NA FORMULAÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE

3.1 Resumo

A viabilidade da produção de hortaliças está diretamente relacionada à produção de mudas de qualidade, que por sua vez, é dependente da qualidade dos substratos utilizados. O trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento de mudas de alface (*Lactuca sativa*) em diferentes substratos formulados a partir de adubos orgânicos produzidos à base de esterco bovino, em comparação a um substrato comercial. O experimento foi conduzido em casa de vegetação. Os fertilizantes orgânicos utilizados na formulação dos substratos foram: vermicomposto de esterco bovino – VEB; vermicomposto produzido a partir de um composto de palha e esterco bovino – CV; esterco bovino – Est; e o substrato comercial (Mecplant®). Avaliou-se as dosagens de 20, 40, 60, 80 e 100% (v/v) dos adubos orgânicos na composição do substrato, com o volume complementado, quando necessário, com areia lavada. Utilizou-se a cultivar de alface Ceres, cultivada em bandejas de isopor de 128 células. A utilização de esterco bovino “in natura” em dosagens de 20% a 60% e dos vermicompostos avaliados, em dosagens crescentes a partir de 20%, resulta na produção de mudas de alface com qualidade semelhante às produzidas com substrato comercial.

Palavras-Chave: *Lactuca sativa*, qualidade de mudas, adubos orgânicos, vermicomposto

3.2 Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças folhosas mais consumidas no mundo (GOMES et al., 2008). Na produção de alface e de hortaliças em geral, a semeadura indireta

para a produção de mudas, seguida do transplante para os canteiros é uma das práticas mais utilizadas (ANDRIOLLO et al., 2003), onde o desempenho nutricional e produtivo no plantio definitivo da cultura está estritamente associado à qualidade da muda (MAIA et al., 2006). Entre os principais fatores que influenciam a qualidade da muda destacam-se a qualidade da semente, condições ambientais como umidade, temperatura e luz, o recipiente de cultivo e o tipo de substrato utilizado (POERSCHKE, 2005).

O substrato tem por finalidade disponibilizar nutrientes e reter umidade suficiente para garantir o desenvolvimento de uma muda de qualidade, em curto período e com baixo custo (CUNHA et al., 2006). Neste contexto, o substrato utilizado para a produção das mudas é um fator determinante para o sucesso da atividade.

O desenvolvimento da produção olerícola, sob muitos aspectos, depende da pesquisa de melhores fontes e combinações de substratos (TRANI et al., 2007). Na produção de mudas de alface é comum melhorar a composição química dos solos ou mesmo criar substratos utilizando diversos materiais como turfa, composto, vermicomposto, casca de arroz, entre outros (GOMES et al., 2008).

Aliada à importância da qualidade das mudas, o produtor precisa cada vez mais reduzir os custos econômicos e ambientais da atividade, para a implantação de sistemas produtivos sustentáveis, já que a rentabilidade é o principal objetivo de uma empresa agrícola, sendo diretamente influenciada pelo uso racional dos recursos disponíveis no processo de produção (SILVA et al., 2008). Neste sentido, muitos produtos de fácil obtenção pelo agricultor e de baixo custo econômico e ambiental podem ser utilizados. Entre estes destacam-se os adubos orgânicos, como os esterco, compostos e vermicompostos, que apresentam um elevado potencial de utilização na atividade olerícola, porém de maneira geral tem sido utilizados em quantidades aleatórias, muitas vezes, acima ou abaixo das reais necessidades das culturas.

Esta falta de critérios técnicos na utilização dos adubos orgânicos tem levado a insucessos, o que pode resultar na falta de interesse dos olericultores na utilização destes materiais. Além disto, poucos são os trabalhos de pesquisa que avaliaram estes adubos orgânicos na produção de mudas de alface, o que contribui para a falta de informações técnicas disponíveis aos técnicos e produtores, reduzindo a utilização destes adubos em detrimento a substratos comerciais, que apresentam elevado custo de aquisição.

Dentre os trabalhos que avaliaram a produção de plantas olerícolas em substratos orgânicos podemos destacar os estudos de Steffen et al. (2009), que avaliaram a multiplicação de minhocas e a produção de mudas de alface e tomate a partir de casca de arroz e esterco

bovino, concluindo que a associação destes na composição de um substrato é viável, apresentando mudas de alface em padrão comercial em todas composições formuladas, além dos melhores resultados para a produção de mudas de tomate e multiplicação das minhocas quando formulados com volumes a partir de 50% (v/v) de vermicomposto de esterco bovino.

Ao avaliarem a utilização de compostos orgânicos como substratos para a produção de mudas de hortaliças, Leal et al. (2007) concluíram que compostos orgânicos produzidos com a mistura de 66% de *Crotalaria juncea* L. e 33% de capim Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) podem ser utilizados na composição de substratos para produção de mudas de alface, beterraba e tomate.

A qualidade de mudas de alface em substratos com e sem biofertilizante foi avaliada por Medeiros et al. (2008), que concluiu que mudas produzidas à partir de composto orgânico, apresentaram maior número de folhas e maior comprimento da raiz, superando os demais substratos. Esses resultados indicam que o composto orgânico pode substituir com sucesso os substratos comerciais na produção de mudas de alface, com maior eficiência e menores custos.

Outra característica que deve ser considerada na utilização dos adubos orgânicos é que eles resultam da utilização de resíduos de origem animal e vegetal, que ao invés de serem fontes de poluição no meio urbano ou rural, são reciclados através de processos sanitariamente adequados como a compostagem e a vermicompostagem. A utilização destes adubos permite verdadeiramente o reaproveitamento dos nutrientes contidos nestes resíduos e o fechamento do ciclo solo – planta – (animal) – solo. O produtor ao empregar estes adubos na fertilização do solo estará reduzindo os custos de produção e contribuindo para a adoção de sistemas agrícolas mais sustentáveis. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento de mudas de alface em três adubos orgânicos produzidos à base de esterco bovino, em comparação a um substrato comercial.

3.3 Material e métodos

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria/RS, (latitude 29.70°; longitude 53.70°) no período de 14 de março de 2011 a 14 de abril de 2011. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com 20 tratamentos e 36 repetições. Os tratamentos constituíram-se da

utilização de quatro fertilizantes, em diferentes dosagens na composição de substratos. O tratamento 5 (T5) foi considerado o tratamento testemunha e constituiu-se exclusivamente do substrato comercial Mecplant[®]. Os demais fertilizantes orgânicos utilizados na composição dos substratos foram: vermicomposto de esterco bovino – VEB, vermicomposto produzido a partir de um composto de palha e esterco bovino – CV, conforme descrito abaixo, e esterco bovino - (Est). Cada fertilizante foi avaliado em cinco diferentes dosagens (v/v): 20, 40, 60, 80 e 100% de substrato, e a unidade experimental completada, quando necessário, com areia lavada.

O fertilizante vermicomposto produzido a partir de um composto de palha e esterco bovino foi produzido em duas etapas. Na primeira etapa foi realizada a compostagem do esterco bovino misturado à palha de campo nativo, sob condições controladas de aeração e temperatura. Na segunda etapa, o composto originado na primeira etapa, passou pelo processo de vermicompostagem, onde o material foi exposto a ação de trituração das minhocas. O fertilizante VEB foi produzido através do processo de vermicompostagem de esterco bovino. O esterco bovino foi acondicionado às baias do minhocário do Departamento de Solos da UFSM, posteriormente foram inoculadas as minhocas *Eisenia foetida*, responsáveis pela vermicompostagem. O esterco bovino utilizado na forma “in natura” foi seco ao ar, e triturado manualmente.

Nos fertilizantes orgânicos foram determinados os teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_2^- + N-NO_3^-$, conforme metodologia preconizada por Tedesco et al. (1995). Os teores de N total, P (%), K (%) e M.O ($g\ kg^{-1}$) foram determinados pelo método de Walkley-Black, modificado segundo EMBRAPA, (1997). Os teores de C (%) foram determinados segundo EMBRAPA, (1997). Os valores de pH foram determinados através de solução com água destilada (H_2O 2:1) (Tabela1).

Utilizou-se a cultivar de alface Ceres, que foi semeada em bandejas de isopor de 128 células. Em cada célula foram colocadas três sementes a uma profundidade de 0,5 centímetros. O desbaste foi realizado no sétimo dia, deixando-se somente uma planta por célula. No período entre a semeadura e última avaliação, que ocorreu aos 28 Dias Após a Emergência (DAE), as bandejas permaneceram sobre estrados, no interior de casa de vegetação, com temperatura média do dia de $22,6^\circ\ C$. O comprimento do dia foi de aproximadamente 12 horas (próximo ao equinócio de outono). A irrigação foi realizada de forma manual e periódica utilizando-se água destilada, mantendo-se a umidade do substrato próxima da capacidade máxima de retenção de água.

Foram feitas avaliações quanto à produção da massa fresca e seca da parte aérea e das raízes. Para estas determinações foram coletadas as mudas de 10 células (repetições) de cada tratamento, descartando-se as plantas atípicas ou situadas na bordadura, em três épocas, aos 14, 21 e 28 (DAE). Para avaliação da massa fresca da parte aérea, as plantas de cada tratamento foram seccionadas à altura do colo, separando-se a parte aérea da raiz, para a pesagem em balança de precisão. Logo após as determinações de massa fresca da parte aérea e da raiz, as mesmas foram acondicionadas, separadamente, em embalagens de papel, previamente identificadas e levadas para estufa com ventilação forçada e temperatura de 65°C, até atingirem peso permanente. Em seguida foram determinadas as massas secas da parte aérea e da raiz.

Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P < 0,05$), com o uso do software SISVAR (FERREIRA, 2008).

3.4 Resultados e discussão

Os substratos formulados a partir dos fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino, neste estudo, apresentaram capacidade para produção de mudas de alface, demonstrando produtividade similar à do substrato comercial utilizado (Mecplant[®]). Esses resultados podem ser explicados ao ser analisada a composição química dos fertilizantes orgânicos (Tabela 2), onde estes fertilizantes apresentam os principais macronutrientes (N, P e K) requeridos no desenvolvimento dos vegetais, (FILGUEIRA, 2003).

Nas condições de temperatura e luminosidade em que o trabalho foi desenvolvido, o ciclo de produção das mudas atingiu padrão apto ao transplante a partir de 21 DAE em todas as formulações de substratos com dosagens de fertilizantes orgânicos a partir de 40% (v/v) em combinação com areia lavada (exceto os tratamentos com esterco bovino na forma “in natura” em dosagens acima de 60%), período considerado o ideal para o desenvolvimento das mudas em casa de vegetação (SOUZA; RESENDE, 2006).

Houve diferenças para a massa fresca da parte aérea de mudas da alface (Tabela 3) em resposta aos diferentes substratos e dosagens avaliadas. Aos 14 dias após a emergência (DAE) os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram: 80% Mecplant[®], 80% vermicomposto de composto de palha e esterco bovino, 40% Esterco bovino e 100%

vermicomposto de esterco bovino. Contudo, nenhum dos tratamentos avaliados apresenta ainda potencial para produzir mudas comerciais para esse período de avaliação, pois, segundo Andriollo et al. (2003), as mudas de alface estão aptas ao transplante ao atingirem 500 mg de massa fresca.

Tabela 2 - Composição química dos fertilizantes orgânicos e do substrato comercial (Mecplant®) utilizados na produção de mudas de alface.

	pH	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻	N _{total}	P	K	C	C/N	M.O
Fertilizantes	----- (%) -----								g Kg⁻¹
VEB ⁽¹⁾	8,3	0,01	0,18	1,97	1,65	1,45	22,8	11,5	683
CV	7,0	0,02	0,17	1,99	1,97	2,01	23,2	11,6	399
Esterco Bovino	8,4	0,02	0,17	2,22	1,08	2,49	30,5	13,7	525
Mecplant®	6,4	-	-	-	-	-	-	-	201

⁽¹⁾VEB – vermicomposto de esterco bovino; CV – vermicomposto de material compostado de palha e esterco bovino.

Aos 21 DAE pode-se observar que os tratamentos constituídos de 100% vermicomposto de esterco bovino, 100% Mecplant® e 100% vermicomposto de material compostado de palha e esterco foram superiores aos demais. Isto demonstra o potencial que o vermicomposto apresenta na produção de mudas de alface, com resultados semelhantes ao observado para o substrato comercial. Aos 28 DAE os tratamentos em ordem decrescente de produtividade foram 100% vermicomposto de material compostado de palha e esterco, 100% vermicomposto de esterco bovino, 100% Mecplant®, 60% Esterco, 40% Esterco, 80% vermicomposto de esterco bovino, 80% vermicomposto de material compostado de palha e esterco, 80% Mecplant®, 20% Esterco, 60% Mecplant®, 60% vermicomposto de material compostado de palha e esterco, 60% vermicomposto de esterco bovino. Os tratamentos 100% vermicomposto de material compostado de palha e esterco, 100% vermicomposto de esterco bovino e 100% Mecplant® foram superiores aos demais, constituindo-se nas maiores produções de massa fresca.

Os resultados indicam que tanto o vermicomposto de esterco bovino, quanto o vermicomposto produzido a partir de composto, em dosagens iguais ou superiores a 60% (v/v), podem ser utilizados na produção de mudas de alface com desempenho equivalente ao substrato comercial a partir de 21 dias. Ao avaliar a qualidade de mudas de alface em função

de substratos com e sem biofertilizante, Medeiros et al. (2008), concluíram que há a possibilidade de substituição, com sucesso, de substratos comerciais pelos compostos orgânicos na produção de mudas de alface, com maior eficiência. Menezes Júnior et al. (2000), observaram respostas semelhantes às apresentadas neste trabalho ao concluírem que os melhores desenvolvimentos de plântulas de alface ocorreram quando estas eram produzidas com substratos formulados com diferentes dosagens do vermicomposto em relação às plântulas produzidas com diferentes substratos comerciais. Avaliando a utilização de compostos orgânicos à base de *Crotalaria juncea* L. e capim Napier (*Pennisetum purpureum* Schum) como substratos na produção de mudas de hortaliças, concluíram que somente a mistura destes compostos é benéfica, possibilitando níveis de nutrientes favoráveis ao desenvolvimento das mudas de alface, beterraba e tomate (LEAL et al., 2007).

Tabela 3 - Massa fresca da parte aérea de mudas de alface cultivar Ceres, aos 14, 21 e 28 dias, cultivadas em bandejas de isopor em casa de vegetação em substratos contendo porcentagens crescentes de fertilizantes orgânicos (vermicomposto de esterco bovino – VEB; vermicomposto decomposto de palha e esterco bovino – CV; e esterco bovino - EB) e substrato comercial (MecPlant®).

Tratamento	Massa fresca da parte aérea (mg)				
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
14 dias					
MecPlant®	129,8 b D*	153,0 b C	179,6 a C	277,6 a A	206,3 a B
VEB	92,2 bc D	168,8 ab C	150,0 ab C	222,3 a B	245,5 a A
CV	61,3 c D	200,8 ab B	187,7 a C	254,2 a A	236,1 a AB
Esterco Bovino	211,7 a B	246,0 a A	78,3 b C	0,0 b D	0,0 b D
CV (%)	2,95	4,95	4,93	3,29	2,29
21 dias					
MecPlant®	216,6 b E	307,7 b D	411,2 a C	513,6 b B	949,2 a A
VEB	200,5 b E	284,8 b D	422,7 a C	615,2 a B	1015,1 a A
CV	119,1 b D	283,2 b C	425,5 a B	567,5 ab B	921,0 a A
Esterco Bovino	401,5 a B	679,2 a A	245,7 b C	0,0 c D	0,0 b D
CV (%)	5,17	9,40	8,11	5,11	4,32
28 dias					
MecPlant®	304,6 b D	368,7 b D	625,5 b C	760,1 a B	1243,1 b A
VEB	193,5 bc E	420,7 b D	555,7 b C	866,8 a B	1850,0 a A
CV	131,0 c E	440,0 b D	570,5 b C	856,6 a B	1859,6 a A
Esterco Bovino	655,0 a C	933,1 a B	1147,8 a A	0,0 b D	0,0 c D
CV (%)	11,3	14,7	24,06	22,11	15,24

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, para as diferentes épocas de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O esterco bovino “in natura”, quando utilizado em dosagens menores apresenta potencial para produção de mudas, no entanto em proporções superiores a 60% inibe a germinação das sementes. Este efeito pode ser resultado da fitotoxicidade causada pelo alto conteúdo de amônio do esterco bovino “in natura” ($7,0 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo), superior ao encontrado nos demais fertilizantes orgânicos ($3,4 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo para o VEB, e $1,9 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo para o vermicomposto de material compostado de palha e esterco), (dados não apresentados) o qual não foi submetido a compostagem nem a vermicompostagem. Os efeitos tóxicos do material orgânico quando imaturo também estão relacionados ao conteúdo de metais pesados, ácidos voláteis e sais (VARNERO et al., 2007). Resultados semelhantes foram encontrados por pesquisadores da Epagri (1995), onde constataram que na composição de um substrato alternativo com areia e casca de arroz, o esterco de galinha não pode ultrapassar 30% do volume, pois na sua composição há um alto teor de amônio, que pode prejudicar o desenvolvimento das mudas. A presença do amônio em elevadas concentrações limitam o desenvolvimento das plantas, seja inibindo a germinação ou o crescimento das raízes (VARNERO et al., 2007).

Ao analisarem o efeito da minhoca *Eisenia foetida* na dinâmica de nutrientes em materiais semicompostados (CASTILHO et al., 2010), encontraram 100% de germinação de sementes de alface cultivadas em materiais orgânicos que passaram pelos processos de compostagem e vermicompostagem. Estes resultados demonstram a importância da utilização da compostagem e/ou vermicompostagem como processos de tratamento e estabilização de resíduos agrícolas, dos quais resultam em adubos orgânicos com boas propriedades químicas, físicas e biológicas, não tendo efeito fitotóxicos às plantas.

Houve diferenças na produção de massa seca da parte aérea de mudas de alface (Tabela 4). Nas avaliações realizadas aos 14 e 21 DAE nas dosagens de 20% e 40%, o esterco bovino apresentou massa seca superior aos demais tratamentos. Os resultados indicam o potencial de utilização deste material orgânico na composição de substratos para a produção de mudas de alface, visando a redução de custos para o produtor. Porém é necessário que este fertilizante orgânico seja utilizado em proporções menores que 60% na formulação do substrato, permitindo assim a germinação das sementes.

Destaca-se também a produção de massa seca da parte aérea das mudas de alface aos 21 e 28 DAE, onde o vermicomposto de esterco bovino e o vermicomposto de material compostado de palha e esterco, na dosagem de 100%, não apresentaram diferenças em relação à testemunha (Mecplant[®] 100%). Avaliando a produção de mudas de alface com substratos elaborados a partir de vermicomposto e solo eutrófico, Souza et al. (2008), encontraram

incremento de massa fresca e seca da parte aérea e total quando a utilização do vermicomposto se aproximou de 20% (v/v) da formulação do substrato. Os mesmos autores concluíram que a utilização do vermicomposto é recomendada somente quando sua contribuição química for mais adequada que a do solo em atender às necessidades nutricionais das plantas.

Ao avaliarem a porcentagem de germinação, o índice de velocidade de emergência e massa seca da plântula inteira de mudas de alface com diferentes combinações de diferentes substratos, Silva et al. (2008), consideraram que a associação de esterco bovino e húmus (2:1) formaram o substrato ideal para se obter mudas com maior massa seca, em função do maior vigor, apesar do mesmo não favorecer o índice de velocidade de emergência e a porcentagem de germinação.

Tabela 4 - Massa seca da parte aérea de mudas de alface cultivar Ceres, aos 14, 21 e 28 dias, cultivadas em bandejas de isopor em casa de vegetação em substratos contendo porcentagens crescentes de fertilizantes orgânicos (vermicomposto de esterco bovino – VEB; vermicomposto decomposto de palha e esterco bovino – CV; e esterco bovino - EB) e substrato comercial (MecPlant[®]).

Tratamento	Massa seca da parte aérea (mg)				
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
14 dias					
MecPlant [®]	12,6 b D	15,6 a B	14,8 ab C	22,7 a A	15,0 b BC
VEB	11,5 bc D	17,2 a C	15,2 ab C	21,7 a A	20,1 a B
CV	7,5 c D	18,8 a B	17,2 a B	25,0 a A	13,7 b C
Esterco Bovino	19,0 a B	22,5 a A	9,6 b C	0,0 b D	0,0 c D
CV (%)	1,37	0,53	0,52	0,42	0,29
21 dias					
MecPlant [®]	23,3 b D	38,5 ab C	42,1 ab C	62,2 a B	90,6 a A
VEB	26,1 b E	38,7 ab D	53,0 a C	68,0 a B	88,8 a A
CV	15,3 b D	28,1 b C	50,1 a B	69,1 a AB	78,6 a A
Esterco Bovino	44,7 a B	62,2 a A	20,7 b C	0,0 b D	0,0 b D
CV (%)	1,74	1,91	1,67	1,52	0,91
28 dias					
MecPlant [®]	49,0 a C	58,6 a C	102,5 a B	125,7 a B	166,8 a A
VEB	26,1 b D	55,8 a C	71,0 b C	117,5 a B	174,2 a A
CV	15,6 b D	57,2 a C	70,0 b C	109,8 a B	180,0 a A
Esterco Bovino	53,8 a B	81,1 a A	60,7 b B	0,0 b C	0,0 b C
CV (%)	1,25	2,02	4,17	7,12	6,44

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, para as diferentes épocas de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produção de massa fresca das raízes de mudas de alface (Tabela 5), demonstrou que a utilização do substrato comercial Mecplant[®] em dosagem máxima diferiu significativamente dos demais tratamentos utilizados no período de 14 dias. Ao comparar a produção de massa fresca da raiz (283 mg), com a produção de massa fresca da parte aérea neste período, observa-se que a parte aérea desenvolveu de forma semelhante quando os substratos foram utilizados nas dosagens de 100% (vermicomposto de esterco bovino, vermicomposto de material compostado de palha e esterco e Mecplant[®] ; 921 mg; 949,2 mg; 1015,1 mg, respectivamente). Contudo, os valores de massa fresca da raiz encontrados no substrato Mecplant[®] 100% foram superiores aos demais tratamentos avaliados. Este resultado pode indicar que o substrato Mecplant[®] não disponibiliza nutrientes necessários ao desenvolvimento inicial da parte aérea das plântulas de alface nesse período, estimulando o crescimento da raiz.

Tabela 5 - Massa fresca da raiz de mudas de alface cultivar Ceres, aos 14, 21 e 28 dias, cultivadas em bandejas de isopor em casa de vegetação em substratos contendo porcentagens crescentes de fertilizantes orgânicos (vermicomposto de esterco bovino – VEB; vermicomposto decomposto de palha e esterco bovino – CV; e esterco bovino - EB) e substrato comercial (MecPlant[®]).

Tratamento	Massa fresca da raiz (mg)				
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
14 dias					
MecPlant [®]	4,1 a B	4,1 a B	2,5 ab C	4,3 a B	8,7 a A
VEB	2,6 b B	3,1 b B	2,7 ab B	3,1 b B	4,5 b A
CV	2,5 b B	3,3 b B	3,3 a B	4,1 a A	4,7 b A
Esterco Bovino	2,7 b A	2,6 b A	1,2 b B	0,0 c C	0,0 c C
CV (%)	8,15	6,10	9,10	9,17	7,08
21 dias					
MecPlant [®]	47,0 ab D	77,2 ab C	96,0 b B	105,1 b B	169,7 b A
VEB	30,3 b D	40,8 b D	95,0 b C	184,0 a B	283,0 a A
CV	27,5 b D	61,8 ab C	137,0 a B	153,0 ab B	197,1 b A
Esterco Bovino	73,1 a A	83,2 a A	36,1 c B	0,0 c C	0,0 c C
CV (%)	2,29	2,47	3,90	3,50	3,87
28 dias					
MecPlant [®]	118,0 b C	110,3 b C	230,8 b B	239,7 b B	426,7 b A
VEB	40,3 c D	110,3 b C	316,3 b B	325,3 b B	1096 a A
CV	54,1 c D	148,2 b C	415,2 a B	455,2 a B	1265 a A
Esterco Bovino	320,1 a A	314,1 a A	349,0 b A	0,0 c B	0,0 c B
CV (%)	6,06	4,98	9,40	4,91	8,80

^aMédias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, para as diferentes épocas de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 21 DAE, o tratamento com fertilizante orgânico 100% vermicomposto de esterco bovino foi significativamente superior aos demais. Neste caso o desenvolvimento da massa fresca da raiz foi paralelo ao desenvolvimento da massa fresca da parte aérea (Tabela 3), indicando que esse substrato oferece boas condições de desenvolvimento às mudas de alface. Aos 28 dias, a produção de massa fresca da raiz nos substratos com 100% vermicomposto de material compostado de palha e esterco e 100% vermicomposto de esterco bovino foi significativamente maior em relação aos demais tratamentos. Nestes, o desenvolvimento da massa fresca da raiz são paralelos ao desenvolvimento da massa fresca da parte aérea, demonstrando potencial de utilização desses substratos na produção de mudas de alface.

Na produção de massa seca da raiz destacaram-se os substratos à base de vermicomposto de material compostado de palha e esterco e vermicomposto de esterco bovino (Tabela 6).

Tabela 6 - Massa seca da raiz de mudas de alface cultivar Ceres, aos 14, 21 e 28 dias, cultivadas em bandejas de isopor em casa de vegetação em substratos contendo porcentagens crescentes de fertilizantes orgânicos (vermicomposto de esterco bovino – VEB; vermicomposto decomposto de palha e esterco bovino – CV; e esterco bovino - EB) e substrato comercial (MecPlant®).

Tratamento	Massa seca da raiz (mg)				
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
14 dias					
MecPlant®	2,1 a B	3,0 a A	1,75 ab C	3,2 a A	2,5 a B
VEB	2,2 a B	2,6 a AB	2,0 ab B	2,6 a AB	3,7 a A
CV	1,6 a B	2,6 a AB	2,7 a AB	3,3 a A	2,5 a AB
Esterco Bovino	2,1 a A	2,0 a A	0,7 b B	0,0 b C	0,0 b C
CV (%)	22,3	21,04	34,06	12,70	27,80
21 dias					
MecPlant®	9,8 ab C	14,7 a B	13,5 b B	71,6 a A	71,9 a A
VEB	7,1 ab C	10,1 a C	40,0 a B	73,3 a A	72,0 a A
CV	5,3 b C	11,8 a B	18,7 b B	72,0 a A	72,4 a A
Esterco Bovino	10,6 a A	12,3 a A	2,75 c B	0,0 b C	0,0 b C
CV (%)	44,40	43,14	32,70	33,35	23,43
28 dias					
MecPlant®	17,6 b C	24,6 a B	29,2 a B	36,0 a A	48,1 b A
VEB	9,5 b D	28,0 a C	29,5 a C	43,1 a B	68,8 a A
CV	7,3 b D	19,3 a C	25,7 ab C	39,1 a B	81,7 a A
Esterco Bovino	35,2 a C	30,8 a A	15,0 b B	0,0 b D	0,0 c D
CV (%)	51,87	54,54	32,78	20,80	23,35

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, para as diferentes épocas de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 21 dias, o acúmulo de massa seca da raiz não mostrou diferenças estatísticas entre a testemunha (Mecplant[®] 100%) e os tratamentos 80% vermicomposto de esterco bovino, 100% vermicomposto de material compostado de palha e esterco, 100% vermicomposto de esterco bovino, 80% vermicomposto de material compostado de palha e esterco, e Mecplant[®] 80%. Contudo, no período de 28 dias a produção de massa seca da raiz dos tratamentos 100% vermicomposto de material compostado de palha e esterco e 100% vermicomposto de esterco bovino, apresentou valores superiores aos demais tratamentos avaliados, diferindo estatisticamente.

De modo geral os tratamentos demonstraram uma tendência ao acúmulo de massa fresca e seca, tanto da parte aérea como da raiz, com o aumento do período de avaliação. Resultado semelhante foi encontrado por Trani et al. (2004), ao avaliarem a produção de mudas de alface com os substratos comerciais: Plantmax[®] HA, Hortimix[®] folhosas, Golden Mix[®] 47 e Vida Verde, Tropstrato hortaliças; onde os resultados demonstraram que houve incremento nos valores de massa fresca e seca da parte aérea e da raiz com o aumento do período de produção das mudas.

Na produção de mudas de alface associando vermicomposto e solo distrófico, Souza et al. (2008), verificaram acréscimo nas massas secas da raiz e total da planta com a utilização do vermicomposto até valores próximos de 20% (v/v). Nas concentrações entre 20% e 70% de vermicomposto, houve decréscimo dos valores de massa seca da raiz e total das plantas. Em concentrações a partir de 70% de vermicomposto as massas secas da raiz e total das mudas apresentaram aumento de aproximadamente 40%, evidenciando que o solo, de modo geral, oferecia condições menos favoráveis que as do vermicomposto em fornecer nutrientes para as plantas.

Verificou-se que os maiores valores de massa fresca e seca foram alcançados quando na formulação dos substratos foram utilizados as maiores dosagens dos fertilizantes orgânicos (vermicomposto fr esterco bovino, vermicomposto de material compostado de palha e esterco, e Esterco bovino) e do substrato comercial (Mecplant[®]) e um maior período de avaliação, ou seja, aos 28 dias. Resultados semelhantes foram descritos por Rezende et al. (2003), ao avaliarem os efeitos dos tipos de bandejas e a idade de transplântio de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade de alface americana, encontrando melhores respostas ao desenvolvimento de mudas com maior idade de transplântio.

Os resultados mostram a viabilidade da produção de mudas de alface utilizando-se fertilizantes orgânicos à base de esterco bovino. Gomes et al. (2008), ao avaliar a produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação, consideraram viável o uso de

substratos à base de casca de arroz e húmus de minhoca, para a produção de mudas de alface. Steffen et al. (2010), produziram mudas de alface com padrão comercial utilizando substratos compostos da associação, em diferentes proporções, de solo, esterco bovino, casca de arroz carbonizada e casca de arroz natural. Além disto, as mudas não apresentaram diferenças significativas em relação à altura e o número de folhas quando comparadas às mudas produzidas com o substrato comercial.

3.5 Conclusões

O esterco bovino “in natura” em dosagens de 20% a 60%, em combinação com areia, é viável para a produção de mudas de alface de qualidade.

A utilização dos vermicompostos à base de esterco bovino na formulação de substratos, em dosagens crescentes a partir de 20%, em combinação com areia, apresenta potencial para a produção de mudas de alface semelhante às produzidas com substrato comercial.

3.6 Referências Bibliográficas

ANDRIOLO, J. L.; ESPINDOLA, M. C. G.; STEFANELLO, M. O. Crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 35 – 40, 2003.

CASTILLO, H. et al. Effect of californian red worm (*eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. **Chilean Journal of Agricultural research**, v. 70, n. 3, p. 465-473, 2010.

CUNHA, A. M. et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Produção de Informação, 1997, 212p.

EPAGRI, (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina). **Tomates: Mudas Precoces**. Globo Rural, Rio de Janeiro, v. 11, n.120, p. 9-11, 1995.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, Lavras, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura** – Agotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 43-65, 2003.

GOMES, L. A. A. et al. Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 26, n. 3. p. 359-363, 2008.

LEAL, M. A. A. et al. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 25, p. 392-395, 2007.

MAIA, A. F. C. A.; MEDEIROS, D. C.; FILHO, J. L. Adubação orgânica em diferentes substratos na produção de mudas rúcula. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 89-95, 2006.

MEDEIROS, D. C. et al. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 26, p. 186-189, 2008.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G. et al. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 164-170, 2000.

POERSCHKE, P. R. Produção de mudas de hortaliças. In: POERSCHKE, P. R.; ESTEVES, J. V.; GUARIENTE, I.; ROSA, J. I.; SCHWNGBER, J. E. **Curso básico de olericultura ecológica**. Porto Alegre: EMATER-RS/ASCAR, 2005, 124p.

RESENDE, G. M. et al. Efeitos de tipos de bandejas e idade de transplântio de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 558-563, 2003.

SILVA, E. A. et al. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 245-254, 2008.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. Aprenda Fácil Editora, Viçosa, p. 451-460, 2006.

SOUZA, S. R. et al. Produção de mudas de alface com uso de substrato preparado com coprólitos de minhoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 115-121, 2008.

STEFFEN, G. P. K. et al. Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, Número Especial 2: p. 333-343, 2010.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995, 174p.

TRANI, P. E. et al. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 256-260, 2007.

TRANI, P. E. et al. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 290-294, 2004.

VARNERO, M. T. M.; ROJAS, C. A.; ORELLANA, R. R. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. **Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal**, v. 7, p. 28-37, 2007.