

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**TESE**

**Formulações tipo “bokashi” como fertilizantes  
orgânicos no cultivo de hortaliças**

**EVA ADRIANA GONÇALVES DE OLIVEIRA**

**2015**



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

## **Formulações tipo “bokashi” como fertilizantes orgânicos no cultivo de hortaliças**

**EVA ADRIANA GONÇALVES DE OLIVEIRA**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Raul de Lucena Duarte Ribeiro**

*e Co-orientação do Pesquisador*  
**José Guilherme Marinho Guerra**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em ciências** em Fitotecnia, Área de Concentração em Agroecologia.

**Seropédica, RJ  
Março de 2015**

631.86

O48f

T

Oliveira, Eva Adriana Gonçalves de, 1985-  
Formulações tipo "bokashi" como  
fertilizantes orgânicos no cultivo de  
hortaliças / Eva Adriana Gonçalves de  
Oliveira - 2015.  
96 f.: il.

Orientador: Raul de Lucena Duarte  
Ribeiro.

Tese (doutorado) - Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-  
Graduação em Fitotecnia.

Bibliografia: f. 70-80.

1. Adubos e fertilizantes orgânicos -  
Teses. 2. Fertilizantes nitrogenados -  
Teses. 3. Agricultura orgânica - Teses. 4.  
Hortaliças - Cultivo - Teses. I. Ribeiro,  
Raul de Lucena Duarte, 1937-. II.  
Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em  
Fitotecnia. III. Título.

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

**EVA ADRIANA GONÇALVES DE OLIVEIRA**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências** no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de Concentração em Agroecologia.

TESE APROVADA EM: 31/03/2015



\_\_\_\_\_  
Raul de Lucena Duarte Ribeiro. Ph.D. – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Orientador



\_\_\_\_\_  
Cristina Maria de Castro. D.Sc. – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios –  
APTA



\_\_\_\_\_  
Marco Antônio de Almeida Leal. D.Sc. – Embrapa Agrobiologia



\_\_\_\_\_  
Anelise Dias. D.Sc. – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



\_\_\_\_\_  
Eduardo Lima. D.Sc. – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus familiares e amigos,**  
*pelo amor, apoio, paciência, companheirismo e compreensão.*  
*Este trabalho é dedicado a vocês.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia e à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

À Embrapa Agrobiologia e à Fazendinha Agroecológica “Km 47” pelo apoio técnico e estrutural.

Ao professor Raul de Lucena, pela orientação, atenção, paciência e confiança. Pelas conversas capazes de me encher de entusiasmo, pelo apoio emocional nos momentos mais difíceis de minha trajetória e, principalmente, por ser um exemplo profissional e pessoal.

Aos meus co-orientadores José Guilherme Marinho Guerra e Marco Antônio Almeida Leal pelo incentivo ao desenvolvimento da pesquisa e auxílio em cada etapa.

A todos os membros da banca, pela participação e valiosas contribuições.

Ao Professor Hélio Vidal do Centro Tecnológico do Exército (CETEx) pelo apoio com a irradiação das amostras.

Ao assistente de laboratório Rosinaldo Feital pelo apoio incondicional e auxílio na condução dos experimentos.

Aos funcionários da Fazendinha Agroecológica “Km 47” pela ajuda na condução dos trabalhos de campo, carinho e respeito, em especial à querida amiga Ivana Vieira pelo profissionalismo, prontidão, paciência, responsabilidade e abraço confortador nos momentos de desespero.

Aos estagiários do laboratório de Agricultura Orgânica Mayara Rocha, Tawane Bastos e Igor Meireles, sempre dispostos a ajudar independente da circunstância.

Aos amigos Jaqueline Carvalho, Dione Galvão, Silvio Santos, Emerson Dalla, Maria Gabriela Ferreira, Juçaria Souza e Lúcia Helena pessoas por quem tenho enorme admiração, carinho e respeito, registro minha gratidão por toda ajuda, incentivo e, sobretudo, pela amizade incondicional ao longo desses anos.

Aos novos amigos e colegas de trabalho Waléria Figueiredo, Luciana Souza, Cristiane Soledade, Josinete Araújo, Cleriton Marques, Orleans Oliveira, Nadson Borges, Luiz Edgard Tolentino e Joaquim Mendes pela compreensão e apoio nos momentos em que precisei estar ausente.

À minha família que mesmo distante, mantiveram-se sempre ao meu lado, pela tolerância e paciência nos momentos difíceis, pela atenção e, principalmente, pelo amor e carinho que sempre me dedicaram.

Ao meu noivo Osmir Saiter, pela compreensão, lealdade, companheirismo, apoio, dedicação e auxílio fundamentais para a condução dos experimentos, conclusão deste trabalho e realização desse sonho.

A Deus, pela vida e por ter colocado todas essas pessoas no meu caminho.

*“O correr da vida embrulha tudo. A vida é assim, esquenta e esfria, aperta e depois afrouxa, aquieta e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem. O que Deus quer é ver a gente aprendendo a ser capaz de ficar alegre e amar, no meio da alegria. E ainda mais no meio da tristeza. Todo o caminho da gente é resvaloso, mas cair não prejudica demais, a gente levanta, a gente sobe, a gente volta”.*  
(João Guimarães Rosa em “Grande Sertão Veredas”, 1956)

## RESUMO GERAL

OLIVEIRA, Eva Adriana Gonçalves de. **Formulações do tipo “bokashi” como fertilizantes orgânicos no cultivo de hortaliças**. Seropédica: UFRRJ, 2015. 97p. (Tese, Doutorado em Fitotecnia).

Foram avaliados seis pares de resíduos de origem vegetal, constituídos por uma fonte de carbono (C) e outra de nitrogênio (N), utilizados como fertilizantes orgânicos para hortaliças herbáceas (alface e rúcula). Os compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” resultantes foram : farelo de trigo e torta de mamona (FT/TM), farelo de trigo e folhas e ramos finos de glicíndia (FT/GL), capim elefante e torta de mamona (CE/TM), capim elefante e glicíndia (CE/GL), bagaço de cana-de-açúcar e torta de mamona (BC/TM) e bagaço de cana-de-açúcar e glicíndia (BC/GL). Cada uma dessas misturas foi inoculada com Embiotic® ou Kefir, incluindo-se um tratamento-controle em que os fermentados não foram pré – inoculados. Na primeira etapa do estudo, foi avaliada a composição química, o pH e a condutividade elétrica dos compostos orgânicos fermentados obtidos, e foram realizados bioensaios que empregaram o milho como planta-teste, com o objetivo de avaliar a disponibilização de N e também para avaliar a capacidade de estimular a atividade biológica, que foi medida por meio de três indicadores: carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e quociente metabólico. Constataram-se diferenças significativas entre os compostos orgânicos para todas as características avaliadas. As inoculações com o produto comercial Embiotic® ou com culturas de Kefir em solução aquosa de açúcar mascavo não acarretaram efeitos significativos na comparação com os tratamentos não inoculados. Os resultados obtidos com o milho indicaram que todos os compostos avaliados são capazes de promover o crescimento vegetativo das plantas. Na segunda etapa do estudo, os compostos orgânicos, com exceção daqueles formulados com o bagaço de cana-de-açúcar, foram incorporados ao solo na fase de pré-transplante de mudas de alface, utilizando-se quantidades equivalentes a 100 kg N ha<sup>-1</sup>. O desempenho agrônomico da alface foi positivamente influenciado pela incorporação dos compostos orgânicos quando comparados com o tratamento-controle, sem qualquer tipo de fertilização. Após colheita da alface, mudas de rúcula foram transplantadas para as mesmas parcelas experimentais, no entanto, não foram detectados efeitos residuais dos compostos incorporados no pré-cultivo da alface. Atributos químicos e biológicos do solo sofreram influência da utilização dos compostos orgânicos, independentemente do inoculante microbiano empregado. Em um segundo experimento de campo, foram comparados apenas os compostos FT/TM x Embiotic® e CE/GL x Kefir, utilizando-se, para cada um deles, doses de N que variaram de 0 a 400 kg ha<sup>-1</sup>, incorporadas ao solo na fase de pré-transplante de rúcula. Esta respondeu positivamente à incorporação de ambos os compostos, mas as respostas variaram em função da dose aplicada. Após a colheita da rúcula, mudas de alface foram transplantadas para as mesmas parcelas experimentais. Neste caso, a alface mostrou benefícios resultantes do efeito residual da incorporação dos compostos no pré-cultivo da rúcula. Em termos gerais, ficou demonstrado que a eficácia de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” para serem utilizados como fertilizantes depende das fontes de carbono e nitrogênio empregadas na sua composição. Formulações obtidas com resíduos orgânicos produzidos *in situ*, a partir da desidratação e moagem de biomassa aérea de capim elefante e glicíndia, podem substituir compostos formulados com resíduos farelados agroindustriais, tais como farelo de trigo e torta de mamona.

**Palavras-chave:** Adubação orgânica, compostos fermentados, fertilizante nitrogenado, hortaliças herbáceas.

## GENERAL SUMMARY

OLIVEIRA, Eva Adriana Gonçalves de. **“Bokashi” type composts as fertilizers for organic farming vegetable crops**. Seropédica: UFRRJ, 2015, 97p. (Thesis, Doctorate in Crop Science).

Six pairs of plant residues based on a carbon source and a nitrogen source were evaluated as organic fertilizers for vegetable crops (lettuce and rocket). The resulting “bokashi” type fermented composts were the following: wheat bran + castor bean cake (FT/TM), wheat bran + gliricídia -leaves and tiny shoots (FT/GL), elephant grass + castor bean cake (CE/TM), elephant grass + gliricídia (CE+GL), sugarcane bagasse (crushed culms) + castor bean cake (BC/TM), and sugarcane bagasse + gliricídia (BC/GL). All the mixtures were inoculated with either Embiotic® or Kefir. A control-treatment also was included in which the composts were not inoculated. For the first part of the study the composts were evaluated to chemical composition, pH reaction and electric conductivity. Bioassays using millet as a test-plant were performed in order to evaluate the disposal of nitrogen and also to assess their ability to stimulate biological activity by means of three indicators: carbon microbial biomass, soil basal respiration and metabolic quotient. Significant differences were detected among the composts for all analyzed characteristics. Inoculations with the commercial product Embiotic® or with Kefir cultures maintained in brown sugar aqueous solution did not differ from each other or even when compared with the non – inoculated control treatment. Results obtained from the millet bioassays indicated potential of the fermented composts to promote vegetative growth. In the second part of the study the organic composts, except for those having sugarcane bagasse as one of the components, were added to the soil previously to lettuce transplants placement in the field. Each compost incorporated amount was calculated on the basis of its contribution with 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Lettuce agronomical performance under organic farming was positively influenced by additions of the composts, differing from the absolute control treatment in which plots had not received any kind of fertilization. Following lettuce harvest, rocket transplants occupied the corresponding experimental plots, however, no residual effects could be demonstrated due to organic composts additions to the previous lettuce crop. Chemical and biological soil attributes were affected by the composts in different levels regardless of the microbiological inoculant employed. In a subsequent field experiment only the FT/TM x Embiotic® and the CE/GL x Kefir composts were compared. Dosages of such composts varied from 0 to 400 kg N ha<sup>-1</sup> applied to the soil before rocket transplants were placed. Rocket crop showed positive responses in terms of vegetative growth parameters correlated to the offered dosages of both composts. Soon after rocket harvest lettuce transplants occupied the same, experimental plots. In this case lettuce showed significant improvements in growth derived from residual effects of the incorporated composts during rocket previous crop. The efficacy of fermented composts was related to their composition based on specific sources of carbon and nitrogen. Organic residues able to be obtained *in situ*, represented by dried and ground shoot biomasses of elephant grass and gliricídia, showed potential to replace composts formulated with industrial inputs, such as wheat bran and castor bean cake; for organic vegetable crops (lettuce and rocket) production.

**Key words:** Organic fertilization, fermented composts, nitrogen fertilizer, vegetable crops.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1.** Compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos com diferentes resíduos de origem vegetal e inoculantes microbianos abertos após incubação por 21 dias a temperatura ambiente, sob condições anaeróbicas .....16
- Figura 2.** Disposição dos vasos no biensaio para avaliação da disponibilização do N dos compostos orgânicos fermentados.....17
- Figura 3.** Biomassa de milho crescidos em vasos contendo diferentes compostos orgânicos tipo “bokashi”, submetidos a processo fermentativo a partir de tratamento com diferentes inoculantes microbianos, esterilizados ou não por irradiação.....28

### CAPÍTULO II

- Figura 1.** Precipitação acumulada e temperaturas médias em Seropédica-RJ, no período de maio a agosto de 2013.....34
- Figura 2.** Vista geral do experimento de campo para avaliação da eficácia de compostos fermentados tipo “bokashi” como fertilizantes no cultivo orgânico de alface ‘Vera’ .....36
- Figura 3.** Precipitação acumulada e temperaturas médias em Seropédica-RJ, no período de maio a agosto de 2014.....37
- Figura 4.** Vista geral do experimento de campo para avaliação da eficácia de crescentes doses de compostos fermentados tipo “bokashi” como fertilizantes no cultivo orgânico de rúcula.....40
- Figura 5.** Teores de carbono, fósforo, potássio e cálcio no solo, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos tipo “bokashi” .....50
- Figura 6.** Teores de nitrogênio e magnésio no solo, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos tipo “bokashi” .....51
- Figura 7.** Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....53
- Figura 8.** Respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....54
- Figura 9.** Número de folhas, altura, massa fresca e massa seca da folhagem por planta de rúcula ‘Astro’, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....57
- Figura 10.** Teores de N na matéria seca da parte aérea de rúcula ‘Astro’ em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....59

<b>Figura 11.</b> Teores de K e Ca na massa seca da parte aérea de rúcula ‘Astro’, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.....	60
<b>Figura 12.</b> Teores de K no solo, após colheita da rúcula, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.....	62
<b>Figura 13.</b> Teores de C, N, P e Mg no solo, após colheita da rúcula, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.....	63
<b>Figura 14.</b> Número de folhas, biomassa fresca e biomassa seca da parte aérea de alface ‘Vera’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de rúcula ‘Astro’, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” em doses crescentes.....	65
<b>Figura 15.</b> Teores de N, P e Mg na massa seca da parte aérea de alface ‘Vera’, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de rúcula ‘Astro’, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” em doses crescentes.....	67

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Valores de pH em água e de condutividade elétrica, teores de macronutrientes e relação C/N dos resíduos vegetais utilizados para a formulação dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....14
- Tabela 2.** Teores de C, N, relação C/N e teores de P, K, Ca e Mg de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.....21
- Tabela 3.** Valores de pH em água de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.....22
- Tabela 4.** Condutividade elétrica de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.....23
- Tabela 5.** Massa seca da parte aérea do milho, teor de N na planta e proporção do N recuperado a partir da incorporação, em substrato de areia lavada, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” em bioensaio realizado em vasos.....24
- Tabela 6.** Valores de carbono da biomassa microbiana, em função da incorporação de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos, esterilizados ou não por irradiação.....25
- Tabela 7.** Respiração basal do substrato ( areia lavada) em função da incorporação de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos, esterilizados ou não por irradiação.....26
- Tabela 8.** Quociente metabólico ( $qCO_2$ ) em função da incorporação, em substratos de areia lavada, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos, esterilizados ou não por irradiação.....27

### CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Teores de C, N, relação C/N e teores de P, K, Ca e Mg de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamento com diferentes inoculantes microbianos.....34
- Tabela 2.** Quantidades e aportes de nutrientes de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos, incorporados aos canteiros no pré-transplante das mudas de alface ‘Vera’ .....35

<b>Tabela 3.</b> Teores de C, N, relação C/N e teores de de P, K, Ca e Mg dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” avaliados no experimento com rúcula.....	38
<b>Tabela 4.</b> Quantidades e aportes de nutrientes dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” avaliados no experimento com rúcula e alface.....	38
<b>Tabela 5.</b> Teores de macronutrientes em amostras de solo sete dias após incorporação, na fase de pré-transplântio das mudas de alface, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir dos tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.....	41
<b>Tabela 6.</b> Indicadores dos níveis de atividade biológica do solo em amostras coletadas sete dias após incorporação, na fase de pré-transplântio das mudas de alface, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos. ....	42
<b>Tabela 7.</b> Variáveis biológico-fitotécnicas observadas na alface ‘Vera’ sob cultivo orgânico em função da incorporação ao solo, na fase de pré-transplântio das mudas, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos. ....	44
<b>Tabela 8.</b> Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de alface ‘Vera’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, na fase de pré-transplântio das mudas, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processos fermentativos a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.....	45
<b>Tabela 9.</b> Teores de macronutrientes em amostras de solo, após colheita da alface, em função da incorporação, na fase de pré-transplântio das mudas de alface, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos. ....	46
<b>Tabela 10.</b> Variáveis biológico-fitotécnicas de rúcula ‘Astro’, sob manejo orgânico, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de alface ‘Vera’, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos. ....	47
<b>Tabela 11.</b> Teores de macronutrientes na parte aérea de rúcula em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de alface ‘Vera’, de diferentes compostos orgânicos tipo “bokashi” .....	47
<b>Tabela 12.</b> Teores de macronutrientes em amostras de solo, sete dias após incorporação, em doses crescentes, no pré-transplântio das mudas de rúcula, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.....	48
<b>Tabela 13.</b> Teores de carbono, fósforo, potássio e cálcio relativos à amostras de solo, sete dias após incorporação, em doses crescentes, na fase de pré-transplântio das mudas de rúcula, de compostos orgânicos tipo “bokashi” .....	49

<b>Tabela 14.</b> Indicadores dos níveis de atividade biológica em amostras de solo, aos sete dias após incorporação, na fase de pré-transplântio das mudas de rúcula, de composto orgânico tipo “bokashi”.....	52
<b>Tabela 15.</b> Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) relativo à amostras de solo, aos sete dias após incorporação, em doses crescentes, na fase de pré-transplântio das mudas de rúcula, de compostos orgânicos tipo “bokashi”.....	52
<b>Tabela 16.</b> Variáveis biológico-fitotécnicas de rúcula ‘Astro’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, em doses crescentes, na fase de pré-transplântio das mudas, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.....	55
<b>Tabela 17.</b> Teores de macronutrientes na massa seca da parte aérea de rúcula ‘Astro’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo de composto orgânico fermentado tipo “bokashi”.....	58
<b>Tabela 18.</b> Teores de N na massa seca da parte aérea de rúcula ‘Astro’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, em doses crescentes, de composto orgânico fermentado tipo “bokashi”.....	58
<b>Tabela 19.</b> Teores de macronutrientes e valores de pH do solo, após colheita da rúcula, em função da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.....	61
<b>Tabela 20.</b> Teores de K no solo, após colheita da rúcula, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.....	61
<b>Tabela 21.</b> Variáveis biológico - fitotécnicas de alface ‘Vera’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de rúcula ‘Astro’, de compostos orgânicos tipo “bokashi” em doses crescentes.....	64
<b>Tabela 22.</b> Teores de macronutrientes na massa seca da parte aérea de alface ‘Vera’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de rúcula ‘Astro’, de compostos orgânicos tipo “bokashi” em doses crescentes.....	66

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
1 Agricultura orgânica .....	4
2 Fertilização na agricultura orgânica.....	6
3 Formulações tipo “bokashi” .....	7
4. Inoculantes microbianos para elaboração do “bokashi” .....	8
4.1 Microrganismos eficazes .....	9
4.2 Kefir.....	10
<b>CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS FERMENTADOS TIPO “BOKASHI” OBTIDOS COM DIFERENTES RESÍDUOS DE ORIGEM VEGETAL E INOCULANTES MICROBIANOS .....</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
2.1 Preparação e composição química dos resíduos orgânicos .....	14
2.2 Preparo dos inoculantes microbianos .....	15
2.3 Preparo dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....	15
2.4 Caracterização química e condutividade elétrica de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos de diferentes resíduos de origem vegetal e inoculantes microbianos.....	16
2.5 Disponibilização do nitrogênio pelos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....	16
2.6 Promoção da atividade biológica de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” através de bioensaio com milheto na casa de vegetação .....	18
2.6.1 Determinação da biomassa microbiana .....	18
2.6.2 Determinação da respiração basal do substrato .....	19
2.6.3 Determinação do quociente metabólico ( $qCO_2$ ).....	20
2.7 Análises estatísticas .....	20
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
3.1 Caracterização química e condutividade elétrica de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos com diferentes resíduos de origem vegetal e inoculantes microbianos .....	21
3.2 Disponibilização do nitrogênio pelos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....	23

3.3 Promoção da atividade biológica de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” através de bioensaio com milho na casa de vegetação .....	25
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>29</b>

**CAPÍTULO II - EFEITOS DA INCORPORAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS FERMENTADOS TIPO “BOKASHI” NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO E COMO FERTILIZANTES NOS CULTIVOS ORGÂNICOS DE HORTALIÇAS HERBÁCEAS EM SUCESSÃO..... 30**

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
2.1 Localização e caracterização da área experimental .....	32
2.2 Preparo dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....	32
2.3 Experimento 1: Efeitos dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo e nos cultivos orgânicos de alface e rúcula em sucessão .....	33
2.3.1 Avaliação dos efeitos da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo .....	35
2.3.2 Cultivos orgânicos de alface ‘Vera’ e rúcula ‘Astro’, plantadas em sucessão na mesma área experimental, em função da incorporação ao solo de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....	35
2.4 Experimento 2: Efeitos de doses crescentes de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo e no desempenho agrônomico de rúcula e alface, sob manejo orgânico, plantadas em sucessão na mesma área .....	37
2.4.1 Avaliação dos efeitos da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, em doses crescentes, nos atributos químicos e biológicos do solo .....	39
2.4.2 Desempenho agrônomico de rúcula ‘Astro’ e de alface ‘Vera’, plantadas em sucessão na mesma área experimental, em função da incorporação ao solo de doses crescentes de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....	39
2.5 Análises estatísticas .....	40
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
3.1 Experimento 1: Efeitos da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo e nos cultivos orgânicos de alface e rúcula em sucessão na mesma área.....	41
3.1.1 Avaliação dos efeitos da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos do solo .....	41
3.1.2 Avaliação dos efeitos da incorporação de compostos orgânico fermentados tipo “bokashi” nos atributos biológicos do solo .....	42

3.1.3 Resposta da alface ‘Vera’ em função da incorporação ao solo de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....	43
3.1.4 Cultivo orgânico da rúcula ‘Astro’ plantada em sucessão a alface ‘Vera’, na mesma área experimental, em função da incorporação ao solo, na cultura antecedente, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” .....	45
3.2 Experimento 2: Efeitos de doses crescentes de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo e no desempenho agrônômico de rúcula e alface, sob manejo orgânico, cultivadas em sucessão na mesma área .....	48
3.2.1 Avaliação do efeito da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, em doses crescentes, nos atributos químicos do solo .....	48
3.2.2 Avaliação do efeito da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, em doses crescentes, nos atributos biológicos do solo .....	51
3.2.3 Desempenho agrônômico de rúcula ‘Astro’ em função da incorporação ao solo de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” em doses crescentes .....	54
3.2.4 Desempenho agrônômico da alface ‘Vera’ cultivada em sucessão à rúcula, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” em doses crescentes .....	60
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>68</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, a agricultura mundial, dita convencional (“main stream agriculture”) (REGANOLD et al., 2011), vem sendo questionada devido aos modelos de produção, que são baseados na massiva utilização de agrotóxicos e de adubos sintéticos de alta solubilidade, trazendo riscos à saúde humana e aos agroecossistemas.

Este padrão tecnológico, predominantemente adotado, vem gerando crescentes problemas ligados à degradação de solos e mananciais hídricos, além da perda de biodiversidade e da demasiada elevação dos custos da produção agropecuária. Em consequência, aumenta significativamente a busca por sistemas alternativos de cultivo, destinados a ofertar produtos orgânicos, garantidamente livres de resíduos de agrotóxicos e obtidos em harmonia com o meio ambiente.

Trata-se de um sistema de produção balizado em processos naturais e interações biológicas benéficas, estimulados pela diversificação espacial e temporal da atividade no campo. Nos cultivos orgânicos, o enfoque das adubações está direcionado não apenas aos aspectos químicos da fertilidade do solo, mas também aos seus componentes físicos e biológicos, buscando-se o equilíbrio entre os múltiplos constituintes do solo, além dos efeitos de longo prazo do manejo da matéria orgânica (SOUZA & RESENDE, 2006).

A disponibilização de nutrientes para as plantas pelos fertilizantes orgânicos é mais lenta, o que pode levar a uma redução das perdas. Além disso, favorecem o incremento da fauna edáfica e dos níveis populacionais de microrganismos responsáveis pelos processos simbióticos e pela mineralização da matéria orgânica, dentre outros. Merecem destaque os efeitos positivos sobre as propriedades físicas do solo, resultantes do aporte de matéria orgânica, contribuindo para o desenvolvimento radicular das plantas cultivadas (CANELLAS et al., 2005).

São notórios os esforços de pesquisa para ampliar o conhecimento de sistemas de cultivos que viabilizem a produção orgânica e para gerar tecnologias que garantam a produtividade agrícola com menor custo. Há ainda necessidade de melhoria de vários processos e, provavelmente, o mais importante deles seja à provisão de nitrogênio (N) às culturas (TREWAVAS, 2001; BERRY et al., 2002; SEUFERT et al., 2012), considerada como uma das principais limitações da produção orgânica.

Enfatiza-se o emprego sistemático da adubação verde, através das chamadas plantas de cobertura do solo e/ou pelo sistema “alley cropping” (cultivo entre faixas de adubos verdes arbustivos ou arbóreos), bem como a utilização de fertilizantes obtidos por meio da compostagem de resíduos de origem animal e/ou vegetal (ESPÍNDOLA et al., 2005).

Compostos orgânicos podem ser obtidos por diversos métodos, incluindo-se formulações tipo “bokashi”, em que o processo é mediado por um “pool” de microrganismos, funcionando como inoculante para um variado número de substratos orgânicos farelados, em misturas programadas (HOMMA, 2003; MEDEIROS et al., 2008).

Segundo Homma (2003), em adendo ao fornecimento de nutrientes, o “bokashi” carrega ao solo microrganismos tidos como “regeneradores”, proporcionando, de forma acelerada, condições favoráveis à proliferação de representantes da microbiota habitual (fungos, bactérias, actinomicetos, micorrizas, fixadores de N<sub>2</sub> etc.), que disponibilizam nutrientes para as plantas e que também atuam na estabilização dos agregados do solo (MEDEIROS et al., 2008).

As formulações tipo “bokashi” são confeccionadas a partir de uma mistura balanceada de farelos, como os de soja, arroz e mamona, extrato de levedura seca etc. Esses substratos são fermentados em presença de microrganismos eficazes (“effective microorganisms”) já

havendo no Brasil um produto comercial, em forma líquida concentrada, registrado pelo IBAMA como um “biorremediador” para acelerar o processo de degradação de material orgânico (Embiotic®), pela empresa Korin Meio Ambiente, sediada em São Paulo.

Experiências participativas com agricultores e técnicos que militam na produção de alimentos orgânicos no estado do Rio de Janeiro vêm apontando a viabilidade do emprego do “bokashi” nas lavouras. Apesar dos resultados promissores, as formulações tradicionais de “bokashi”, por utilizarem matérias-primas nobres e de uso frequente na alimentação animal, têm representado um alto custo para o produtor. Os elevados preços para aquisição do farelo de trigo, da torta de mamona e do inoculante microbiano comercial limitam o uso do “bokashi” como fertilizante orgânico. Ademais, dependendo da região, esses produtos podem não ser facilmente encontrados.

Corroborando Motarjem (2002), o aproveitamento de resíduos agroindustriais para obtenção de fertilizantes orgânicos através de processos fermentativos pode ser visto como uma maneira de se agregar valor a um produto de descarte, bem como gerar uma fonte de renda alternativa para as propriedades rurais, cumprindo, assim, funções ambiental e social. Da mesma forma, resíduos do corte de determinadas espécies vegetais, produzidos nas próprias unidades de produção agropecuária, podem servir como fontes de carboidrato e de N requeridos ao bioprocessamento fermentativo. Esta última opção seria de interesse, sobretudo para agricultores familiares, enquadrando-se no princípio do baixo uso de insumos externos, sempre considerado na busca pela sustentabilidade e, por isto, priorizado dentro da concepção agroecológica.

Há, também, indicações preliminares de que compostos orgânicos fermentados podem ser obtidos com auxílio do Kefir como inoculante microbiano em substituição ao inoculante comercial (Conceição, 2012). Os chamados grãos de Kefir representam aglomerados simbióticos, principalmente constituídos de lactobacilos e leveduras, tradicionalmente usados na fermentação do leite ou de outros substratos orgânicos (MALAVOLTA et al., 1997; WITTHUHN et al., 2004). Esses grãos podem ser multiplicados caseiramente em solução aquosa de açúcar (mascavo ou cristal), suco de frutas ou leite. A composição microbiológica básica é mantida, mas certas variações ocorrem em função da origem dos grãos e do substrato empregado no cultivo *in vitro* (MOREIRA et al., 2008).

Compostos orgânicos fermentados podem representar uma alternativa promissora para incrementar a ciclagem de nutrientes e, ao mesmo tempo, contribuir para a sustentabilidade do processo de produção agroecológico. Justificam-se, portanto, estudos destinados à seleção e avaliação de resíduos orgânicos disponíveis nas próprias unidades de produção.

O presente estudo teve como meta principal a abordagem das seguintes hipóteses:

1. É possível obter compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, a partir da utilização de diferentes resíduos vegetais combinados e tratados com diferentes inoculantes microbianos (Embiotic® ou Kefir) para o processo fermentativo, ou mesmo sem prévia inoculação;
2. Compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” têm capacidade de melhorar atributos químicos e biológicos quando incorporados ao solo de áreas destinadas ao cultivo de hortaliças;
3. Compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” são mais ou menos eficazes como fertilizantes no cultivo de hortaliças herbáceas, em função da combinação entre fontes de carbono e de nitrogênio, bem como do inoculante microbiano utilizado.

O Capítulo I, intitulado: “**Caracterização de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos com diferentes resíduos de origem vegetal e inoculantes microbianos**”, teve como objetivos:

1. Avaliar a composição química e condutividade elétrica de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, a partir de diferentes combinações entre fontes de carbono e de nitrogênio e do emprego de diferentes inoculantes microbianos;
2. Avaliar a capacidade de recuperação do N e o estímulo à atividade microbiana dos diferentes compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” através de bioensaios realizados em vasos adotando o milho como planta indicadora.

O Capítulo II, intitulado: **“Efeitos da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo e como fertilizantes nos cultivos orgânicos de hortaliças herbáceas em sucessão”**, teve como objetivos:

1. Comparar a eficácia dos diferentes compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo em condições de campo;
2. Comparar a eficácia de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” no desempenho agrônomo de alface e rúcula, bem como seu efeito residual no rendimento dessas hortaliças em cultivos subsequentes na mesma área.

## REVISÃO DA LITERATURA

### 1. Agricultura orgânica

As inovações tecnológicas que surgiram na agropecuária, principalmente através da revolução verde, impulsionaram a produção de alimentos, trazendo, contudo, reflexos negativos incluindo erosão, poluição dos solos e cursos de água, além do risco afeto à contaminação de com resíduos tóxicos, quanto à saúde das populações rural e urbana (NEVES, et al., 2005).

Os problemas de degradação ambiental, gerados a partir do processo de industrialização da agricultura, acarretaram uma demanda crescente por práticas alternativas, ecologicamente equilibradas, para a produção agrícola, assim como pelo reconhecimento científico do potencial dessas práticas (ALTIERI, 1995; EHLERS, 1996). Esse crescimento deveu-se, também, à maior conscientização dos consumidores quanto à qualidade dos alimentos e dos próprios agricultores, que lidam com desequilíbrios além do tolerável e com a constante elevação dos custos de produção.

A Lei 10.831 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências, define sistema orgânico de produção agropecuária como todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).

Na medida em que avança a já citada conscientização do consumidor, a sociedade torna-se mais exigente quanto ao processo produtivo e suas externalidades, ampliando as oportunidades para os agricultores familiares e gerando demandas tecnológicas que contabilizem a conservação ambiental (CARVALHO, 2012). Nesse contexto, a agricultura orgânica representa uma atraente opção econômica e ecológica, da qual beneficiam-se, principalmente, os pequenos e médios agricultores, incluindo comunidades de base familiar (NEVES et al., 2004). Por outro lado, com o aumento da demanda pelos produtos orgânicos, surgiu a necessidade de estabelecer-se normas e procedimentos para dar garantia ao consumidor da procedência desses produtos e dos sistemas de manejo adotados.

A avaliação da conformidade orgânica é o procedimento que inspeciona, avalia, garante e informa se um produto ou processo está adequado às exigências específicas da produção orgânica (MAPA, 2009). Para Lozano (2009), a certificação da conformidade orgânica permite assegurar ao consumidor não somente a qualidade do produto agroalimentar, mas também dos processos que o geraram, dentro da perspectiva de respeito e proteção ao meio ambiente e ao trabalhador do campo, do bem-estar animal e do comércio justo. Essa validação requer uma entidade que certifique que a produção agropecuária respeitou os critérios estabelecidos do ponto de vista legal (SAMINÉZ et al., 2008).

Ao longo das últimas décadas a agricultura orgânica ganhou uma dimensão global com a criação de um sistema de certificação por terceiros, a chamada “certificação por auditoria”, voltada para atender, em especial, os requisitos do mercado internacional (RENNER, 2008). Esse sistema se disseminou enormemente nos últimos anos, trazendo

consigo mais desafios do que oportunidades aos produtores de base familiar. Muitos deles acatam os princípios da agricultura orgânica, mas não conseguem vender seus produtos nesse nicho de mercado, uma vez que lhes falta a certificação por auditoria. Fato é que a maioria dos pequenos agricultores não pode arcar com os custos implicados nesse sistema de certificação.

A vasta documentação exigida na certificação por auditoria também é frequentemente vista como um obstáculo adicional. Além dessas barreiras, deve-se levar em conta que os padrões internacionais para a produção orgânica, como os da IFOAM (Federação Internacional dos Movimentos de Agricultura Orgânica), foram desenvolvidos de acordo com a realidade social, econômica, climática e ecológica de regiões do hemisfério norte, bem distintas das nossas condições. Diante dessas dificuldades, pequenos produtores passaram a se organizar através de sistemas alternativos de certificação, que são adaptados às realidades ecológicas e socioeconômicas locais, como é o caso do sistema participativo de garantia da conformidade orgânica (SPG).

A certificação participativa consiste no processo de geração da credibilidade que pressupõe a participação solidária de todos os segmentos interessados em assegurar a qualidade do produto final e do sistema de produção. Caracteriza-se pela descentralização de decisões e pelo compartilhamento de conhecimentos e informações. São formados pelo conjunto de seus membros, representados por produtores “individuais”, associações, cooperativas, condomínios e outros tipos de organizações formais ou informais. Podem também incluir comercializantes, transportadores, processadores, armazenadores, além de consumidores, técnicos e entidades públicas ou privadas envolvidos na rede de produção orgânica (PENTEADO, 2008).

Corroborando Carrascal (2011), a certificação participativa surge em contraposição à certificação de terceira parte ou por auditoria, que prioriza os mercados internacionais, sendo, por vezes, apenas considerado como mecanismo para gerar lucro.

O Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) reconhece os SPGs como uma das formas válidas de certificação, através do decreto 6.323 de dezembro de 2007, o qual regulamentou a legislação oficial (MAPA, 2007). De acordo com a Instrução Normativa nº 19, de maio de 2009, que instituiu os mecanismos de controle e informação da qualidade orgânica, um SPG é composto pelos membros do sistema e por um organismo participativo de avaliação da conformidade (OPAC).

No território fluminense, o principal organismo participativo de avaliação da conformidade orgânica é a Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO), fundada em 1985. Nos dias atuais, a ABIO conta com cerca de 20 SPGs, congregando mais de 250 associados, distribuídos por um número significativo de municípios do Rio de Janeiro (VIEIRA, 2012). Assim, como uma das formas de garantir a qualidade da produção orgânica, os SPGs representam a oportunidade de o movimento orgânico apoiar o consumo local, ao mesmo tempo em que fortalecem laços comunitários, a economia e o meio de vida rural (RENNER, 2008).

Em consonância com a SEDES (Secretaria Especial de Desenvolvimento Econômico Solidário), da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, a ABIO oficializou o “Circuito Carioca de Feiras Orgânicas”. Essas feiras têm como princípios o comércio justo e solidário, a autogestão, a ética e a transparência financeira, além de viabilizar a construção de canais de venda direta e o acesso da população consumidora aos produtos orgânicos (FONSECA et al., 2011). Esse movimento expandiu-se nos últimos anos, com a inclusão de novos pontos de feiras na cidade do Rio de Janeiro, continuando a gestão do Circuito coordenada pela SEDES, porém com a participação de outras OPACs, como a AS-PTA (Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa) e a Essência Vital. Surgiram, ainda, feiras em outras cidades fluminenses, vinculadas a SPGs, como por exemplo Teresópolis, Petrópolis, Visconde

de Mauá, Barra Mansa e Niterói. Essa relação de proximidade e confiança entre produtores e consumidores é um elemento fundamental para o crescimento da agroecologia, bem como para o fortalecimento da agricultura familiar e de estratégias de comercialização solidária.

Embora em franco desenvolvimento, a agricultura orgânica encontra limitações, sobretudo decorrentes de sua complexidade, influenciando o cotidiano das práticas agrícolas. Dessa forma, o movimento em prol da agricultura orgânica é carente da geração e socialização de conhecimentos alicerçados em tecnologias apropriadas, que possam assegurar competitividade ao produtor e garantir a popularização dos preços dos alimentos e matérias-primas de origem agroecológica. Longe de ser um conjunto de técnicas diferenciadas, a agricultura orgânica é, em síntese, uma forma de se interagir com a natureza, enfrentando as restrições impostas pelas normas técnicas de credenciamento, agora oficialmente regulamentadas.

## **2. Fertilização na agricultura orgânica**

Conforme a Lei Federal 10.831/2003, a utilização de adubos minerais sintéticos de alta solubilidade, obtidos a partir de combustíveis fósseis, não é permitida na produção orgânica. Nesses sistemas, busca-se o equilíbrio entre os múltiplos constituintes do solo, sendo que a exportação de nutrientes oriunda das colheitas é reposta através de aportes naturais, via deposição atmosférica, fixação biológica de nitrogênio (FBN), intemperismo das rochas, incremento da matéria orgânica do solo e insumos orgânicos capazes de estimular um funcionamento equilibrado, envolvendo os aspectos biológicos, físicos e químicos (GUERRA et al., 2004; ESPÍNDOLA et al., 2006).

O fornecimento de matéria orgânica, associado a práticas conservacionistas, contribui para a construção da fertilidade do solo e, por conseguinte, para uma equilibrada nutrição mineral das plantas, característica tida como essencial para o sucesso dos sistemas orgânicos de produção (GUERRA et al., 2013)

Conforme já enfatizado, a disponibilização de nutrientes para as plantas pelos fertilizantes orgânicos é mais lenta, o que pode levar à redução das perdas. Além disso, favorecem o incremento da fauna edáfica e dos níveis populacionais de microrganismos responsáveis por processos simbióticos e pela mineralização da matéria orgânica. Merecem destaque os efeitos positivos sobre as propriedades físicas do solo, resultantes do aporte de matéria orgânica, contribuindo para o desenvolvimento radicular das plantas cultivadas (CANELLAS et al., 2005).

Em geral, sistemas orgânicos de cultivo permitem ciclar, ofertar e acumular no solo todos os nutrientes necessários ao bom desenvolvimento da maioria das espécies cultivadas. Atenção especial deve ser dada ao nitrogênio, especialmente visando à fixação do N<sub>2</sub> atmosférico e sua disponibilização para as culturas (SOUZA & RESENDE, 2006).

As fontes de fertilizantes orgânicos são inúmeras, incluindo resíduos vegetais e animais, devendo-se, no entanto, sempre atentar para a origem e qualidade dos mesmos.

O esterco bovino e a “cama de aviário” (frangos para abate) são as fontes de N mais comuns no que se refere a adubos orgânicos. Devido ao pequeno porte da maioria das unidades de produção orgânicas de base familiar no Brasil, a integração lavoura-pecuária não é factível. Dessa forma, o uso de estercos, bem como de resíduos agroindustriais, representa prática que gera certa dependência de fontes externas. A disponibilidade, os preços e custos de transporte desses insumos, além de restrições técnicas da legislação em relação ao seu emprego, afetam a viabilidade técnica/econômica do empreendimento rural (ALMEIDA, 2007). Ainda assim, os produtores orgânicos muitas vezes são obrigados a recorrer à

aquisição de fertilizantes orgânicos industriais para compensar os desequilíbrios e as perdas inevitáveis ao longo do processo de produção (MCCOY, 2006). Entretanto, os fertilizantes orgânicos disponíveis no comércio têm se tornado cada vez mais caros, sendo incapazes de alicerçar e exponenciar a agricultura orgânica (ALMEIDA, 2012).

As normas técnicas que regulamentam os sistemas orgânicos de produção, são hoje mais rigorosas quanto à restrição de uso de fertilizantes orgânicos, sobretudo se oriundos de sistemas de produção convencionais ou baseados no aproveitamento de resíduos agroindustriais.

A Instrução Normativa nº 46 de 2011 (MAPA, 2011), que substituiu a IN nº64 de 2008, elenca uma série de substâncias que podem ser utilizadas como insumos na agricultura orgânica. No anexo V da IN nº 46, constam substâncias e produtos autorizados para uso em fertilização e correção do solo. De acordo com o Art. 103, somente é permitida a utilização de produtos constituídos dessas substâncias autorizadas no mencionado Anexo V, desde que de acordo com o previsto no plano de manejo orgânico e autorizado pela respectiva OPAC ou pela organização de controle social (OCS). O plano de manejo deve especificar as matérias primas, o processo de obtenção do produto e a quantidade a ser aplicada. No caso de suspeita de quaisquer não conformidades, a OPAC ou a OCS deve providenciar análise laboratorial.

### **3. Formulações tipo “bokashi”**

O “bokashi” é definido como sendo uma mistura de diferentes tipos de materiais orgânicos farelados, submetida a processos fermentativos controlados (HOMMA, 2003; MEDEIROS et al., 2008; SOUZA & ALCÂNTARA, 2008). Esses substratos são fermentados a partir da inoculação com um “pool” de microrganismos ditos eficazes, como aquele já comercializado no Brasil, em forma líquida concentrada (Embiotic<sup>®</sup>), pela empresa Korin Meio Ambiente.

De acordo com Okumoto et al. (2002), formulações tipo “bokashi”, obtidas por meio de processos fermentativos, condicionam um maior conteúdo energético da matéria orgânica por não alcançarem temperaturas demasiadamente elevadas, o que reduz as perdas pela volatilização do nitrogênio na forma de amônia (NH<sub>4</sub>). Além disso, proporcionam a veiculação de compostos (vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, antibióticos e antioxidantes) úteis para as plantas cultivadas, ao mesmo tempo, multiplicando microrganismos benéficos durante o processo de fermentação.

A fermentação do “bokashi” é preponderantemente do tipo láctico, ocorrendo, porém, simultaneamente, os tipos acético, alcoólico, propiônico e butírico, dentre outros menos importantes. Além das características da matéria-prima, as condições de umidade e temperatura, durante o processo de fermentação, são fatores que interferem na qualidade final do “bokashi” (FONSECA, 2005).

Não existe uma formulação padronizada para o “bokashi”, pois são utilizadas receitas empíricas e muito variadas, mais ou menos complexas e adaptadas a diferentes finalidades. Sua composição deve ser ajustada com base nos insumos localmente disponíveis ou de fácil aquisição a preços compatíveis no comércio. Deve-se considerar, ainda, os requisitos nutricionais de cada cultura a implantar na unidade produtiva (SOUZA & ALCÂNTARA, 2008).

Resíduos lignocelulósicos da indústria do açúcar e do álcool detêm potencial para participar da formulação de compostos orgânicos fermentados. Assim, conforme registraram Inckel et al. (2005), a utilização do bagaço de cana-de-açúcar na formulação do bokashi assegura condições favoráveis ao processo de fermentação. Trata-se de insumo constituído de, aproximadamente, 50% de celulose, 25% de hemicelulose e outros 25% de lignina

(PANDEY, 2000). Estima-se que para cada tonelada de cana-de-açúcar sejam gerados de 300 a 500 kg de bagaço (CRISPIM & VIEIRA, 2004), contendo cerca de 2/3 da energia derivada da planta (BIOTECH BRASIL, 2006).

O farelo de trigo, um subproduto de fabricação da farinha branca ou da integral, vem sendo frequentemente utilizado como substrato na preparação do “bokashi”. Os principais componentes: celulose, hemicelulose, lignina, amido, pectina e proteínas, o que caracteriza o farelo de trigo como um material altamente heterogêneo, funcionando tanto como fonte de carbono quanto de energia no suporte ao crescimento microbiano (PANDEY, 2003).

O capim elefante (*Pennisetum purpureum*) é uma espécie de gramínea perene, cespitosa, oriunda do continente africano e que foi introduzida no Brasil por volta de 1920. É rústico, possui rizomas curtos e grossos, alcançando até 3 m de altura, com farta produção de biomassa verde e acentuado valor nutritivo, razões pelas quais tem sido bastante utilizado na pecuária (PUPO, 1995). Sua aplicação em processos fermentativos, como na silagem, é bastante estudada. Dessa forma, estima-se que sua utilização na produção de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” seja promissora. Representa uma fonte de carbono de fácil obtenção no meio rural e que contém aminoácidos, vitaminas, e outras substâncias, capazes de promover o metabolismo dos microrganismos envolvidos.

A par das fontes de carbono, necessárias ao desenvolvimento microbiano, torna-se indispensável incluir na formulação do “bokashi” insumos aptos a fornecer nitrogênio. Rodrigues et al. (1995), citados por Leal (2006), assinalaram que a disponibilidade de N, durante a compostagem, é fundamental para uma adequada biossíntese de proteínas e para a conversão biometabólica. Matéria prima nitrogenada, além de ativar e acelerar a compostagem, promove o enriquecimento desse macronutriente no produto final.

A cultura da mamoneira vem se expandindo consideravelmente nos últimos anos, acarretando vasta quantidade de resíduos provenientes do respectivo beneficiamento. No processo industrial de obtenção do óleo de mamona, tem-se como subproduto o bagaço dos grãos, denominado de “torta”. Com frequência, a torta de mamona vem sendo utilizada como adubo orgânico, por conta do alto teor em nitrogênio e outros macroelementos, cuja liberação não é tão rápida quanto a de fertilizantes sintéticos, nem tão lenta quanto a do esterco bovino (SEVERINO et al., 2005).

Já o chamado “fertilizante de leguminosa” (ALMEIDA et al., 2008) é derivado do corte, desidratação e moagem da biomassa aérea (folhas e ramos finos) de leguminosas, sendo a gliricídia (*Gliricidia sepium*) muito utilizada para este fim. A gliricídia é uma espécie arbórea de porte médio, nativa do México, América Central e norte da América do Sul, com crescimento rápido e enraizamento profundo, o que lhe confere notável tolerância à seca (CARVALHO FILHO et al., 1997). Pertence à família *Fabaceae* e, apresenta elevado potencial de fixação biológica do N<sub>2</sub> atmosférico e acúmulo deste elemento nos tecidos verdes (ALMEIDA et al., 2008). É de destacado interesse comercial e econômico para regiões tropicais por suas características de múltiplo uso (forragem, reflorestamento, adubação verde e cerca viva, entre outros), caracterizando-se, ainda, pela alta capacidade de regeneração da copa após podas severas e pela facilidade de propagação por sementes ou pelo simples enraizamento de estacas originadas da poda (KIILL & DRUMOND, 2001).

#### **4. Inoculantes microbianos para elaboração do “bokashi”**

Os microrganismos que atuam no processo fermentativo para elaboração do “bokashi”, que podem ser provenientes dos próprios componentes farelados, como também do inoculante utilizado, não são restritos a um grupo especial, reunindo número considerável de

espécies de ocorrência comum e capazes de se multiplicar em substratos orgânicos usados para compostagem.

De acordo com Rodriguez (1994), o uso de inoculante microbiano para elaboração do “bokashi” torna mais eficiente e padronizado o processo de fermentação, permitindo obter um produto uniforme, com adequada formação de ácidos orgânicos, vitaminas, enzimas e polissacarídeos, favoráveis ao desenvolvimento vegetal. Em adendo, segundo este último autor citado, a inoculação do “bokashi” contribui, ainda, para reduzir as perdas de nutrientes, assim como para inibir a formação de substâncias que possam paralisar ou comprometer o bioprocessos, incluindo bactérias produtoras de ácido butírico que provocam putrefação.

De acordo com Nieves (2005), quando os “microrganismos eficazes” se multiplicam, eles aumentam a atividade de outros microrganismos benéficos de ocorrência natural e também contribuem para a supressão de microrganismos potencialmente patogênicos.

#### 4.1 Microrganismos eficazes

O EM (*effective microorganisms*), produto à base de microrganismos eficazes, foi desenvolvido na década de 1980 pelo pesquisador Teruo Higa, da Faculdade de Agronomia da Universidade de Ryukyus, Japão, com a finalidade de melhorar a qualidade da matéria orgânica destinada à produção agrícola. Essa prática foi introduzida no Brasil pela Fundação Mokiti Okada, através de adeptos da chamada agricultura natural (ANDRADE et al., 2011).

EM é a abreviatura internacionalmente reconhecida dos microrganismos eficazes e define um preparado líquido concentrado, com pH ao redor de 3,5, cuja total composição microbiológica não é divulgada. Higa (1994) registrou mais de 10 gêneros e 80 espécies de microrganismos no EM, obtidos sem qualquer intervenção química ou manipulação genética. De acordo com Homma (2003), Nieves (2005) e Andrade et al. (2011), os microrganismos que compõem o produto pertencem a quatro grupos principais: leveduras (*Sacharomyces*), actinomicetos (*Streptomyces*), bactérias produtoras de ácido láctico (*Lactobacillus*, *Streptococcus* e *Pediococcus*) e bactérias fotossintetizantes (*Rhodospseudomonas*).

Segundo Corales & Higa (2002), quando o produto é aplicado no agroecossistema, ocorre o aumento tanto da diversidade quanto da atividade geral microbiana, o que resulta na construção de um solo “saudável”, diminuindo populações de espécies patogênicas e facilitando a decomposição da matéria orgânica e a síntese de nutrientes essenciais para o crescimento vegetal. De acordo com Homma (2003), os microrganismos eficazes promovem o equilíbrio biológico do sistema solo -planta, influenciando positivamente no desempenho agrônomo das culturas e na qualidade das colheitas. Pegorer et al. (1995), ressaltaram que os microrganismos eficazes são facultativos, o que permite estender seus benefícios a ambientes aeróbicos e anaeróbicos.

Os microrganismos eficazes podem ser naturalmente encontrados nas plantas e em solos férteis, estando assim envolvidos na produção agrícola. Em sua grande maioria já são utilizados na industrialização de alimentos, sendo, portanto inofensivos ao homem e aos animais (VICENTINI et al., 2009).

Segundo a Korin Meio Ambiente, que comercializa o produto com o nome de Embiotic<sup>®</sup>, o produto é recomendado como acelerador de compostagem e como biorremediador no tratamento de resíduos sólidos, efluentes orgânicos, esgotos domésticos e fossas sépticas.

## 4.2 Kefir

A denominação Kefir refere-se a uma bebida, resultante da fermentação do leite ou de açúcar diluído em água, que ocorre devido à uma suspensão de microrganismos que se associam simbioticamente nos chamados grãos ou grumos de Kefir (MOREIRA, 2008; WESCHENFELDER, 2009). Há registros de sua atuação como um probiótico, originando-se das montanhas Caucásicas da Rússia e sendo obtido a partir da atividade complementar da microbiota natural presente nos grãos ou grumos de Kefir (WITTHUHN et al., 2004; MARCHIORI, 2007).

Os grãos do Kefir são massas mucilaginosas, transparentes, individualizadas e de formato irregular. Nessas estruturas, existe uma associação simbiótica de leveduras, fungos filamentosos, bactérias ácido-láticas, bactérias ácido-acéticas, entre outros microrganismos que permanecem envolvidos por uma matriz de polissacarídeos (dextranas), sendo referidos como Kefiran (OTLES & CAGINDI, 2003; WESCHENFELDER, 2009). Embora originalmente o leite pasteurizado tenha sido o substrato usado na multiplicação do Kefir, outros substratos já foram testados e aprovados, tais como solução aquosa de açúcar, suco de frutas, extrato de soja, soro de leite etc (MIGUEL, 2009).

O MAPA, através da Resolução nº 5 de novembro de 2000, define o Kefir como: “leite fermentado, adicionado ou não de outras substâncias alimentícias, cuja fermentação se realiza mediante o cultivo de microrganismos que compõem os grãos, *Lactobacillus kefir*, além de espécies dos gêneros *Leuconostoc*, *Lactococcus* e *Acetobacter*, com produção de ácido lático, etanol, dióxido de carbono e ácido acético (BRASIL, 2000).

A produção da bebida ocorre diretamente pela adição dos grãos ao substrato de preferência. É considerado um alimento artesanal nutritivo e com funções terapêuticas. Segundo Hertzler et al. (2003), o Kefir é um alimento rico em ácidos lático, acético e glicônico, álcool etílico, gás carbônico, vitamina B12 e polissacarídeos, que conferem ao produto características sensoriais singulares. De acordo com Pogacic (2013), em decorrência da associação de várias espécies microbianas no Kefir, durante o processo de fermentação são formados outros compostos orgânicos, como peptídeos bioativos, exopolissacarídeos e bacteriocinas. Também pode conter vários compostos aromáticos como acetaldeído, diacetil e acetoína (WSZOLEK et al., 2006).

Chen et al. (2009), assinalaram que pouco se sabe sobre o mecanismo de formação dos grãos de Kefir e que, provavelmente, uma combinação de diferentes fatores influencia o aumento da biomassa e composição microbiana dos grãos. De acordo com Shoevers & Britz (2003), a produção do Kefir é baseada no cultivo contínuo em substrato adequado, exclusivamente a partir de grãos pre-existentes. Requer a renovação do substrato em intervalos regulares, temperatura adequada de cultivo, lavagem dos grãos e a presença de nutrientes essenciais em concentrações controladas no substrato.

O Kefir pode ser produzido através de processo fermentativo onde a sacarose é utilizada como substrato, nesse caso, a massa mucilaginosa dos grãos contém polissacarídeos (dextranas) com cadeias compostas de glicose (GULITZ, 2011). Durante a fermentação, os grãos aumentam em peso e volume, sendo assim obtida uma nova biomassa que, após ser coada do substrato, é reutilizada (GARROTE, et al., 2001). O sobrenadante obtido é turvo, ácido, levemente alcoólico e carbonatado (LOPITZ-OTSOA et al., 2006). O sabor e o aroma do Kefir são resultantes da atividade metabólica das bactérias e leveduras que se encontram em simbiose nos grãos.

Para a produção e multiplicação do Kefir, Conceição (2012) procedeu à incubação dos grãos por três dias em solução aquosa a 10% de açúcar mascavo. Nessas condições ocorreu considerável diversidade microbiana e adequada multiplicação do inóculo em termos de número e biomassa dos grãos formados

Em estudos visando à caracterização microbiana de suspensões e grãos de Kefir, vários pesquisadores concordam que sua composição microbiológica total é extremamente complexa e que varia conforme a região de origem, o tempo de incubação, o substrato utilizado para proliferação dos grãos e as técnicas adotadas na sua manipulação (WSZOLEK et al., 2001; GARROTE et al., 2001; OTLES & CAGINDI, 2003; WITTHUHN et al., 2004; MAGALHÃES et al., 2010; GULITZ, 2011).

Conceição (2012), por meio de microscopia ótica e posterior sequenciamento genético, detectou 17 componentes bacterianos, representando os gêneros: *Acetobacter*, *Burkholderia*, *Methylobacterium*, *Mucilaginibacter*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* e *Stenotrophomonas*. Outros três componentes foram caracterizados como actinomicetos (gênero *Microbacterium*) e cinco como leveduras (gênero *Saccharomyces*).

Na agricultura, o Kefir tem sido proposto como acelerador da decomposição da matéria orgânica e do processo de compostagem, na obtenção de fermentados tipo “bokashi” e como um potencial probiótico na criação animal orgânica (CONCEIÇÃO, 2012) . De acordo com Mesquini (2011), o Kefir pode atuar no controle de doenças de plantas, e ainda como biofertilizante, em função de sua alta atividade metabólica, sendo capaz de atuar nutricionalmente no crescimento vegetal, bem como na ciclagem de nutrientes do solo (MACHADO, 2010).

## **CAPÍTULO I**

### **CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS FERMENTADOS TIPO “BOKASHI” OBTIDOS COM DIFERENTES RESÍDUOS DE ORIGEM VEGETAL E INOCULANTES MICROBIANOS**

## 1 INTRODUÇÃO

Nos sistemas agroecológicos de produção é fundamental o emprego de adubos orgânicos como fontes de nitrogênio, pois não é admitida a utilização de fertilizantes nitrogenados sintéticos. Castro et al. (2005) assinalaram que uma das principais dificuldades enfrentadas pela agricultura orgânica reside no aporte de nutrientes aos sistemas produtivos, principalmente o nitrogênio. Nesse contexto, o adubo orgânico, além de apresentar adequado teor em nutrientes, deve ser capaz de disponibilizá-los em velocidade compatível com a demanda das culturas.

Dentre as alternativas para suprir a crescente demanda pelos adubos orgânicos, estão as formulações tipo “bokashi”, que são definidas como misturas de materiais orgânicos, submetidas a processos fermentativos controlados (SOUZA & ALCÂNTARA, 2008). De acordo com Penteado (2010), o “bokashi” consiste em um adubo orgânico concentrado contendo teores elevados de nutrientes, sendo recomendado para cultivos exigentes, podendo ser aplicado tanto no plantio quanto em cobertura. Mota et al. (2010), identificaram “bokashi” como um multiplicador de microrganismos e que tem, assim, a finalidade de enriquecimento da biota edáfica. O estímulo à atividade biológica, contribui, ainda, para a melhoria de atributos físicos e químicos do solo.

Compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” são geralmente confeccionados a partir de resíduos farelados como fontes de carbono e nitrogênio. O processo é mediado por um “pool” de microrganismos, como inoculante, atuando na fermentação desses resíduos.

Vem sendo utilizada em comunidades de agricultores orgânicos fluminenses uma formulação simplificada de “bokashi”, obtida através da fermentação de 60% de farelo de trigo e 40% de torta de mamona (v/v), a partir da inoculação com o produto comercial Embiotic®. Entretanto, essas matérias primas utilizadas, bem como o próprio inoculante comercial, somam custo demasiadamente elevado, o que restringe sua adoção em maior escala e justifica a busca por materiais alternativos.

Resíduos do corte de determinadas espécies vegetais, cultivadas nas próprias unidades de produção agropecuária, podem servir como fontes de carbono e de nitrogênio requeridos ao bioprocessamento fermentativo. Nesse contexto, formulações alternativas de compostos fermentados tipo “bokashi”, obtidas, por exemplo, a partir de bagaço de cana-de-açúcar ou capim elefante como principais fontes de C e do farelo de gliricídia (*Gliricidia sepium*) como fonte de N, reúnem condições propícias para emprego na produção agrícola.

Os objetivos do estudo foram os de avaliar comparativamente seis compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, com base na combinação entre pares de resíduos, representando fontes de carbono e de nitrogênio e dois inoculantes microbianos atuando no processo fermentativo, bem como sua capacidade de promoção do desenvolvimento da atividade biológica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Preparação e composição química dos resíduos orgânicos

Como fontes de carbono foram empregados o farelo de trigo (FT), o bagaço de cana-de-açúcar (BC) e o capim elefante (CE). Como fontes de nitrogênio usou-se a torta de mamona (TM) e o farelo obtido de folhas e ramos finos de gliricídia (GL).

Galhos de gliricídia, cultivada no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - "Fazendinha Agroecológica Km 47"), foram podados e mantidos em galpão coberto. Após secagem, os galhos lenhosos foram removidos e o material remanescente (fólios, pecíolos e ramos finos) foi triturado. A torta de mamona e o farelo de trigo, adquiridos do comércio, foram submetidos a uma secagem prévia em estufa com circulação forçada de ar, regulada a 65°C, para posterior moagem. Os feixes de capim elefante, também cultivado na "Fazendinha Agroecológica" e o bagaço de cana, oriundo de estabelecimento de produção de cachaça, foram também triturados e colocados para secagem em galpão coberto.

Amostras de 10 kg de cada resíduo foram homogeneizadas, secas em estufa com ventilação forçada e regulada a 65°C, processadas em moinho Wiley equipado com peneira de malha de 1,0 mm e acondicionadas em sacos plásticos de dupla camada selados até o uso.

As análises de macronutrientes dos resíduos vegetais foram realizadas no Laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia, conforme procedimentos descritos por Silva (1999). A condutividade elétrica e o pH foram determinados com base no método descrito por Tedesco (1995), utilizando-se 20 g de amostra em 200 mL de água destilada. As suspensões foram colocadas em agitador orbital por 1h até homogeneização, com posterior repouso por igual período. Em seguida, as suspensões foram passadas em filtro de papel, procedendo com o uso de um pHmetro de bancada e um condutímetro Analyser Modelo 650 para as aferições.

A matéria orgânica foi determinada pesando-se em balança analítica 1,0 g de cada amostra de composto previamente seca em estufa e, em seguida colocada em cadinhos de porcelana de 40 ml devidamente tarados e mantidos em forno mufla de microondas até atingir a temperatura de 550°C. O teor de C foi calculado dividindo-se o valor referente à matéria orgânica pelo fator 1,72.

Na Tabela 1 constam os valores de pH e de condutividade elétrica e os teores de C, N, P, K, Ca e Mg, além da relação C:N, dos resíduos vegetais avaliados.

**Tabela 1:** Valores de pH em água e de condutividade elétrica, teores de macronutrientes e relação C/N dos resíduos vegetais utilizados para a formulação dos compostos orgânicos fermentados tipo "bokashi".

	pH	CE dSm <sup>-1</sup>	C	N	C:N	P	K	Ca	Mg
			-----g kg <sup>-1</sup> -----						
TM*	5,67	2,01	487,33	57,71	8,44	2,26	8,50	6,63	6,10
GL	6,06	3,07	507,64	39,50	12,85	2,20	17,50	16,93	4,78
BC	6,28	0,53	532,56	3,63	146,71	0,49	2,13	2,37	0,46
CE	6,32	1,53	544,75	9,84	55,36	1,19	10,63	4,33	3,85
FT	6,26	1,42	556,23	25,45	21,85	2,20	8,88	0,84	2,88

\*TM=torta de mamona; FT=farelo de trigo ( produtos comerciais); GL=gliricídia; CE=capim elefante; BC=bagaço de cana (biomassas desidratadas e moídas)

## **2.2 Preparo dos inoculantes microbianos**

Para o processo fermentativo dos compostos, os inoculantes microbianos utilizados no estudo foram o Embiotic<sup>®</sup>, produto já disponível no mercado em forma líquida concentrada, e o Kefir, na comparação com o tratamento controle sem qualquer inoculação .

Os grãos de Kefir da cultura iniciadora foram doados por usuários previamente contactados. Para multiplicação dos grãos de Kefir, optou-se pelo açúcar mascavo orgânico na concentração de 10% (m/v) em água destilada. Para cada 350 mL desse meio de cultura foram transferidos 35 g de grãos de Kefir. As culturas foram mantidas na temperatura ambiente, em frascos de vidro transparente. A cada três dias, o sobrenadante fermentado era coletado e os grãos de Kefir reinoculados em novos frascos contendo o mesmo substrato. De acordo com Conceição (2012), essas condições propiciam a adequada diversidade microbiana e a estabilidade do produto (sobrenadante).

Conforme recomendação do fabricante, o Embiotic<sup>®</sup> precisa passar por um processo de ativação antes de sua utilização. Esta ativação, também adotada para o Kefir, consistiu da transferência dos inóculos concentrados para solução aquosa de açúcar mascavo, obedecendo as proporções de 80% de água destilada, 10% de açúcar mascavo e 10% do inóculo. Em seguida, essas suspensões foram mantidas em garrafas plásticas arrolhadas por um período de sete dias até sua utilização para inoculação nos compostos orgânicos. Igual solução de açúcar mascavo, porém sem adição de inóculos, foi também conservada nos recipientes plásticos, constituindo o tratamento- controle.

## **2.3 Preparo dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”**

Os pares de resíduos orgânicos, após serem secos e moídos, foram misturados na proporção de 60% da fonte de C e 40% da fonte de N, com base na massa seca. Em seguida, os compostos foram inoculados com as suspensões ativadas de Embiotic<sup>®</sup>, ou Kefir, usando - se como tratamento controle o mesmo volume de solução aquosa de açúcar mascavo isenta de inoculantes. Em qualquer dos casos, foram adicionados 300 ml de solução para cada 1000 g de composto.

Após homogeneizados, os compostos orgânicos foram compactados em frascos de vidro de 600 mL, que foram hermeticamente fechados e incubados durante 21 dias na ausência de luz e na temperatura de 25°C. Esse período de incubação coincidiu com aquele recomendado para produção do “bokashi” (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013).



**Figura 1.** Compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos com diferentes resíduos de origem vegetal e inoculantes microbianos abertos após incubação por 21 dias a temperatura ambiente, sob condições anaeróbicas;

#### **2.4 Caracterização química e condutividade elétrica de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos de diferentes resíduos de origem vegetal e inoculantes microbianos**

Ao final do período de incubação, os diferentes compostos orgânicos fermentados foram caracterizados por meio de análises dos teores de macronutrientes, relação C:N, condutividade elétrica e pH, conforme descrito anteriormente.

Os resultados obtidos foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em esquema fatorial 6x3, para fins de tratamento estatístico dos dados.

#### **2.5 Disponibilização do nitrogênio pelos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”**

O bioensaio foi conduzido em casa de vegetação localizada na Embrapa Agrobiologia. A disponibilização do nitrogênio contido nos compostos orgânicos fermentados foi estimada usando substrato de areia lavada em vasos mantidos na casa de vegetação, usando o milheto (*Pennisetum glaucum*) como planta - teste. Neste bioensaio, foi avaliada a capacidade de recuperação biológica do N segundo metodologia adaptada por Leal et. al (2010).

O bioensaio obedeceu a delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições, disposto em arranjo fatorial 6 x 3. Foram avaliados no fatorial seis compostos fermentados tipo “bokashi”, com base na combinação entre pares de resíduos representando fontes de carbono e de nitrogênio, e três formas de inoculação na promoção do processo fermentativo, utilizando-se os inoculantes Embiotic® e Kefir e o tratamento controle sem qualquer inoculação.

A parcela experimental foi constituída por vasos com capacidade de 650 mL, contendo coletores para água lixiviada para evitar perdas de nutrientes. As quantidades utilizadas de

cada composto orgânico foram padronizadas pelo teor de N total, adotando-se a dose de 0,15 g de N por vaso.

Os compostos orgânicos foram adicionados à areia lavada, mistura com a qual os vasos foram abastecidos. Foram distribuídas 30 sementes de milho em cada vaso, não sendo efetuado qualquer desbaste de plantas.

Aos 1, 7, 14 e 21 dias da semeadura, foram adicionados 50 mL da solução nutritiva de Norris modificada por Gruzman & Döbereiner (1968), isenta de N. As avaliações foram realizadas aos 28 dias pós-semeadura, que correspondeu ao estágio de máximo desenvolvimento vegetativo do milho, antes do início da senescência das folhas mais velhas. Foram avaliados: produção de biomassa seca do milho (parte aérea + raízes), seu teor de N total e a proporção desse macronutriente recuperado pelas plantas.

Para quantificação da biomassa seca de parte aérea e raízes, as raízes foram cuidadosamente retiradas da areia e lavadas em água corrente. Raízes e parte aérea das plantas de cada vaso foram colocadas em sacos de papel e transferidas para estufa com circulação forçada de ar e regulada a 65°C, ali permanecendo até peso constante.

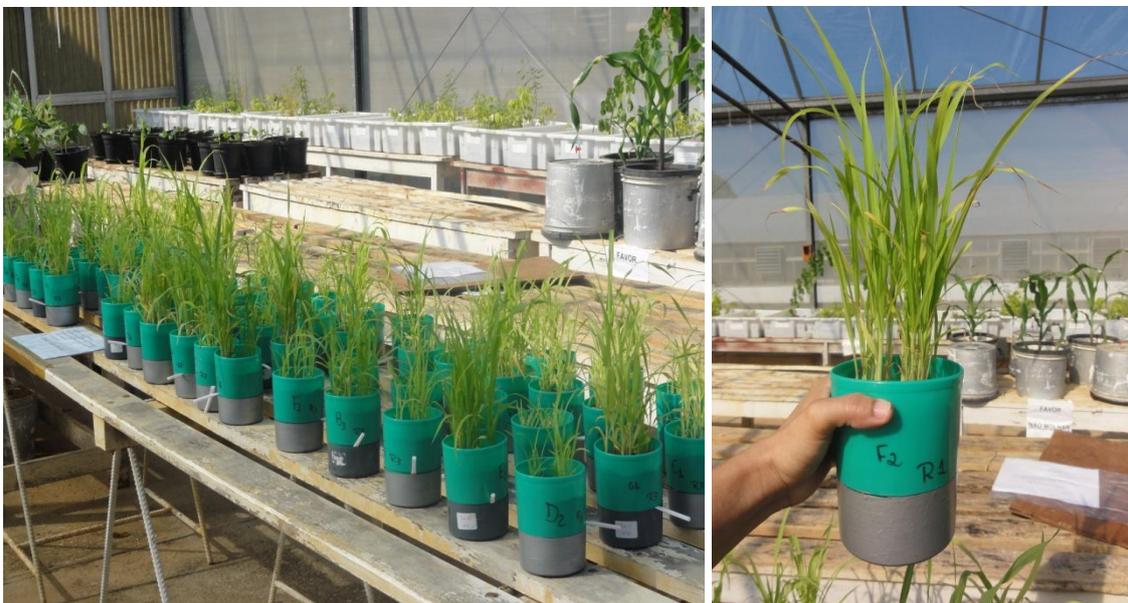
A análise do teor de N total foi realizada de acordo com Silva (1999) e a proporção recuperada pelo milho calculada conforme Leal et al. (2010), com base na seguinte equação:

**Proporção do N recuperado (%) =  $(N_{trat} - N_{test}) / N_{ad} \times 100$** , onde:

$N_{trat}$  = N recuperado pelas plantas de milho em cada tratamento;

$N_{test}$  = N contido nas plantas de milho do tratamento - controle (sem incorporação de compostos);

$N_{ad}$  = N adicionado na forma de composto orgânico fermentado.



**Figura 2:** Disposição dos vasos no biensaio para avaliação da disponibilização do N dos compostos orgânicos fermentados.

## **2.6 Promoção da atividade biológica de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” através de bioensaio com milho na casa de vegetação**

Seguindo os moldes do bioensaio anterior, os compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, esterilizados ou não esterilizados, foram avaliados por meio de indicadores da promoção da atividade biológica, após incorporação em vasos de 650 ml de capacidade, abastecidos com areia lavada e semeados com o milho ‘Pérola’ (*Pennisetum glaucum*).

Para esterilização dos compostos orgânicos fermentados, amostras de 100 g de cada um foram irradiadas no Centro Tecnológico do Exército do Rio de Janeiro (CTEx). Para tanto, foram submetidas a uma fonte de radiação gama na dose média de 57,5 kGy (máxima de 65 e mínima de 50 kGy) pelo período de 47 h e 20 min, empregando um irradiador com fonte de Césio-137.

O bioensaio foi também conduzido em casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia, adotando-se o delineamento de blocos casualizados com três repetições, disposto em esquema fatorial 6 x 3 x 2 (composto orgânico fermentado x inoculação x irradiação), totalizando 108 vasos (parcelas experimentais). Neste bioensaio, padronizou-se a massa seca em 3,0 g por vaso, valor equivalendo a 10 Mg ha<sup>-1</sup>.

Após a mistura dos compostos orgânicos fermentados com areia e o preenchimento dos vasos, estes foram mantidos na ausência de luz e à temperatura de 25°C por sete dias. Após este período, foram retiradas amostras para determinação do carbono da biomassa microbiana, respiração basal do substrato e quociente metabólico. Em seguida, os vasos foram semeados com o milho e transferidos para a casa de vegetação, sendo adicionados de 50 mL de solução nutritiva de Norris modificada contendo micronutrientes e macronutrientes, inclusive o N (GRUZMAN & DÖBEREINER, 1968), aos 1, 7, 14 e 21 dias após semeadura.

Com 30 dias, fase de máximo desenvolvimento vegetativo do milho, antes do início da senescência das folhas mais velhas, as plantas (parte aérea + raízes) foram retiradas dos vasos, lavadas em água corrente, colocadas em sacos de papel e transferidos para estufa a 65°C com ventilação forçada, onde permaneceram até peso constante, para determinação da massa seca.

### **2.6.1 Determinação da biomassa microbiana**

A biomassa microbiana, analisada aos sete dias após incorporação dos compostos orgânicos fermentados, antes do cultivo do milho, foi estimada pelo método de fumigação-extração (BROOKES et al., 1985; VANCE et al., 1987; TATE et al., 1988), utilizando-se relação solo:extrator 1:2,5 e 1 ml de clorofórmio isento de etanol. O conteúdo de carbono dos extratos fumigados e não-fumigados de cada amostra foram quantificados pelo método de Walkley & Black (1934), com adoção do fator de correção 0,33 (SPARLING & WEST, 1988), conforme procedimentos a seguir descritos.

As análises foram realizadas em triplicata. Para tal, sete sub-amostras de 20 g de cada mistura de composto + areia (três fumigadas, três não-fumigadas, sendo uma adicional para obtenção da massa seca em estufa a 105 °C. Essas sub-amostras foram devidamente pesadas e acondicionadas em frascos de vidro de boca larga, com capacidade para 100 mL.

As amostras foram fumigadas a partir da aplicação de 1 mL de clorofórmio, livre de etanol, diretamente sobre o conteúdo de cada frasco, os quais foram imediatamente selados e mantidos por 24 h em ambiente com ausência de luz. Decorrido este período, os frascos foram destampados em capela de exaustão, onde permaneceram até que todo o clorofórmio fosse eliminado (BROOKES et al., 1985; WITT et al., 2000).

Os extratos foram então obtidos pela adição de 50 mL de  $K_2SO_4$ ,  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , com pH corrigido entre 6,5 e 6,8, seguindo-se transferência para agitador orbital (220 RPM por 30 min), decantação por 30 min e transferência do líquido para filtro de papel faixa preta acoplado a um funil e a um receptor do extrato, o qual foi selado e mantido no refrigerador por até cinco dias.

Uma alíquota de 8 mL de cada extrato foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL, ao qual foram adicionados 2 mL de solução  $0,066 \text{ mol L}^{-1}$  de dicromato de potássio; 5 mL de ácido orto-fosfórico concentrado; e 10 mL de ácido sulfúrico também concentrado. Após resfriamento, foram adicionados mais 70 mL de água deionizada, 4 gotas de difenilamina (1% m/v) em ácido sulfúrico, procedendo-se à titulação com solução  $0,033 \text{ mol L}^{-1}$  de sulfato ferroso amoniacal, com viragem do púrpura para o verde. O carbono extraído das amostras fumigadas (Cf) ou não-fumigadas (Cnf), e o carbono da biomassa microbiana foram estimados pelas equações abaixo, sendo asseguradas, em adendo, quatro repetições em branco.

$$Cf \text{ ou } Cnf (\text{mg C kg solo}^{-1}) = \frac{(Vb-Va) \cdot N \cdot 0,003 \cdot V1 \cdot 10^6}{MS \cdot V2}, \text{ onde:}$$

Vb (mL) = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco;

Va (mL) = volume gasto na titulação da amostra;

N = normalidade exata do sulfato ferroso amoniacal;

V1 (mL) = volume do extrator utilizado;

V2 (mL) = volume de extrato utilizado na titulação;

0,003 = meq do carbono;

MS (g) = massa equivalente de substrato seco a  $105^\circ\text{C}$ .

$$CBM = (Cf - Cnf)/0,33, \text{ onde:}$$

0,33 é o valor do fator de correção proposto por Sparling & West (1988).

## 2.6.2 Determinação da respiração basal do substrato

A taxa de respiração microbiana foi estimada seguindo-se metodologia descrita por Jenkinson & Powlson (1976). De cada tratamento (composto orgânico + areia) foram coletadas amostras, separadas em duas sub-amostras iguais de 50 g (base úmida), as quais foram incubadas por cinco dias em frascos de vidro com capacidade de 3 L, juntamente com frascos contendo 10 mL de hidróxido de sódio  $1 \text{ mol L}^{-1}$ , para captura do C-CO<sub>2</sub> respirado. Foram também incubadas quatro provas em branco, que continham apenas o frasco com a solução de hidróxido de sódio.

Decorrido o período de incubação, 2 mL de cloreto de bário (10%) foram adicionados aos frascos com hidróxido de sódio, para precipitação do CO<sub>2</sub> na forma de carbonato, sendo imediatamente selados. O excesso de cloreto de bário foi titulado com solução de ácido clorídrico  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  padronizada, usando-se como indicador duas gotas de fenolftaleína (1% m/v em etanol), com viragem do rosa para o branco. A respiração basal (RBS) foi calculada pela equação:

$RBS \text{ (mg C-CO}_2 \text{ kg solo}^{-1} \text{ h}^{-1}) = ((Vb-Va) \cdot N \cdot 6.1000)/MS/T$ , onde:

Vb (mL) = volume de HCl gasto na titulação da prova em branco; Va (mL) = volume gasto na titulação da amostra; N = normalidade exata do HCl; MS (g) = massa seca da amostra a 105°C; T (h) = tempo de incubação em horas.

### 2.6.3 Determinação do quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>)

O quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) é uma relação entre o CO<sub>2</sub> liberado e o carbono da biomassa microbiana e é usado como indicador da eficiência da comunidade microbiana em incorporar carbono à própria biomassa (ANDERSON & DOMSH, 1990). Assim, quanto maior o índice, menos eficiente seria a comunidade microbiana ativa, significando que mais CO<sub>2</sub> é perdido para a atmosfera para incorporar cada unidade de carbono à biomassa.

A determinação do quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) seguiu o procedimento descrito por Anderson & Domsch (1990), com base na razão entre o C respirado por unidade de C microbiano, em determinado intervalo de tempo, conforme a equação:

$$qCO_2 \text{ (mg C-CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g CBM}^{-1}) = RBS \cdot 1000/CBM$$

### 2.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade das variâncias dos erros. Atendidas as pressuposições, foram realizadas as análises de variância, com significância aferida através do teste F ( $p \leq 0,05$ ). Para comparação das médias, foi empregado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Foram realizados os desdobramentos dos fatores quando as interações foram significativas e comparações dos níveis de cada fator em caso contrário. Essas análises foram realizadas utilizando-se os Programas SISVAR<sup>®</sup>, versão 4.6 (FERREIRA, 2003), e SAEG<sup>®</sup>, versão 9.1 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2007).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização química e condutividade elétrica de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos com diferentes resíduos de origem vegetal e inoculantes microbianos

Não houve interação significativa entre os fatores: fontes de C+N x inoculação, em relação aos teores de macronutrientes (C, N, Ca, Mg, K e P) e à relação C:N dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” após 21 dias de incubação (Tabela 2). Também não ocorreram efeitos significativos entre os inoculantes em comparação com o tratamento controle quanto à estas características. Em contrapartida, as diferenças entre os diversos compostos orgânicos fermentados foram altamente significativas. As respostas indicaram, ainda, que não ocorreram eventuais perdas de nutrientes ao longo do processo de fermentação. Dessa forma, as variações verificadas certamente resultaram da composição química de cada um dos resíduos orgânicos utilizados como fontes de C e N.

Destaque-se que, ao final dos 21 dias de fermentação, todos os compostos orgânicos formulados liberaram odor semelhante ao de silagens e mantiveram sua original e respectiva consistência farelada.

**Tabela 2.** Teores de C, N, relação C/N e teores de P, K, Ca e Mg de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.

Composto orgânico <sup>1</sup>	C	N	C:N	P	K	Ca	Mg
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			-----g kg <sup>-1</sup> -----			
FT/TM	519,32*d	42,22 a	12,30 f	8,73 a	11,87 b	9,66 a	6,65 a
BC/TM	505,21 f	24,41 d	20,32 c	3,03 d	9,37 c	9,85 a	4,44 c
CE/TM	512,32 e	27,80 c	18,41 d	3,61 c	10,91 b	8,79 b	5,03 b
FT/GL	544,60 a	32,23 b	16,90 e	7,01 b	17,46 a	5,69 d	4,30 d
BC/GL	524,40 c	18,92 f	27,71 a	1,30 f	11,93 b	8,26 c	2,52 f
CE/GL	536,61 b	20,90 e	25,62 b	1,81 e	17,33 a	7,99 c	3,49 e
CV (%)	0,34	2,30	4,41	5,09	8,80	5,21	3,19

\*Os valores reúnem médias das três formas de inoculação (Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir e ao controle- solução aquosa de açúcar mascavo sem inoculante). Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p \leq 0,01$ ).<sup>1</sup> Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, BC=bagaço de cana, GL=glicíndia (*Gliricidia sepium*), biomassas desidratadas e moídas.

Com relação ao teor de N, verifica-se que o composto orgânico FT/TM, apresentou valor mais alto (42,22 g kg<sup>-1</sup>), superando tanto o esterco bovino quanto a “cama de aviário”, cujos teores de N alcançam valores próximos de 17,00 e 28,00 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (KIEHL, 1985), e que são fertilizantes comumente utilizados na horticultura orgânica. Segundo os dados obtidos, é de se esperar que a taxa líquida de decomposição e mineralização do N do composto FT/TM, quando incorporado ao solo, seja superior às das demais formulações avaliadas. Os compostos BC/GL e CE/GL apresentaram os menores valores de N, ambos próximos a 20,00 g kg<sup>-1</sup> e, por outro lado, as relações C:N mais elevadas, o que, muito possivelmente, desfavorece a disponibilização do macronutriente para plantas de ciclo mais curto.

De modo geral, os teores de nutrientes dos compostos orgânicos mostraram-se comparáveis àqueles observados na maioria dos fertilizantes orgânicos rotineiramente empregados (TRANI et al., 2013).

A análise dos dados revelou influências significativas dos dois fatores, bem como para sua interação (composto orgânico x inoculação) sobre os valores de pH, conforme se observa na Tabela 3. Considerando que a produção dos compostos fermentados tipo “bokashi” foi realizada por meio de fermentação anaeróbica, pressupõe-se a presença de vários ácidos orgânicos, com provável predominância do ácido lático, à semelhança do processo de silagem (TOMICICH et al., 2003). De acordo com Moisis & Heikonen (1994), apesar de todos os ácidos formados na fermentação contribuírem para redução do pH da silagem, o ácido lático desempenharia papel fundamental nesse processo, pelo fato de apresentar maior constante de dissociação do que os demais.

**Tabela 3:** Valores de pH em água de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.

Composto orgânico <sup>1</sup>	pH em água				
	Fonte C/N	Embiotic <sup>®</sup> 2	Kefir	Controle	Média
FT/TM		4,39 bA	4,48 cA	4,34 cA	4,40 c
BC/TM		5,93 aA	5,37 aB	5,82 aA	5,71 a
CE/TM		5,72 aA	5,47 aA	5,57 aA	5,58 a
FT/GL		5,70 aA	4,87 bB	4,45 cC	5,01 b
BC/GL		5,45 aA	4,99 bB	5,02 bB	5,15 b
CE/GL		5,00 bA	4,82 bA	4,82 bA	4,88 b
Média		5,36 A	5,00 B	5,00 B	
CV (%)					4,25

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, BC=bagaço de cana, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*), biomassas desidratadas e moídas; <sup>2</sup>Inoculantes: Embiotic<sup>®</sup> - produto comercial distribuído pela Korin Meio Ambiente; Kefir – cultivo caseiro em água açucarada; Controle - solução aquosa de açúcar sem inoculação.

Constatou-se que no composto FT/TM os valores de pH eram os menores, independentemente do inoculante utilizado, assim indicando que sua composição química favoreceria uma fermentação do tipo láctica. De acordo com Zanini et al. (2007), o farelo de trigo adicionado à silagem melhorou o perfil fermentativo, promovendo redução dos valores de pH simultaneamente ao aumento dos teores de ácido lático.

Segundo Moura (2012), em meio ácido, a atividade enzimática das bactérias foi anulada, ao passo que em meio alcalino a fermentação produziu dióxido de enxofre e hidrogênio. Neste último caso, a operação fugiria dos parâmetros considerados ótimos com respeito à influência da fração microbiológica durante a fermentação dos compostos orgânicos, gerando produtos inadequados para uso como fertilizantes.

Não foram detectadas diferenças significativas, por efeito das inoculações, sobre os valores de pH dos compostos orgânicos FT/TM, CE/TM e CE/GL. Quanto às demais formulações, ao contrário, houve variações relacionadas a esses tratamentos.

Interessante ressaltar que em várias das formulações avaliadas, a inoculação do Kefir resultou em valores mais baixos de pH. A comunidade microbiana do Kefir, produzido, em solução de açúcar, é constituída majoritariamente de bactérias produtoras de ácido lático (HSIEH et al., 2012). Sendo assim, este inoculante teria maior capacidade de estimular uma fermentação láctica do que o Embiotic<sup>®</sup>, cuja população microbiana é mais diversificada.

Com referência aos valores de condutividade elétrica, diferenças estatísticas ocorreram para cada fator isoladamente (composto orgânico e inoculação) assim como para a interação entre eles (Tabela 4). Esta característica está diretamente relacionada à quantidade de sais solúveis presentes nos compostos orgânicos fermentados. Os valores mais elevados de condutividade elétrica foram observados no tratamento CE/GL, independente do fator inoculação. Provavelmente, tal fato foi devido aos teores mais altos de K desse composto orgânico. Já os menores valores foram detectados nos compostos orgânicos BC/TM e BC/GL, igualmente sem influência das inoculações, novamente demonstrando estreita correlação com o teor de K, cujos menores valores foram encontrados no bagaço de cana. O K de resíduos de origem vegetal encontra-se, predominantemente, na forma mineral, não integrando, segundo Ernani et al. (2007), qualquer substância orgânica estável, de onde pode-se concluir que daí resulta sua influência marcante sobre os valores de condutividade elétrica.

**Tabela 4:** Condutividade elétrica de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.

Composto orgânico <sup>1</sup>	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )			Média
	Embiotic <sup>®2</sup>	Kefir	Controle	
FT/TM	2,87 bA	2,83 cA	2,89 bA	2,86 b
BC/TM	1,46 dA	1,63 eA	1,50 dA	1,53 d
CE/TM	2,73 bA	2,83 cA	2,80 bA	2,79 b
FT/GL	2,35 cB	3,08 bA	3,17 aA	2,86 b
BC/GL	2,27 cB	2,52 dA	2,53 cA	2,44 c
CE/GL	3,14 aA	3,27 aA	3,24 aA	3,22 a
Média	2,47 B	2,69 A	2,69 A	
CV (%)		3,42		

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, BC=bagaço de cana, GL=glicirídia (*Gliricidia sepium*), biomassas desidratadas e moídas. <sup>2</sup>Inoculantes: Embiotic<sup>®</sup>- produto comercial distribuído pela Korin Meio Ambiente; Kefir – cultivo caseiro em água açucarada; Controle - solução aquosa de açúcar sem inoculação.

Com relação ao inoculante microbiano, sua influência sobre a condutividade elétrica somente pode ser detectada com respeito aos compostos orgânicos BC/GL e FT/GL, para os quais a inoculação com o Embiotic<sup>®</sup> acarretou valores inferiores àqueles nos outros tratamentos (Kefir e controle). Contudo, não foi possível encontrar justificativa consistente para tal resultado.

### 3.2 Disponibilização do nitrogênio pelos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”

A análise estatística evidenciou diferenças altamente significativas, relacionadas à disponibilização do N, entre os compostos orgânicos fermentados, através do bioensaio com milheto realizado na casa de vegetação (Tabela 5).

**Tabela 5:** Massa seca da parte aérea do milho, teor de N na planta e proporção do N recuperado a partir da incorporação, em substrato de areia lavada, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” em bioensaio realizado em vasos.

<b>Composto orgânico<sup>1</sup></b>	<b>Massa seca</b> (mg vaso <sup>-1</sup> )	<b>N total</b> <b>Planta<sup>-1</sup></b> (mg g <sup>-1</sup> )	<b>Proporção de</b> <b>N recuperado</b> (%)
FT/TM	2881,11* a	11,27 a	21,65 a
BC/TM	851,12 e	8,43 e	4,76 e
CE/TM	1627,78 c	9,51 c	10,32 c
FT/GL	2343,33 b	10,37 b	16,17 b
BC/GL	704,89 e	8,91 e	4,17 e
CE/GL	1271,11 d	9,18 d	7,66 d
CV (%)	12,88	7,36	13,15

\*Os valores reúnem médias das três formas de inoculação (Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir e ao controle - solução aquosa de açúcar mascavo sem inoculante). Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ).<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, BC=bagaço de cana, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*) biomassas desidratadas e moídas.

Os valores mais elevados de N recuperado pelas plantas de milho corresponderam aos compostos orgânicos contendo FT, com destaque para a formulação FT/TM. Por outro lado, os menores valores foram apresentados pelos compostos formulados com o BC. Esses resultados podem ser atribuídos a diferenças quanto às relações C:N dos compostos, com base na estreita correlação de Pearson entre esse fator e a disponibilização de N (-0,9009  $p \leq 0,01$ ). As proporção do N recuperado dos compostos FT/TM e FT/GL indicaram que ambos sofreram rápida decomposição, com a consequente liberação do N para as plantas. Os compostos orgânicos contendo BC, por sua vez, caracterizaram-se por uma mineralização mais lenta, sendo assim capazes de limitar o crescimento das plantas por deficiência na nutrição nitrogenada.

Os dados obtidos foram compatíveis com aqueles registrados por Leal et. al. (2010), os quais, de modo geral, evidenciaram que fertilizantes orgânicos com maiores teores de N demonstraram potencial de acarretar recuperação mais efetiva desse nutriente pelo milho. Segundo estes últimos autores, o teor de N e a relação C:N dos fertilizantes orgânicos são essenciais como indicadores da taxa de mineralização de N. Neste mesmo sentido, Kiehl (1985), apontou aqueles dois fatores como os principais atributos químicos relacionados à velocidade de decomposição de resíduos vegetais e consequente disponibilização do N.

Não foram encontradas diferenças significativas com relação ao efeito das inoculações sobre a capacidade de recuperação do N, indicando que o processo de fermentação pode ser adequadamente concluído mesmo sem o emprego de qualquer acelerador microbiano.

O conjunto dos resultados ora relatados pressupõe que seja possível substituir os resíduos industrializados FT e TM por combinações entre resíduos vegetais representados pela biomassa aérea seca e moída, como as de GL, BC e CE, para obtenção de fermentados tipo “bokashi”. Entretanto, os teores mais baixos de N e sua disponibilização menos acelerada poderiam reduzir a eficiência dos compostos baseados nesses resíduos, em especial no caso de culturas de ciclo curto e exigentes quanto ao nitrogênio, o que caracteriza muitas das olerícolas cultivadas.

### 3.3 Promoção da atividade biológica de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” através de bioensaio com milho na casa de vegetação

A análise dos dados não detectou efeito da inoculação sobre os valores de carbono da biomassa microbiana (CBM) dos compostos orgânicos. O tratamento com irradiação apresentou valores muito inferiores aos valores observados no tratamento não irradiado (Tabela 6).

Com o composto FT/TM registraram-se os mais altos valores de CBM, tanto nos tratamentos não irradiados quanto naqueles submetidos à esterilização. Quando os compostos foram irradiados, houve diferenças significativas em CBM, constituindo-se dois grupos. O primeiro deles, com valores mais elevados, reuniu os compostos FT/TM, FT/GL e CE/TM, sendo o segundo formado pelos restantes (CE/GL, BC/TM, BC/GL). Com relação às médias entre tratamentos (irradiados e não irradiados), o composto FT/TM superou os demais.

**Tabela 6:** Valores de carbono da biomassa microbiana, em função da incorporação de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos, esterilizados ou não por irradiação.

Carbono da biomassa microbiana (mg C kg substrato <sup>-1</sup> )			
Composto orgânico <sup>1</sup>	Não irradiado	Irradiado	Média
FT/TM	209,45* aA	85,31 aB	147,38 a
BC/TM	91,32 eA	64,11 bB	77,71 e
CE/TM	183,33 bA	82,48 aB	132,90 b
FT/ GL	146,03 cA	91,64 aB	118,83 c
BC/ GL	88,20 eA	66,87 bB	77,54 e
CE/GL	114,41 dA	71,06 bB	92,73 d
Média	138,79 A	76,91 B	
CV (%)	17,43		

\*Os valores reúnem médias das três formas de inoculação (Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir e ao controle - solução aquosa de açúcar mascavo sem inoculante). Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, BC=bagaço de cana, GL= glicíndia (*Gliricidia sepium*) biomassas desidratadas e moídas.

Quanto à respiração basal do substrato (RBS), os resultados da análise de variância acusaram diferenças significativas para a interação entre as três variáveis (composto orgânico x inoculação x irradiação). Da mesma forma, as interações duplas (composto orgânico x inoculação e composto orgânico x irradiação) foram significativas.

Os valores de RBS são apresentados na Tabela 7. Houve diferenças entre os compostos não irradiados, com relação a todos os tratamentos, referentes à inoculação (Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir e controle não inoculado). As análises demonstraram que o uso do inoculante comercial Embiotic<sup>®</sup> teve um efeito estimulador, quanto a essa variável sendo igual ou superior aos outros tratamentos.

Com referência ao Kefir e ao tratamento sem inoculação, os resultados de RBS foram erráticos. No caso do Kefir, os compostos FT/GL, CE/GL e CE/TM induziram índices maiores, enquanto que no caso do tratamento- controle a superioridade ocorreu com relação os compostos FT/GL, BC/TM e FT/TM.

O resultado mais interessante com respeito à RBS ocorreu quando se considerou as médias entre os compostos orgânicos não irradiados, reunindo todas as opções de inoculação. Segundo esses valores médios, os compostos dos quais o farelo de trigo participou (FT/GL e FT/TM) diferiram significativamente dos demais, acarretando os maiores valores. Esses

resultados obtidos não foram condizentes com a hipótese mais esperada, ou seja, presumindo-se que a RBS fosse intensificada na presença de compostos orgânicos com relação C/N mais elevada, exatamente o contrário do encontrado no presente estudo, no entanto, pode ser explicado pelo fato do farelo de trigo apresentar elevado teor de amido, que se decompõe rapidamente.

Este último indicador, à semelhança do anterior (CBM), demonstrou que a irradiação dos compostos orgânicos foi capaz de reduzir marcadamente os valores referentes à atividade biológica a eles inerente.

**Tabela 7:** Respiração basal do substrato ( areia lavada) em função da incorporação de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos, esterilizados ou não por irradiação.

Respiração basal do substrato (mg C-CO <sub>2</sub> kg substrato <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )				
Não irradiado				
Composto orgânico	Embiotic <sup>®</sup>	Kefir	Controle	Média
FT/TM	1,50 aA	0,81 bB	0,93 aB	1,07 a
BC/TM	0,85 cA	0,82 bA	0,90 aA	0,85 c
CE/TM	0,93 cA	0,94 aA	0,54 bB	0,80 c
FT/GL	1,18 bA	1,04 aB	0,94 aB	1,05 a
BC/GL	0,66 dA	0,68 bA	0,63 bA	0,65 d
CE/GL	1,15 bA	0,90 aB	0,72 bC	0,93 b
Média	1,04 A	0,86 B	0,77 C	0,89 B
Irradiado				
FT/TM	0,39 aA	0,35 aA	0,39 aA	0,37 a
BC/TM	0,31 aA	0,29 aA	0,33 aA	0,30 a
CE/TM	0,30 aA	0,32 aA	0,38 aA	0,33 a
FT/GL	0,39 aA	0,43 aA	0,36 aA	0,39 a
BC/GL	0,29 aA	0,28 aA	0,31 aA	0,29 a
CE/GL	0,29 aA	0,27 aA	0,28 aA	0,28 a
Média	0,33 A	0,32 A	0,34 A	0,33 A
CV (%)	18,29			

Médias seguida de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>2</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, BC=bagaço de cana, GL=glicíndia (*Gliricidia sepium*) biomassas desidratadas e moídas. Inoculantes: Embiotic<sup>®</sup>- produto comercial distribuído pela Korin Meio Ambiente; Kefir – cultivo caseiro em água açucarada; Controle - solução aquosa de açúcar mascavo sem inoculante.

Com relação ao quociente metabólico ( $qCO_2$ ), não houve efeito do fator inoculação, ao passo que a interação composto orgânico x irradiação foi altamente significativa. Novamente, a irradiação anulou qualquer diferença entre os compostos orgânicos. Com referência ao tratamento não irradiado, os compostos dos quais a torta de mamona participou, com exceção daquele em que foi combinada com o BC, apresentaram maior eficiência, tendo em vista os valores significativamente mais baixos do  $qCO_2$  ( Tabela 8).

Considerando as médias entre tratamentos irradiados e não irradiados, novamente os compostos FT/TM e CE/TM enquadraram-se como os mais eficientes, superando um segundo grupo que reuniu as combinações com a glicíndia como fonte de N, isolando-se o composto com bagaço de cana no último lugar.

**Tabela 8:** Quociente metabólico ( $qCO_2$ ) em função da incorporação, em substratos de areia lavada, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos, esterilizados ou não por irradiação.

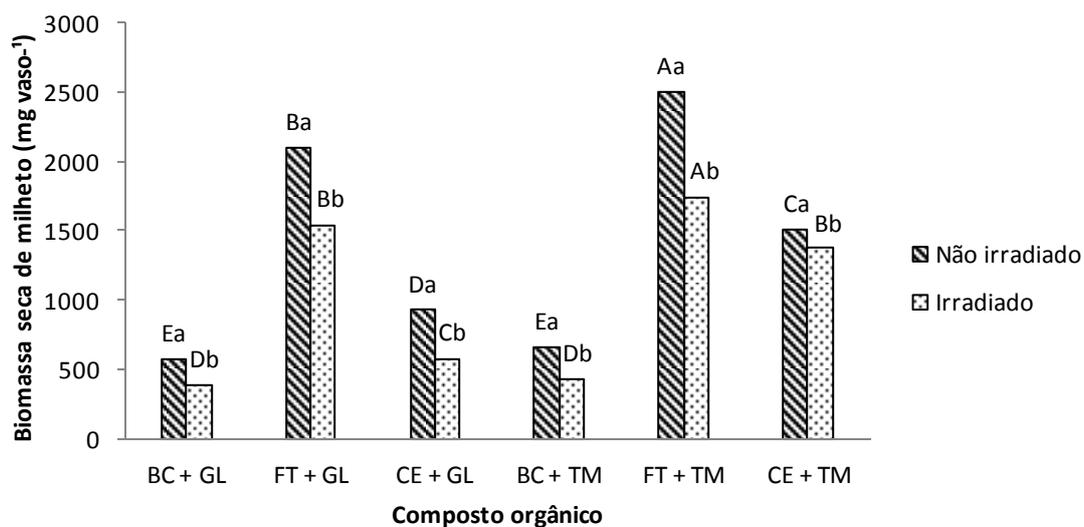
$qCO_2$ (mg C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> CBM h <sup>-1</sup> )			
Composto orgânico <sup>1</sup>	Não irradiado	Irradiado	Média
FT/TM	5,18* cA	4,51 aB	4,85 c
BC/TM	9,65 aA	4,90 aB	7,27 a
CE/TM	4,57 cA	4,39 aB	4,48 c
FT/GL	7,20 bA	4,30 aB	5,75 b
BC/GL	7,65 bA	4,41 aB	6,03 b
CE/GL	8,13 bA	4,02 aB	6,07 b
Média	7,06 A	4,42 B	
CV(%)	23,82		

\* Os valores reúnem médias das três formas de inoculação (Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir e ao controle - solução aquosa de açúcar mascavo sem inoculante). Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, BC=bagaço de cana, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*) biomassas desidratadas e moídas.

Considerando, em conjunto, os resultados relativos aos três indicadores aferidos, conclui-se que a irradiação foi capaz de comprovar as diferenças em atividade biológica entre os compostos orgânicos. O efeito da inoculação ocorreu tão somente com respeito a um desses indicadores (RBS), ao passo que quanto à composição dos fermentados, com base nos seus respectivos ingredientes, houve diferenças estatisticamente significativas para todos eles.

A biomassa seca da parte aérea das plantas de milho no substrato de areia adicionado com os compostos orgânicos foi severamente reduzida, em todos os tratamentos pela prévia irradiação ( Figura 2), reproduzindo o que foi constatado com base nos indicadores da atividade biológica (CBM, RBS e  $qCO_2$ ). Depreende-se, portanto que a atividade das comunidades de microrganismos originalmente presentes nos compostos, desempenhou papel relevante na disponibilização de nutrientes para as plantas após sua incorporação ao substrato onde se desenvolveu as plantas. Mais uma vez, não foi possível demonstrar grandes diferenças decorrentes das inoculações dos compostos orgânicos. Por outro lado, evidenciaram-se, novamente, as diferenças significativas entre os compostos orgânicos fermentados, especificamente derivadas dos ingredientes usados em suas respectivas formulações.

As combinações que incluíram o FT (FT/TM e FT/GL) ocuparam posição de destaque com referência ao desenvolvimento do milho, sendo que o composto FT/TM revelou-se como o de maior eficácia. Em ordem decrescente, tiveram lugar os compostos à base de capim elefante e por último àqueles compostos em que a fonte de carbono foi representada pelo bagaço de cana. As diferenças na realidade resultaram da composição química dos compostos, sobretudo quanto ao nitrogênio, sendo também influenciadas pelas relações C/N e sua relevância na disponibilização desses nutrientes para as plantas.



**Figura 3.** Biomassa de milho crescidos em vasos contendo diferentes compostos orgânicos tipo “bokashi”, submetidos a processo fermentativo a partir de tratamento com diferentes inoculantes microbianos, esterilizados ou não por irradiação.

\* Os valores reúnem médias das três formas de inoculação (Embiotik<sup>®</sup> ou Kefir e ao controle - solução aquosa de açúcar mascavo sem inoculante). Letras maiúsculas comparam médias das barras da mesma cor e letras minúsculas comparam médias das barras de cores diferentes pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

## 4 CONCLUSÕES

1. Com base nos teores de nutrientes, no pH e nos valores de condutividade elétrica, todos os seis compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, baseados em resíduos de origem vegetal, apresentam potencial para uso como fertilizante.
2. Inoculações com microrganismos contidos no produto comercial Embiotic<sup>®</sup>, ou em culturas de Kefir de preparo caseiro, praticamente não acarretam diferenças significativas, na comparação com os mesmos quando não submetidos a esses tratamentos prévios, com respeito às características químicas dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi
3. A atividade biológica, derivada da incorporação dos compostos orgânicos, estimada pelo carbono da biomassa microbiana, respiração basal do substrato e coeficiente metabólico, revela variações significativas predominantemente em função das respectivas características químicas.
4. A composição química e a capacidade de disponibilização de nitrogênio para a planta, após incorporação dos compostos orgânicos, varia de modo significativo dependendo dos resíduos de origem vegetal empregados como fontes de carbono e de nitrogênio em sua respectiva formulação.

## **CAPÍTULO II**

### **EFEITOS DA INCORPORAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS FERMENTADOS TIPO “BOKASHI” NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO E COMO FERTILIZANTES NOS CULTIVOS ORGÂNICOS DE HORTALIÇAS HERBÁCEAS EM SUCESSÃO**

## 1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é o macronutriente requerido, via de regra, em maior quantidade pelas culturas e sua deficiência no solo torna-se limitante da produção vegetal. Portanto, a gestão do N passou a ser considerado um aspecto crítico para a sustentabilidade das unidades agroecológicas (ESPINDOLA et al., 2005, ARAÚJO et al., 2011). De modo geral, todos os materiais ricos em N e carbono podem ser aproveitados como fontes de adubos orgânicos, desde que não apresentem problemas de contaminação (PENTEADO, 2003).

Sabe-se que o N proveniente de fontes orgânicas é mineralizado gradativamente, em função da ação dos microrganismos, durante a decomposição dos resíduos. A pronta disponibilização do N pelos fertilizantes minerais propicia ou intensifica perdas, além de representar oneração de custos para o produtor rural (NEVES et al., 2002). Segundo Ferreira et al. (1993), no caso de hortaliças, o uso de adubos orgânicos poderia gerar problemas, oriundos da lenta mineralização do N, por vezes incompatível com sua elevada demanda, especialmente associada a espécies cultivadas de ciclo curto.

Amlinger et al. (2003), avaliando resultados da utilização de compostos orgânicos em diversas culturas, observaram que a proporção do N mineralizado, ainda no primeiro ano, geralmente situa-se abaixo de 20% da quantidade aplicada. Apesar da velocidade de mineralização do N também depender das condições ambientais e do manejo do solo, a estabilidade do material de origem é determinante neste processo.

De acordo com Santos et al. (2001), parte do N presente em adubos orgânicos resiste à mineralização, tornando-se disponível para culturas subsequentes numa mesma área. Os incrementos em produtividade devidos aos adubos orgânicos, embora menos imediatos e marcantes do que os obtidos com formulações sintéticas de mais elevada solubilidade, apresentam maior persistência, provavelmente pela liberação compassada dos nutrientes e pelo estímulo ao crescimento radicular. O uso dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” tem sido proposto para melhorar características físicas, químicas e biológicas do solo, influenciando positivamente no rendimento das lavouras e na qualidade dos produtos gerados (MEDEIROS et al., 2008). Segundo Homma (2003), além do fornecimento de nutrientes, o “bokashi” carrega ao solo microrganismos “regeneradores”, os quais atuam promovendo a fermentação da biomassa, rapidamente estabelecendo condições favoráveis à multiplicação de outros componentes benéficos da biota.

Apesar das vantagens descritas, poucos são os resultados experimentais que comprovem os benefícios desses fermentados sobre a produtividade das culturas e sua contribuição quanto às propriedades químicas e biológicas do solo. Ademais, há carência de resultados de pesquisa que indiquem quantidades de “bokashi” a serem fornecidas aos diferentes cultivos de hortaliças.

Nesta etapa do estudo, os compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” foram comparados quanto aos efeitos sobre os atributos químicos e biológicos do solo em condições de campo, bem como no desempenho agrônomo de alface e rúcula, em cultivos orgânicos realizados em sequência na mesma área experimental.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido por meio da realização de dois experimentos, nos quais avaliou-se a eficácia de compostos orgânicos tipo “bokashi” no cultivo de alface e rúcula em sucessão, produzidos em sistema orgânico.

No primeiro experimento, estimaram-se os efeitos da aplicação dos compostos fermentados em relação a algumas das características químicas e biológicas do solo. Foram utilizadas as formulações avaliadas no primeiro capítulo desta tese, optando-se por excluir os compostos que incluíam o bagaço de cana –de-açúcar, tendo em vista seu baixo desempenho, com base nos resultados obtidos.

No segundo experimento, comparou-se o efeito de diferentes doses de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” como fertilizantes, também adotando o manejo orgânico e as mesmas hortaliças herbáceas em regime de sucessão. Contudo, a ordem dos cultivos foi trocada, com a rúcula, representando a espécie de ciclo mais curto, antecedendo a alface. Foram utilizados formulado composto com insumos comerciais, farelo de trigo e torta de mamona, inoculado com o Embiotic<sup>®</sup>, em comparação com uma das combinações alternativas, constituída de capim elefante e gliricídia, inoculada com o Kefir, ingredientes que, sem exceção, podem ser obtidos na própria unidade de produção agrícola.

### 2.1 Localização e caracterização da área experimental

Ambos os experimentos foram conduzidos no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - “Fazendinha Agroecológica Km 47”), fruto de convênio de cooperação técnica entre a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, a Embrapa Agrobiologia e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio/ atual Centro Estadual de Pesquisa em Agricultura Orgânica-CEPAO), estabelecido desde 1993 (ALMEIDA et. al., 2003).

O SIPA ocupa área de aproximadamente 70 ha na Baixada Fluminense, município de Seropédica (22° 45' S e 43° 42' W e altitude de 33m), estado do Rio de Janeiro. O clima, segundo classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Aw. O regime pluviométrico é normalmente caracterizado por períodos de chuvas intensas no verão e estiagem no inverno. A precipitação anual é da ordem de 1300 mm. Apesar das chuvas se concentrarem na primavera e no verão, é comum a ocorrência de “veranicos” (períodos secos) nos meses de janeiro e/ou fevereiro.

### 2.2 Preparo dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”

As combinações entre pares de fontes de C e N julgadas promissoras, em função dos resultados obtidos no Capítulo I, foram selecionadas para os experimentos de campo, envolvendo o cultivo orgânico das hortaliças. Dessa forma, fizeram parte os fermentados tipo “bokashi” à base de: farelo de trigo e torta de mamona (FT/TM), farelo de trigo e gliricídia (FT/GL), capim elefante e torta de mamona (CE/TM), e capim elefante e gliricídia (CE/GL), inoculados com suspensões ativadas de Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir, ou ainda, com solução aquosa de açúcar mascavo isenta do inoculante (tratamento - controle).

Após secagem, folhas e ramos finos de gliricídia e folhas do capim elefante foram triturados em moinho com abertura de malha de 5 mm, com posterior passagem em malha de 2 mm. O farelo de trigo e a torta de mamona, adquiridas do comércio regional, foram utilizados na forma farelada original, sem qualquer outro processamento.

Para cada 100 kg de composto, utilizando-se a proporção de 60% da fonte de C e 40% da fonte de N, com base na massa seca, adicionaram-se 30 L de água desclorada e acrescida de 200 mL do inoculante microbiano ativado (Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir) ou com igual volume de solução aquosa de açúcar mascavo isenta do inoculante.

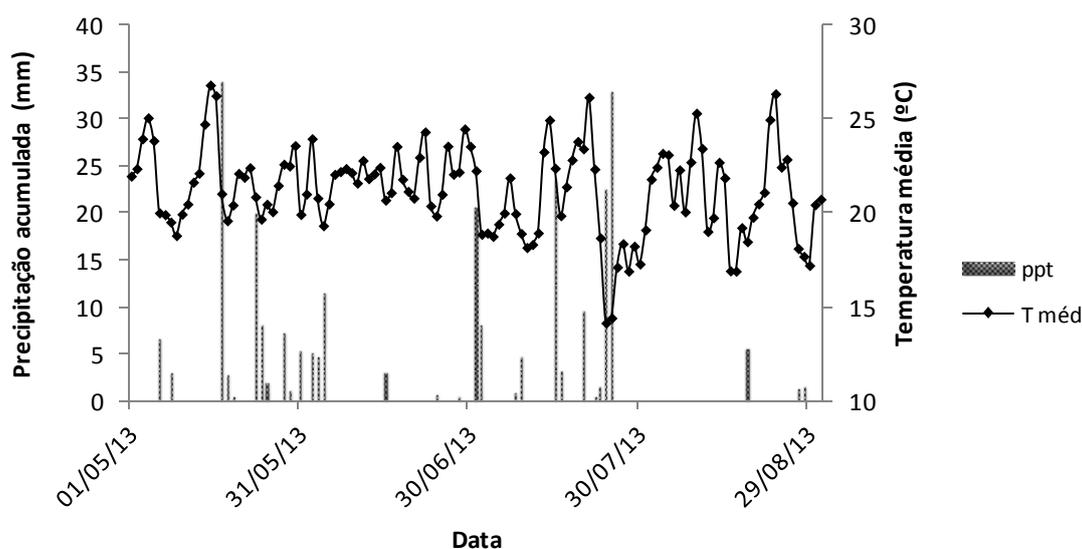
A metodologia para ativação dos inoculantes microbianos está detalhada no Capítulo 1. Os compostos orgânicos inoculados foram homogeneizados e compactados em bombonas de PVC (capacidade de 50 L), imediatamente seladas e mantidas em galpão coberto durante período de 21 dias.

### **2.3 Experimento 1: Efeitos dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo e nos cultivos orgânicos de alface e rúcula em sucessão**

Com o objetivo de reequilibrar os nutrientes no solo e uniformizar a área experimental, a mesma foi cultivada com o milheto ‘Pérola’, sem qualquer tipo de adubação e em alta densidade de semeadura ( 50 kg ha<sup>-1</sup>). O milheto foi cortado com 70 dias, quando cerca de 25% das plantas se apresentavam-se na fase de grão leitoso, sendo a palhada produzida retirada da área.

A área experimental totalizou 80 m<sup>2</sup>, reunindo quatro canteiros de 20 m de comprimento por 1 m de largura, levantados com auxílio de roto-encanteiradora tratorizada. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006), cuja análise química (0,0-0,2 m), realizada segundo a metodologia preconizada pela Embrapa (1997), forneceu os seguintes resultados: pH em água = 6,20; C=7,80 g kg<sup>-1</sup>, Al<sup>+++</sup> = 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>++</sup> = 3,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup> = 1,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 176,00 mg dm<sup>-3</sup>; P disponível = 90,87 mg dm<sup>-3</sup> e N = 0,96 g kg<sup>-1</sup>.

O experimento foi conduzido de maio a agosto de 2013. Os dados climáticos registrados no período são apresentados na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação acumulada e temperaturas médias em Seropédica-RJ, no período de maio a agosto de 2013.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial (4 x 3) + 1, correspondendo aos quatro compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, inoculação (Embiotic® ou Kefir) ou não inoculados (tratamento controle), além de um tratamento adicional (testemunha absoluta), sem qualquer adubação. Na Tabela 1 constam as análises químicas dos compostos incluídos no estudo.

**Tabela 1.** Teores de C, N, relação C/N e teores de P, K, Ca e Mg de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamento com diferentes inoculantes microbianos.

Composto orgânico	C	N	C:N	P	K	Ca	Mg
	g kg <sup>-1</sup>						
FT/TM <sup>1</sup>	511,21*	42,10	12,14	8,27	10,75	9,35	6,85
FT/GL	517,54	31,53	16,41	6,60	15,80	5,70	4,30
CE/TM	523,13	27,54	19,00	3,48	9,00	8,85	4,74
CE/GL	536,40	21,73	24,68	1,90	16,50	7,80	3,55

\* Os valores reúnem médias das três formas de inoculação (Embiotic® ou Kefir e ao controle - solução aquosa de açúcar mascavo sem inoculante). <sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= glicíndia (*Gliricidia sepium*) - biomassas desidratadas e moídas.

Os compostos orgânicos fermentados foram incorporados ao solo com enxada, procurando-se atingir uniformemente toda a superfície da parcela, em dosagem padronizada estabelecida com base na equivalência em N-total (100 kg de N ha<sup>-1</sup>). Irrigações por aspersão convencional foram procedidas diariamente, logo em seguida a incorporação dos compostos fermentados, a fim de manter umidade nos canteiros próximo à capacidade de campo. Na Tabela 2 constam as quantidades incorporadas de cada composto e o que representaram em termos do fornecimento de C, P, Ca e Mg (kg ha<sup>-1</sup> de massa seca).

**Tabela 2.** Quantidades e aportes de nutrientes de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos, incorporados aos canteiros no pré-transplântio das mudas de alface ‘Vera’.

Composto orgânico	Quantidade incorporada Mg ha <sup>-1</sup>	C	P	K	Ca	Mg
		-----kg ha <sup>-1</sup> -----				
FT/TM <sup>1</sup>	2,38*	1214,25	19,64	25,53	22,21	16,27
FT/GL	3,17	1642,86	20,95	50,16	18,10	13,65
CE/TM	3,64	1902,18	12,65	32,73	32,18	17,24
CE/GL	4,61	2471,89	8,76	76,04	35,94	16,36

\*As quantidades foram estipuladas com base na dosagem padronizada em 100 kg N ha<sup>-1</sup>.\* Os valores reúnem médias das três formas de inoculação (Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir e ao controle - solução aquosa de açúcar mascavo sem inoculante). <sup>1</sup>Proporção padronizada com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*) - biomassas desidratadas e moídas.

### 2.3.1 Avaliação dos efeitos da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo

Amostras de solo (0,0-0,2 m) foram coletadas nas parcelas de cada tratamento (área útil) em dois momentos, aos sete dias após incorporação dos compostos orgânicos, antecedendo o transplântio da alface, e aos 30 dias, logo após a colheita da alface e antecedendo o transplântio da rúcula, cultivada em sucessão. Na primeira amostragem, além das análises de fertilidade do solo, foram quantificados os teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) e aqueles evoluídos da respiração basal do solo (RBS), a par do quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>). Na segunda amostragem, avaliaram-se, apenas, os níveis de fertilidade do solo nas respectivas parcelas experimentais.

As análises de fertilidade, C-total e N-total, foram realizadas com terra fina seca ao ar, no Laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia, conforme procedimentos descritos por Tedesco (1995) e Embrapa (1997).

As avaliações de CBM, RBS e qCO<sub>2</sub> foram realizadas através das metodologias já descritas no Capítulo I.

### 2.3.2 Cultivos orgânicos de alface ‘Vera’ e rúcula ‘Astro’, plantadas em sucessão na mesma área experimental, em função da incorporação ao solo de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”

O transplântio das mudas de alface crespa (cv. Vera) ocorreu em maio de 2013, sete dias após a incorporação dos compostos orgânicos tipo “bokashi” aos canteiros. As mudas foram produzidas na casa de vegetação, em bandejas de isopor com 200 células, abastecidas com substrato orgânico localmente formulado e constituído pela mistura de vermicomposto, produzido a partir do esterco bovino de “curral”, “fino” de carvão vegetal e torta de mamona (OLIVEIRA et al., 2011).

Cada parcela do experimento abrangeu quatro fileiras espaçadas entre si de 25 cm, com outros 25 cm de espaçamento entre plantas de uma mesma fileira, assim totalizando 16 plantas. Aos 20 dias pós- transplântio das mudas, foi realizada uma capina com enxada em toda a área experimental.

A colheita foi realizada com 40 dias a contar do transplantio. Após o descarte de folhas basais senescentes e/ou lesionadas, realizou-se as avaliações fitotécnicas. Foram amostradas quatro plantas da cada parcela (área útil), aferindo-se o número de folhas, biomassas fresca e seca da parte aérea colhida e os teores de macronutrientes nos tecidos foliares.

O número de folhas foi obtido pela contagem daquelas com mais de 5 cm de comprimento. As biomassas fresca e seca foram quantificadas em balança digital de precisão (0,01 g), sendo a biomassa seca calculada após as amostras permanecerem em estufa com ventilação forçada, regulada a 65° C, até peso constante. Os teores de macronutrientes nos tecidos foliares foram analisados no Laboratório de Química Agrícola, da Embrapa Agrobiologia, conforme procedimento operacional descrito por Silva (1999).

Em seguida à colheita da alface, procedeu-se à limpeza manual da área experimental, eliminando-se os restos culturais e a vegetação espontânea.

Para avaliação do efeito residual dos compostos orgânicos tipo “bokashi” incorporados na fase de pré-transplântio da alface, mudas de rúcula (cv. Astro) foram imediatamente transplantadas, no espaçamento de 25 x 10 cm, para as parcelas antes ocupadas pela alface. As mudas de rúcula foram produzidas de maneira idêntica às de alface, conforme já detalhado.

Durante o ciclo da rúcula foram efetuadas: capina manual, irrigações por aspersão e pulverização com produto comercial à base de *Bacillus thuringiensis* para controle de lagartas. A colheita realizou-se 30 dias a contar do transplantio, avaliando-se altura da planta, número de folhas por planta, biomassas fresca e seca da parte aérea colhida e os teores de macronutrientes nos tecidos foliares, em 12 plantas coletadas aleatoriamente da área útil de cada parcela.

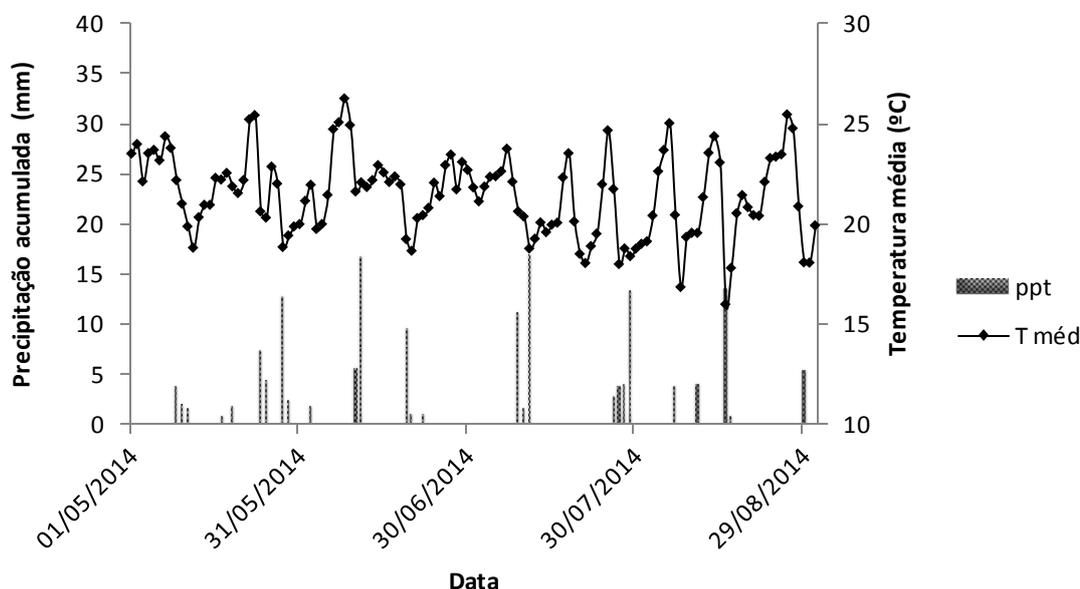


**Figura 2.** Vista geral do experimento de campo para avaliação da eficácia de compostos fermentados tipo “bokashi” como fertilizantes no cultivo orgânico de alface ‘Vera’.

## 2.4 Experimento 2: Efeitos de doses crescentes de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo e no desempenho agrônomo de rúcula e alface, sob manejo orgânico, plantadas em sucessão na mesma área

Os experimentos de campo para o estudo dos efeitos de doses crescentes de compostos orgânicos tipo “bokashi”, quanto ao desempenho agrônomo de alface e rúcula, em cultivos orgânicos subsequentes, foram conduzidos no período de maio a julho de 2014.

Com o objetivo de extrair nutrientes do solo e uniformizar a fertilidade original da área experimental, a partir de janeiro de 2014 a área foi cultivada com milho ‘Pérola’, sem qualquer tipo de adubação e em alta densidade de semeadura (100 kg sementes ha<sup>-1</sup>). O milho foi cortado quando cerca de 25% das plantas apresentavam-se na fase de grão leitoso, sendo a palhada roçada removida da área. Na Figura 3 constam os dados climáticos no período da condução do experimento.



**Figura 3.** Precipitação acumulada e temperaturas médias em Seropédica-RJ, no período de maio a agosto de 2014.

A área experimental, totalizando 80 m<sup>2</sup>, reuniu quatro canteiros de 20 m de comprimento, levantados com auxílio de roto-encanteiradora tratorizada. Cada parcela foi estabelecida com 2 m de comprimento por 1 m de largura. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006), cuja análise de fertilidade (0,0-0,2 m), realizada segundo a metodologia preconizada pela Embrapa (1997), forneceu os seguintes resultados: pH em água = 6,2; C=6,73 g kg<sup>-1</sup>; Al<sup>+++</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>++</sup> = 2,33 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup> = 0,81 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 146,62 mg dm<sup>-3</sup>; P disponível = 81,23 mg dm<sup>-3</sup> e N = 0,86 g kg<sup>-1</sup>.

O experimento foi delineado em blocos ao acaso com quatro repetições, no esquema fatorial 2 x 5, totalizando 40 parcelas experimentais. Foram comparados o composto orgânico fermentado tipo “bokashi”, a base de insumos agroindustriais: farelo de trigo e torta de mamona, inoculado com o Embiotic<sup>®</sup>, e o composto alternativo à base de capim elefante e glicirídia, inoculado com o Kefir, em cinco doses (0, 50, 100, 200 e 400 kg N ha<sup>-1</sup>) distribuídas nos canteiros, estipuladas pela equivalência de N total.

A composição química dos compostos tipo “bokashi” utilizados neste ensaio de campo é apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3.** Teores de C, N, relação C/N e teores de de P, K, Ca e Mg dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” avaliados no experimento com rúcula.

Composto orgânico*	C	N	C:N	P	K	Ca	Mg
	g kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>			
FT/TM x Embiotic <sup>®</sup>	515,51	45,35	11,37	12,54	12,50	14,20	5,30
CE/GL x Kefir	537,63	22,52	24,87	3,06	21,50	11,40	5,90

\*Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e glicírdia (*Glyricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

Os compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” foram incorporados ao solo, nas parcelas experimentais com enxada, procurando-se atingir uniformemente toda a superfície da parcela. Na Tabela 4 são listadas as quantidades incorporadas dos compostos orgânicos, em função da dose utilizada, assim como o que representaram em termos do suprimento de macronutrientes (Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca).

**Tabela 4.** Quantidades e aportes de nutrientes dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” avaliados no experimento com rúcula e alface.

Composto orgânico*	Dose	Quantidade incorporada	C	P	K	Ca	Mg
			N ha <sup>-1</sup>	Mg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>		
FT/TM x Embiotic <sup>®</sup>	50	1,10	568,43	13,84	13,80	15,67	5,85
	100	2,21	1136,87	27,68	27,59	31,35	11,70
	200	4,42	2273,73	55,36	55,19	62,69	23,40
	400	8,83	4547,46	110,73	110,38	125,39	46,80
CE/GL x Kefir	50	2,22	1200,00	6,80	47,78	25,33	13,11
	100	4,44	2400,00	13,60	95,56	50,67	26,22
	200	8,89	4800,00	27,20	191,11	101,33	52,44
	400	17,78	9600,00	54,40	382,22	202,67	104,89

\*Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e glicírdia (*Glyricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos

#### **2.4.1 Avaliação dos efeitos da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, em doses crescentes, nos atributos químicos e biológicos do solo**

Amostras de solo (0-20 cm) foram coletadas nas parcelas experimentais em dois momentos: aos sete dias após a incorporação dos compostos orgânicos fermentados (antecedendo o transplântio das mudas de rúcula) e logo após a colheita da rúcula (antecedendo o transplântio da alface em sucessão).

Na primeira amostragem avaliou-se a fertilidade do solo (teores de C-total, N-total, P, K, Ca e Mg) e também seus atributos biológicos (carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e quociente metabólico). Na segunda amostragem avaliou-se, apenas, a fertilidade do solo nas parcelas experimentais antes ocupadas pela alface.

#### **2.4.2 Desempenho agrônômico de rúcula ‘Astro’ e de alface ‘Vera’, plantadas em sucessão na mesma área experimental, em função da incorporação ao solo de doses crescentes de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”**

As mudas de rúcula ‘Astro’ foram produzidas na casa de vegetação em bandejas de isopor com 200 células, abastecidas com substrato orgânico localmente formulado e constituído pela mistura de vermicomposto, produzido a partir do esterco bovino de “curral”, “fino” de carvão vegetal e torta de mamona (OLIVEIRA et al., 2011). Essas mudas foram transplantadas para as parcelas experimentais aos sete dias após a incorporação dos compostos orgânicos fermentados. Adotou-se espaçamento de 25 cm entre fileiras e 10 cm dentro de uma mesma fileira, totalizando 80 plantas por parcela.

A colheita foi realizada com 25 dias a contar do transplântio das mudas. Foram avaliadas 20 plantas da área útil de cada parcela, aferindo-se altura da planta, número de folhas por planta, biomassas fresca e seca da parte aérea colhida e os teores de macronutrientes nos tecidos foliares.

Para avaliação do efeito residual dos tratamentos, foi conduzido o cultivo orgânico alface de ‘Vera’, imediatamente após a colheita da rúcula. Seguindo-se à limpeza e ao nivelamento dos canteiros, coletaram-se amostras de solo (0 a 20 cm) nas parcelas experimentais para avaliação da fertilidade. Efetuou-se então o transplântio das mudas de alface, no espaçamento de 25 x 25 cm, totalizando 32 plantas por parcela.

O sistema de irrigação adotado foi de aspersão, e foram realizadas capinas com enxada, durante o ciclo das culturas, sempre que necessário.

A colheita da alface foi realizada aos 40 dias pós-transplântio, aferindo-se em 12 plantas da área útil de cada parcela, o número de folhas por planta, com mais de 5 cm de comprimento, as biomassas fresca e seca da parte aérea colhida, depois de descartadas as folhas senescentes ou lesionadas, e os teores de macronutrientes nos tecidos foliares.



**Figura 4.** Vista geral do experimento de campo para avaliação da eficácia de crescentes doses de compostos fermentados tipo “bokashi” como fertilizantes no cultivo orgânico de rúcula.

## 2.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade das variâncias dos erros. Atendidas as pressuposições, foram realizadas as análises de variâncias, com significância aferida através do teste F ( $p \leq 0,05$ ). Para comparação das médias, foi empregado o teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Foram realizados os desdobramentos dos fatores nos casos de interações significativas e comparações dos níveis de cada fator quando não houve interações. As análises de regressão foram procedidas para as fontes de variação quantitativas, referentes às doses dos compostos orgânicos fermentados. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os Programas SISVAR<sup>®</sup>, versão 4.6 (Ferreira 2003), e SAEG<sup>®</sup>, versão 9.1 (Universidade Federal de Viçosa, 2007).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Experimento 1: Efeitos da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo e nos cultivos orgânicos de alface e rúcula em sucessão na mesma área

##### 3.1.1 Avaliação dos efeitos da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos do solo

A análise de variância não detectou efeito da interação entre os fatores composto orgânico x inoculação ( $p > 0,05$ ). Na Tabela 5 são discriminados os valores médios de cada formulação do tratamento - controle. As inoculações dos compostos orgânicos fermentados com Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir e simplesmente com água + açúcar (controle) não influenciaram as análises químicas do solo.

**Tabela 5.** Teores de macronutrientes em amostras de solo sete dias após incorporação, na fase de pré-transplântio das mudas de alface, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir dos tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.

Composto orgânico <sup>1</sup>	C	N	P	K	Ca	Mg
	g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
FT/TM <sup>2</sup>	12,52 <sup>3</sup> b	1,50 a	122,60 a	205,83 c	3,58 a	1,35 a
FT/GL	13,13 b	1,52 a	124,66 a	259,83 b	3,47 a	1,44 a
CE/TM	12,50 b	1,43 a	120,67 a	226,17 c	3,55 a	1,37 a
CE/GL	14,71 a	1,54 a	124,30 a	316,33 a	3,45 a	1,34 a
Testemunha absoluta	7,80 c	0,98 b	90,87 b	176,00 d	3,12 b	1,12 b
CV(%)	13,14	8,10	19,27	14,8	8,85	8,34

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Proporção padronizada com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*) – biomassas desidratadas e moídas; testemunha absoluta = solo não adubado.

Os teores de N, Ca, Mg e P do solo, não apresentaram diferenças estatísticas em função da utilização de diferentes compostos orgânicos fermentados. Todavia, foram significativamente superiores aos níveis desses nutrientes do tratamento - testemunha, que não recebeu qualquer tipo de adubação. As pequenas varrições nos valores de N total entre os tratamentos foram decorrentes do critério de aplicação dos compostos orgânicos fermentados, padronizados com referência à necessidade desse nutriente pela cultura da alface, estimada em 100 kg N ha<sup>-1</sup>.

Já as maiores médias de C orgânico e de K do solo foram obtidas com o composto CE/GL. Esta combinação, quando inicialmente caracterizada (Tabela 1), demonstrou possuir os mais altos teores de C e K e o mínimo teor de N, na comparação com os demais compostos fermentados. Tal fato determinou sua aplicação em quantidade superior, alcançando 4,61 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca (Tabela 2), assim favorecendo o aumento dos teores desses nutrientes no solo. Foram observadas correlações lineares positivas entre carbono aplicado e carbono orgânico total no solo ( $r=0,67$ ), entre carbono orgânico total e relação C/N dos compostos fermentados ( $r=0,75$ ) e entre potássio aplicado e potássio do solo ( $r=0,93$ ;  $P \leq 0,01$ ), evidenciando que o acúmulo de carbono e potássio no solo foi dependente de suprimento externo, nas condições do estudo.

A incorporação dos compostos orgânicos fermentados promoveu melhorias nos atributos químicos do solo. De modo geral, essa incorporação proporcionou um incremento médio nos teores de C orgânico de 69 %, N de 53 %, Ca de 12 %, Mg de 21 %, K de 43% e P de 35,42% , em relação à testemunha absoluta que não recebeu qualquer adubação.

### 3.1.2 Avaliação dos efeitos da incorporação de compostos orgânico fermentados tipo “bokashi” nos atributos biológicos do solo

No que concerne às variáveis biológicas do solo, avaliadas sete dias após a incorporação dos compostos orgânicos fermentados, também não foram detectadas interações positivas entre os fatores composto x inoculação, nem tampouco quanto a possíveis efeitos dos inoculantes ( $p > 0,05$ ) sobre as médias de carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e quociente metabólico.

Os valores do carbono da biomassa microbiana não diferiram significativamente entre os compostos orgânicos fermentados, porém, tal indicador apresentou correlações negativas quanto à relação C/N, à quantidade de carbono derivada da incorporação ao solo e ao carbono orgânico total do solo ( $r = -0,84, -0,91$  e  $-0,74$ , respectivamente  $p \leq 0,01$ ).

De modo geral, as incorporações dos compostos orgânicos fermentados ao solo proporcionaram, em média, aumento altamente significativo (62%) com respeito ao carbono da biomassa microbiana relativamente ao do tratamento sem adubação (Tabela 6). Oliveira et al. (2009) constataram, em conformidade, que os compostos orgânicos atuam sobre a biomassa microbiana de forma positiva devido ao aumento nas proporções disponibilizadas de carbono e nitrogênio lábeis.

**Tabela 6.** Indicadores dos níveis de atividade biológica do solo em amostras coletadas sete dias após incorporação, na fase de pré-transplante das mudas de alface, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.

Composto orgânico <sup>1</sup>	CBM (mg C kg solo <sup>-1</sup> )	RBS (mg C-CO <sub>2</sub> kg solo <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	qCO <sub>2</sub> (mg C-CO <sub>2</sub> h <sup>-1</sup> g CBM <sup>-1</sup> )
FT/TM	245,27 <sup>a</sup>	0,77 b	3,11 b
FT/GL	230,78 a	0,86 b	3,67 b
CE/TM	228,89 a	1,01 b	4,44 b
CE/GL	218,82 a	1,26 a	5,76 a
Testemunha absoluta	151,43 b	0,38 c	2,44 c
CV(%)	20,58	26,62	26,41

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*)- biomassas desidratadas e moídas; testemunha absoluta = solo não adubado.

A respiração basal do solo (RBS) e o quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) revelaram comportamentos semelhantes. Os compostos orgânicos fermentados, formulados com capim elefante e gliricídia, apresentaram as maiores médias para essas duas variáveis biológicas, significativamente superiores às dos demais compostos fermentados, os quais não diferiram entre si.

A respiração basal do solo é definida como a soma de todas as funções metabólicas nas quais o CO<sub>2</sub> é produzido, evidenciando que o composto CE/GL disponibilizou maior quantidade de carbono diretamente assimilável pela comunidade microbiana. No entanto,

Silva et al. (2007) ressaltaram que a interpretação dos dados de respiração basal do solo deve ser cautelosa, uma vez que seu incremento pode ser desencadeado tanto pela alta aptidão de um determinado ecossistema quanto pelo estresse advindo de distúrbios ambientais. De acordo com Sparling (1998), a medida que uma determinada comunidade microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é perdido na forma de CO<sub>2</sub> pela respiração, sendo uma maior proporção do elemento incorporada à biomassa.

Da Luz (2007) ressaltou que a adição de resíduos orgânicos ao solo estimula o crescimento e a atividade da população microbiana, em função da intensificação do fornecimento de energia e de carbono. Em consequência, a demanda de nutrientes pelos microrganismos decompositores é aumentada. A taxa de liberação de CO<sub>2</sub> ou respiração basal do solo, cresce rapidamente e os nutrientes minerais, como NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, são absorvidos, tornando-se imobilizados na biomassa microbiana. Porém, a evolução do C-CO<sub>2</sub> não pode ser considerada equivalente à decomposição, pois somente uma fração do carbono decomposto é mineralizado, enquanto a outra é assimilada pela biomassa microbiana.

Os valores obtidos de respiração basal do solo apresentaram alta correlação linear positiva com a relação C/N dos compostos ( $r = 0,91$ ;  $p < 0,01$ ). Segundo Fortes Neto (2000), resíduos com elevada relação C/N privilegiam a perda de carbono, via respiração, em detrimento da imobilização pela microbiota do solo.

Com relação ao quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>), o tratamento que recebeu o composto CE/GL destacou-se dos demais, considerando-se os valores médios. Contudo, segundo Sparling (1997), citado por Nielsen & Winding (2002), deve-se ter cuidado quando se interpreta o qCO<sub>2</sub>, visto que um alto quociente pode inferir estresse, um ecossistema imaturo ou uma maior oferta de substrato para a respiração. Como já discutido anteriormente, o composto CE/GL apresentou máxima relação C/N, indutora de uma lenta assimilação de C pela microbiota, o que pode ser constatado pelas correlações lineares positivas entre o qCO<sub>2</sub> e a relação C/N ( $r = 0,93$ ;  $p < 0,01$ ) e o C aplicado ( $r = 0,95$ ;  $p < 0,01$ ), sendo em contrapartida, negativa relativamente ao carbono da biomassa microbiana ( $r = -0,91$ ;  $p < 0,01$ ).

De modo geral, os compostos orgânicos fermentados promoveram aumentos da ordem de 57% para a RBS e de 74% para o qCO<sub>2</sub>, na comparação com o tratamento que não recebeu adubação (testemunha absoluta).

Os valores tanto de CBM, quanto de RBS e qCO<sub>2</sub> presentemente analisados são comparáveis aos dos estudos de Almeida (2007), que avaliou a influência de adubações com dois fertilizantes de leguminosas (mucuna cinza e gliricídia) nos atributos químicos e biológicos do solo. Da mesma forma, Canelas et al. (2001), avaliando a aplicação de lodo de esgoto, em dose única (80 Mg ha<sup>-1</sup>), em dois tipos de solos (Latosolo e Argissolo), também verificaram efeito significativo da adição de matéria orgânica na atividade biológica do solo.

Importante destacar que os atributos biológicos do solo neste experimento não foram influenciados pelos inoculantes microbianos utilizados no processo de fermentação dos compostos orgânicos.

### **3.1.3 Resposta da alface ‘Vera’ em função da incorporação ao solo de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”**

No experimento de campo destinado à avaliação da eficácia dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” no desempenho agrônomico da alface não foi detectado efeito do inoculante microbiano ( $p > 0,05$ ), considerando as médias das variáveis fitotécnicas estudadas. Da mesma forma, a interação entre os fatores composto orgânico x inoculação não revelou significância.

Verificou-se que a disponibilização de nutrientes pelos compostos orgânicos fermentados contribuiu para a melhoria do rendimento da alface, proporcionando ganhos em número de folhas por planta, massa fresca e massa seca da parte aérea (Tabela 5). Em consonância, diversos autores registraram aumento de produtividade da cultura da alface com a utilização de compostos orgânicos (LOPES et al., 2005; PÔRTO, 2006; OLIVEIRA et al., 2006; ALMEIDA et al.; 2008; SILVA et al., 2010).

Os compostos FT/TM, FT/GL e CE/TM não diferiram significativamente entre si quanto a qualquer das variáveis, acarretando respostas semelhante da alface sob manejo orgânico. O composto CE/GL proporcionou, de modo consistente, as menores médias. Tal fenômeno decorreu, provavelmente, devido à elevada relação C/N que caracteriza esse composto (Tabela 1), contribuindo, assim, para reduzir os teores de N disponível para a planta, em virtude da competição por este nutriente com os microrganismos do solo. Isto foi demonstrado pelas correlações de Pearson concernentes ao parâmetro número de folhas por planta e relação C:N ( -0,83  $p \leq 0,01$ ), biomassa fresca da folhagem e relação C:N (-0,91  $p \leq 0,01$ ) e biomassa seca da folhagem e relação C/N (-0,89  $p \leq 0,01$ ).

**Tabela 7.** Variáveis biológico-fitotécnicas observadas na alface ‘Vera’ sob cultivo orgânico em função da incorporação ao solo, na fase de pré-transplante das mudas, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.

Composto orgânico <sup>1</sup>	Número de folhas (planta <sup>-1</sup> )	Massa fresca (g planta <sup>-1</sup> )	Massa seca (g planta <sup>-1</sup> )
FT/TM	22,04 <sup>a</sup>	308,19 a	8,71 a
FT/GL	22,08 a	268,29 a	7,31 a
CE/TM	21,72 a	273,36 a	7,52 a
CE/GL	19,62 b	217,45 b	6,14 b
Testemunha absoluta	17,18 c	147,62c	3,63 c
CV(%)	7,76	12,33	11,67

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*) – biomassas desidratadas e moídas; testemunha absoluta = solo não adubado.

Com relação aos teores de macronutrientes nos tecidos foliares da alface (Tabela 8), não foi detectado efeito da interação entre os fatores composto orgânico x inoculação. A inoculação por si só também não influenciou os resultados. Por seu turno, na comparação entre as médias referentes aos compostos orgânicos fermentados e aquelas do tratamento controle, as diferenças foram altamente significativas ( $P \leq 0,0001$ ).

Apenas o teor de nitrogênio representou diferença significativa entre as médias dos compostos orgânicos fermentados, tendo a combinação CE/GL apresentado o menor valor.

A incorporação dos compostos induziu incrementos significativos, atingindo aproximadamente, 94% de N, 41% de P, 49% de K, 62 % de Ca e 102% de Mg na folhagem da alface, em relação ao tratamento - controle que não recebeu qualquer adubação.

**Tabela 8.** Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de alface ‘Vera’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, na fase de pré-transplântio das mudas, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processos fermentativos a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.

Composto orgânico <sup>1</sup>	N	P	K	Ca	Mg
	g kg <sup>-1</sup>				
FT/TM <sup>2</sup>	29,41 <sup>3</sup> a	4,99 a	78,12 a	10,04 a	2,52 a
FT/GL	27,93 a	5,60 a	78,54 a	10,13 a	2,45 a
CE/TM	28,42 a	5,33 a	81,25 a	10,27 a	2,54 a
CE/GL	25,95 b	5,18 a	82,91 a	10,45 a	2,27 a
Testemunha absoluta	14,36 c	3,74 b	53,50 b	6,15 b	1,21 b
CV(%)	9,35	21,84	8,53	12,76	14,68

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).  
<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*)- biomassas desidratadas e moídas; testemunha absoluta = solo não adubado.

As concentrações de macronutrientes nas folhas de alface, nos tratamentos que receberam incorporação ao solo dos compostos orgânicos fermentados, situaram-se entre 78,12 e 82,91 g kg<sup>-1</sup> para K; 24,41 e 25,95 g kg<sup>-1</sup> para N; 9,75 e 10,45 g kg<sup>-1</sup> para Ca; 4,99 e 5,33 g kg<sup>-1</sup> para P; e 2,27 e 2,54 g kg<sup>-1</sup> para Mg. A ordem decrescente dos teores de macronutrientes foi, portanto: K > N > Ca > P > Mg, em conformidade com resultados divulgados por Sandri et al. (2006), Turazi et al. (2006) e Almeida (2007).

Segundo Furlani (2004), uma planta de alface bem nutrida pode apresentar valores, considerados adequados, na faixa de 20 a 50 g kg<sup>-1</sup> de N e K; 10 a 50 g kg<sup>-1</sup> de Ca; 2,0 a 5,0 g kg<sup>-1</sup> de P, e de 15 a 35 g kg<sup>-1</sup> de Mg. Nesse sentido, os teores de N, Ca e P das plantas de alface proporcionados pela incorporação dos compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” aproximaram-se dos valores desejáveis. Já, os teores de K situaram-se acima do satisfatório e, ao contrário, os teores de Mg ficaram abaixo dos limites adequados. Os resultados revelaram que os compostos orgânicos fermentados, na dosagem padronizada em 100 kg de N ha<sup>-1</sup>, contribuíram de forma eficaz quanto à provisão de macronutrientes para a cultura da alface. Deve-se levar em conta, entretanto, que esses valores representam indicativos que podem não ser reproduzidos sob condições distintas de solo, clima e sistemas de produção da hortaliça.

### 3.1.4 Cultivo orgânico da rúcula ‘Astro’ plantada em sucessão a alface ‘Vera’, na mesma área experimental, em função da incorporação ao solo, na cultura antecedente, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”

Os resultados das análises de solo, realizadas após colheita da alface, para fins de avaliar o efeito residual da incorporação dos diferentes compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” no cultivo da rúcula em sucessão, estão apresentados na Tabela 9. A análise de variância não detectou significância para o fator inoculação isolado, como também para a interação composto orgânico x inoculação.

O tratamento que recebeu incorporação do composto orgânico fermentado à base de capim elefante e gliricídia (CE/GL) destacou-se dos demais pelos níveis mais elevados de

carbono orgânico e de potássio no solo, após colheita da alface. Por sua vez, a incorporação do composto orgânico FT/TM resultou em acúmulos inferiores desses elementos. De acordo com Leal et al. (2013), se o material orgânico apresentar teor relativamente elevado de N (>1,5%) e baixa relação C/N (< 20), será capaz de fornecer nutrientes em níveis satisfatórios. Caso contrário, atuará, basicamente, como um simples condicionador de solo, sobretudo se aplicado em quantidade superior a 20 Mg ha<sup>-1</sup>. Todos os compostos orgânicos fermentados presentemente estudados apresentaram relações C/N inferiores a 20, com exceção de CE/GL, cuja relação C/N foi de 25 (Tabela 3).

A incorporação dos compostos orgânicos fermentados, não promoveu diferenças significativas entre eles quanto aos níveis de N, Ca, Mg e P. Contudo, na comparação com a testemunha absoluta, consideradas as médias gerais, os teores de macronutrientes no solo, com exceção do magnésio, foram superiores em relação a todos os compostos.

**Tabela 9.** Teores de macronutrientes em amostras de solo, após colheita da alface, em função da incorporação, na fase de pré-transplântio das mudas de alface, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.

Composto orgânico <sup>1</sup>	C g Kg <sup>-1</sup>	N	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca cmolc dm <sup>-3</sup>	Mg
FT/TM	11,14 c	0,98 a	112,74 a	121,00 b	3,22 a	1,22 a
FT/GL	12,43 b	1,02 a	106,35 a	134,33 b	3,27 a	1,28 a
CE/TM	12,52 b	1,13a	99,85 a	128,33 b	3,24 a	1,24 a
CE/GL	13,46 a	1,16 a	108,94 a	176,33 a	3,29 a	1,31 a
Testemunha absoluta	6,76 d	0,63 b	76,49 b	96,00 c	2,47 b	1,16 a
CV(%)	8,55	6,74	31,43	12,11	9,38	9,36

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,01$ ).

<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*) biomassas desidratadas e moídas; testemunha absoluta = solo não adubado.

O conjunto de resultados sobre os parâmetros biológico- fitotécnicos relativos à rúcula ‘Astro’ cultivada em sucessão à alface (Tabela 10), revelou que não houve diferenças estatísticas entre quaisquer dos tratamentos que compuseram o estudo. Na colheita da rúcula, independentemente do tratamento, inclusive da testemunha absoluta, as plantas apresentaram desenvolvimento comparável e satisfatório padrão de mercado.

**Tabela 10:** Variáveis biológico-fitotécnicas de rúcula ‘Astro’, sob manejo orgânico, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de alface ‘Vera’, de compostos orgânicos tipo “bokashi” submetidos a processo fermentativo a partir de tratamentos com diferentes inoculantes microbianos.

Composto orgânico <sup>1</sup>	Número de folhas (planta <sup>-1</sup> )	Altura (cm planta <sup>-1</sup> )	Massa fresca (g planta <sup>-1</sup> )	Massa seca (g planta <sup>-1</sup> )
FT/TM	12,65	19,12	22,34	3,87
FT/GL	12,71	19,71	22,56	3,78
CE/TM	12,90	19,68	22,43	3,64
CE/GL	13,14	20,54	22,37	4,13
Testemunha absoluta	11,08	18,56	21,24	3,58
CV(%)	12,64	11,30	16,19	15,49

<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*) biomassas desidratadas e moídas; testemunha absoluta = solo não adubado.

No que concerne aos teores de macronutrientes nos tecidos foliares da rúcula, apesar de não diferirem estatisticamente entre si, os tratamentos que receberam incorporação dos compostos orgânicos, no cultivo anterior da alface, apresentaram valores maiores que os valores observados na testemunha absoluta (Tabela 11). Sendo assim, conquanto não tivessem manifestado efeito residual significativo, para as variáveis fitotécnicas da rúcula, os compostos orgânicos fermentados foram capazes de induzir maior acúmulo de nutrientes nas plantas.

**Tabela 11.** Teores de macronutrientes na parte aérea de rúcula em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de alface ‘Vera’, de diferentes compostos orgânicos tipo “bokashi”.

Composto orgânico <sup>1</sup>	N	P	K	Ca	Mg
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				
FT/TM <sup>2</sup>	28,51 <sup>3</sup> a	7,35 a	42,33 a	21,61 a	5,51 a
FT/GL	28,76 a	7,55 a	36,71 a	22,64 a	5,72 a
CE/TM	29,45 a	7,56 a	42,91 a	21,92 a	5,39 a
CE/GL	28,83 a	7,44 a	38,89 a	21,29 a	5,94 a
Testemunha absoluta	21,82 b	6,46 b	31,30 b	16,11 b	4,07 b
CV(%)	6,98	8,03	21,96	12,06	14,44

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*) biomassas desidratadas e moídas; testemunha absoluta = solo não adubado.

### 3.2 Experimento 2: Efeitos de doses crescentes de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” nos atributos químicos e biológicos do solo e no desempenho agrônômico de rúcula e alface, sob manejo orgânico, cultivadas em sucessão na mesma área

#### 3.2.1 Avaliação do efeito da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, em doses crescentes, nos atributos químicos do solo

A análise de variância para os atributos químicos do solo, realizadas aos sete dias após a incorporação dos compostos orgânicos fermentados, revelou efeito significativo da dose para os nutrientes avaliados. Contudo, o pH não sofreu influência das doses aplicadas, ao contrário dos compostos fermentados, cujas médias, independentemente das dosagens, variaram de modo significativo para essa variável, com o valor de pH mais elevado com o composto representado pelo CE/GL inoculado com Kefir contra as do composto FT/TM x Embiotic® (Tabela 12).

Os teores de N e Mg do solo não apresentaram efeitos significativos do fator compostos fermentados incorporados. Também não houve interação entre os fatores composto orgânico x dose aplicada para os citados nutrientes. Já com relação aos teores de C orgânico, Ca, K e P, essa interação foi significativa. Observa-se que a formulação CE/GL x Kefir apresentou médias gerais significativamente mais elevadas, para os teores de C e para o K.

**Tabela 12.** Teores de macronutrientes em amostras de solo, sete dias após incorporação, em doses crescentes, no pré-transplante das mudas de rúcula, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.

Composto orgânico <sup>1</sup>	C	N	P	K	Ca	Mg	pH
	g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
FT/TM <sup>2</sup> x Embiotic <sup>3</sup>	10,96 b	1,43 a	101,30 a	229,15 b	3,56 a	1,27 a	6,25 b
CE/GL x Kefir	13,91 a	1,37 a	90,82 b	307,43 a	3,25 b	1,40 a	6,91 a
CV(%)	19,48	15,39	13,95	17,39	13,81	16,23	14,75

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).<sup>1</sup> Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona (produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= gliricídia (*Gliricidia sepium*) – biomassas desidratadas e moídas; <sup>3</sup> Embiotic® ou Kefir = Inoculantes microbianos.

Os desdobramentos das médias referentes aos compostos fermentados em cada uma das doses aplicadas, relacionados aos teores de C orgânico, Ca, K e P do solo, estão apresentados na Tabela 13. Para os teores de carbono e potássio, os compostos não diferiram entre si nas doses 0 e 50 kg N ha<sup>-1</sup>; nas demais doses o composto CE/GL x Kefir foi significativamente superior, no aporte de C e K.

Com referência aos teores de cálcio, com exceção da dose zero, os valores médios foram sempre maiores com o composto FT/TM x Embiotic®. Já, com respeito aos teores de fósforo, os compostos somente diferiram com doses de 200 e 400 kg N ha<sup>-1</sup>, novamente com superioridade do composto FT/TM x Embiotic®.

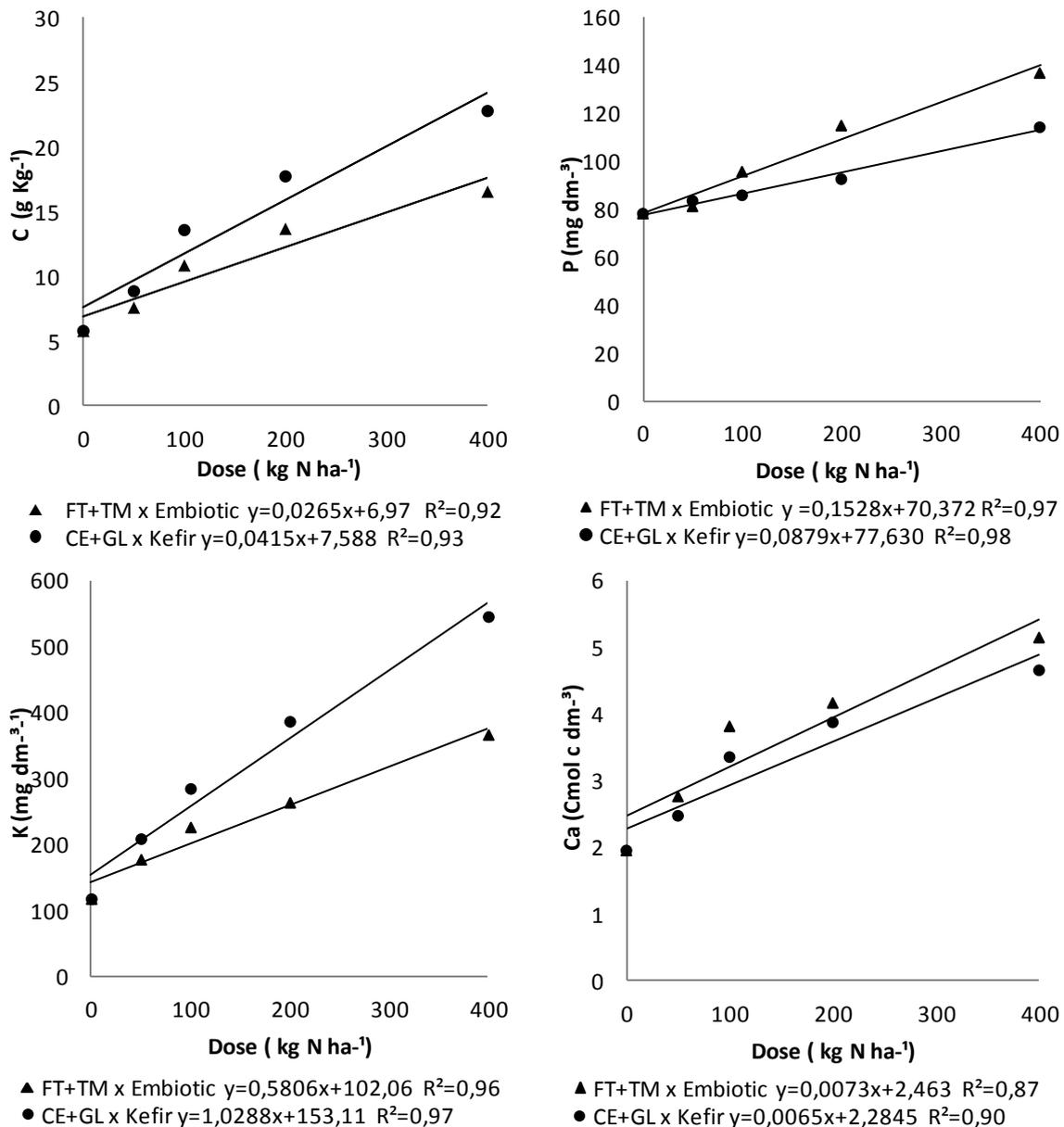
**Tabela 13.** Teores de carbono, fósforo, potássio e cálcio relativos à amostras de solo, sete dias após incorporação, em doses crescentes, na fase de pré-transplântio das mudas de rúcula, de compostos orgânicos tipo “bokashi”.

Dose ( kg N ha <sup>-1</sup> )	Composto orgânico <sup>1</sup>	
	FT/TM x Embiotic <sup>® 2</sup>	CE/GL x Kefir <sup>2</sup>
<b>C ( g kg<sup>-1</sup>)</b>		
0	5,85 A	5,85 A
50	7,65 A	8,92 A
100	10,92 B	13,65 A
200	13,75 B	17,80 A
400	16,62 B	22,85 A
<b>Média</b>	<b>10,96 B</b>	<b>13,81 A</b>
<b>P (mg dm<sup>-3</sup>)</b>		
0	78,17 A	78,17 A
50	81,10 A	83,49A
100	95,64 A	85,82 A
200	114,81 A	92,52 B
400	136,68 A	114,12 B
<b>Média</b>	<b>101,30 A</b>	<b>90,82 B</b>
<b>K (mg dm<sup>-3</sup>)</b>		
0	116,62 A	116,62 A
50	176,25 A	207,53 A
100	225,13 B	283,55 A
200	262,53 B	385,32 A
400	365,24 B	544,15 A
<b>Média</b>	<b>229,15 B</b>	<b>307,43 A</b>
<b>Ca (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>		
0	1,95 A	1,95 A
50	2,76 A	2,47 B
100	3,81 A	3,35 B
200	4,16 A	3,87 B
400	5,14 A	4,65 B
<b>Média</b>	<b>3,56 A</b>	<b>3,26 B</b>

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT= farelo de trigo, TM=torta de mamona ( produtos comerciais); CE=capim elefante, GL= glicíndia (*Gliricidia sepium*) – biomassas desidratadas e moídas; <sup>2</sup> Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

A interação entre os fatores composto orgânico x dose aplicada, quanto às análises dos teores de C, P, K e Ca, foi significativa, respondendo por um efeito linear crescente (Figura 5).

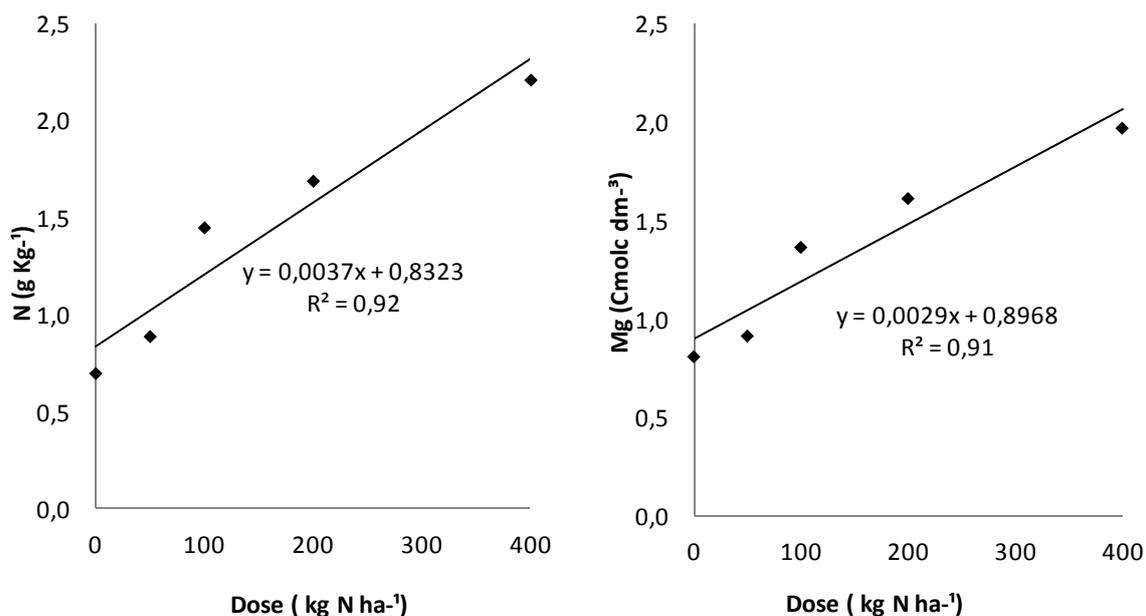
Cada kg N ha<sup>-1</sup> adicionado ao solo, na forma do composto orgânico fermentado FT/TM x Embiotic<sup>®</sup>, resultou em incremento de 0,0265 g kg<sup>-1</sup> de C; 0,0073 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, de Ca; 0,5806 mgdm<sup>-3</sup> de K; e 0,1529 mg dm<sup>-3</sup> de P. Com o composto CE/GL x Kefir, os incrementos foram da ordem de 0,0415 g kg<sup>-1</sup> de C; 0,0065 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>de Ca; 1,030 mg dm<sup>-3</sup> de K e 0,0879 mg dm<sup>-3</sup>de P.



**Figura 5.** Teores de carbono, fósforo, potássio e cálcio no solo, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos tipo “bokashi”.

\*Incubação por 21 dias a temperatura ambiente, sob condições anaeróbicas; Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; Embiotic® ou Kefir = Inoculantes microbianos.

Os teores de N e Mg do solo apresentaram resposta altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ) à incorporação dos compostos orgânicos fermentados. O efeito de doses resultou em equação linear crescente com qualquer dos compostos utilizados (Figura 6). A cada  $\text{kg N ha}^{-1}$  incorporado houve um incremento de  $0,0037 \text{ g kg}^{-1}$  de N e de  $0,0029 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg no solo (Figura 6).



**Figura 6.** Teores de nitrogênio e magnésio no solo, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos tipo “bokashi”. \*Os valores representam médias conjuntas dos dois compostos.

### 3.2.2 Avaliação do efeito da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, em doses crescentes, nos atributos biológicos do solo

A análise de variância mostrou efeitos significativos para tipo de composto orgânico utilizado e também com referências às doses aplicadas, com respeito às seguintes características: carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico ( $qCO_2$ ). Para todas estas variáveis, o composto CE/GL x Kefir proporcionou médias significativamente superiores (Tabela 14).

Com relação ao CBM, o resultado foi atribuído à incorporação de quantidades dobradas do composto orgânico de CE/GL x Kefir, com vistas à equivalência em N. Dessa forma, foi disponibilizado para a microbiota do solo maior quantidade de carbono. Resultados comparáveis foram verificados por Vaz & Gonçalves (2002) e por Rocha et al. (2004) que trabalharam com doses crescentes de lodo de esgoto aplicadas ao solo.

**Tabela 14.** Indicadores dos níveis de atividade biológica em amostras de solo, aos sete dias após incorporação, na fase de pré-transplante das mudas de rúcula, de composto orgânico tipo “bokashi”.

Composto orgânico <sup>1</sup>	CBM (mgC-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> )	RBS (mgC-CO <sub>2</sub> kg solo <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	qCO <sub>2</sub> (mg C- CO <sub>2</sub> h <sup>-1</sup> g CBM <sup>-1</sup> )
FT/TM x Embiotic <sup>®2</sup>	345,88 b	1,28 b	3,55 b
FT/GL x Kefir <sup>2</sup>	461,88 a	2,30 a	4,67 a
CV(%)	25,89	33,39	20,18

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a ( $p \leq 0,05$ ).<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; <sup>2</sup>Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

Ainda com respeito ao CBM, constatou-se efeito significativo da interação entre os fatores composto orgânico x dose aplicada.

O composto CE/GL x Kefir superou o composto FT/TM x Embiotic<sup>®</sup> com quaisquer das doses incorporadas ao solo (Tabela 15). Para ambos os compostos, a dose de 400 kg N ha<sup>-1</sup> resultou no maior valor de CBM.

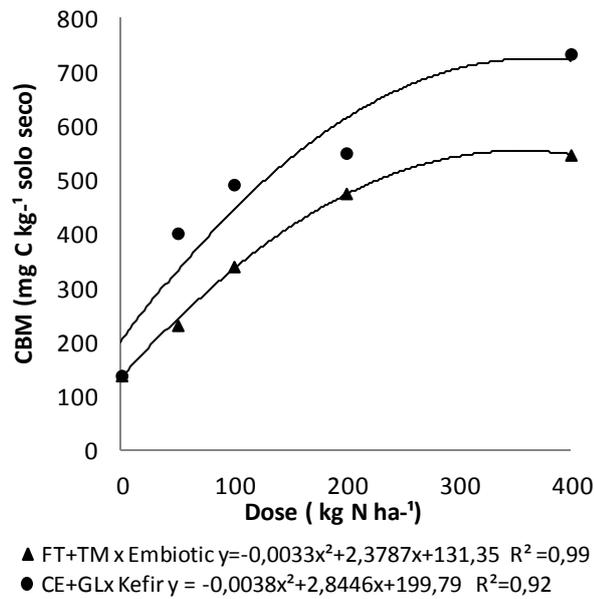
Considerando-se a média geral entre as doses de cada composto orgânico, CE/GL x Kefir superou em 34 % o FT/TM x Embiotic<sup>®</sup>. Tal resultado seria de se esperar pelo maior aporte em carbono, devido às diferenças nas quantidades incorporadas dos compostos. Essa hipótese é respaldada pela ausência de efeitos por parte do tipo de inoculante microbiano nos atributos biológicos do solo, conforme já discutido no Capítulo 1.

**Tabela 15.** Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) relativo à amostras de solo, aos sete dias após incorporação, em doses crescentes, na fase de pré-transplante das mudas de rúcula, de compostos orgânicos tipo “bokashi”.

Dose ( kg N ha <sup>-1</sup> )	Composto orgânico <sup>1</sup>	
	FT + TM x Embiotic <sup>®2</sup>	CE/GL x Kefir <sup>2</sup>
	CBM (mg C kg solo seco <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	
0	137,30 A	137,30 A
50	230,64 B	401,39 A
100	339,60 B	491,65 A
200	475,22 B	550,11 A
400	546,62 B	733,88 A
Média	345,88 B	462,86 A

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; <sup>2</sup>Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

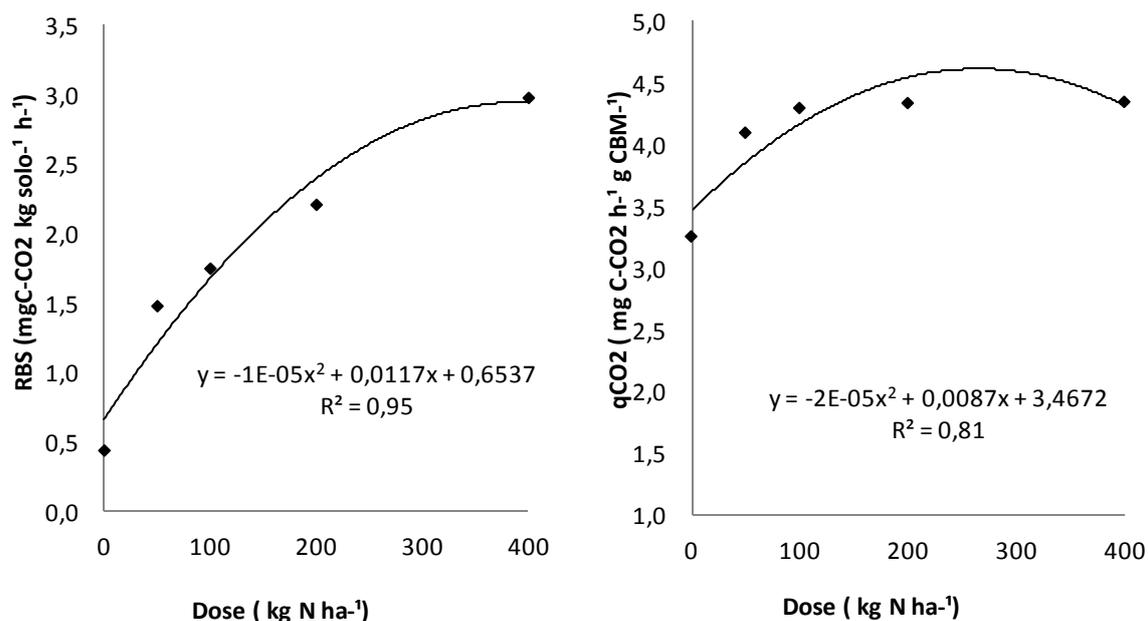
Na análise de regressão, melhores ajustes relativamente às doses aplicadas de cada composto orgânico, quanto aos valores de CBM, foram obtidos pela equação polinomial quadrática (Figura 7). Os valores máximos estimados foram de 550,00 mg C kg<sup>-1</sup> de solo seco, com a dose de 360,41 kg de N ha<sup>-1</sup> para o composto FT/TM x Embiotic<sup>®</sup> e de 732,38 mg C kg<sup>-1</sup> de solo seco com a dose de 374,30 kg de N ha<sup>-1</sup> do composto CE/GL x Kefir.



**Figura 7.** Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.

\*Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; Embiotic® ou Kefir = Inoculantes microbianos.

Os valores de respiração basal do solo (RBS) e do quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) para as diferentes doses aplicadas, independentemente do tipo de composto orgânico fermentado, também se ajustaram ao modelo polinomial quadrático ( Figura 8) obtendo –se os mais altos valores estimados para RBS de 4,42 mgC-CO<sub>2</sub> kg solo<sup>-1</sup> h na dose de 217,5 kg N ha<sup>-1</sup> e para qCO<sub>2</sub> de 4,10 mg C-CO<sub>2</sub> h<sup>-1</sup> g CBM<sup>-1</sup> na dose de 585 kg N ha<sup>-1</sup>.



**Figura 8.** Respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” \*Os valores representam médias conjuntas dos dois compostos.

### 3.2.3 Desempenho agrônômico de rúcula ‘Astro’ em função da incorporação ao solo de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” em doses crescentes

Constataram-se diferenças altamente significativas, com respeito ao desenvolvimento da rúcula ‘Astro’, sob manejo orgânico, em função do composto orgânico fermentado e de suas respectivas doses, incorporadas na fase de pré-transplântio das mudas. Foram igualmente detectadas interações estatisticamente significativas entre os fatores composto orgânico x dose aplicada com relação a todas as variáveis fitotécnicas consideradas. Independentemente do composto utilizado, houve melhorias em todos esses parâmetros. Esta influência positiva foi diretamente proporcional às doses incorporadas ao solo (Tabela 16).

O desenvolvimento vegetativo da rúcula foi sempre superior com o composto FT/TM x Embiotic®. Vidigal et al. (1997), atribuíram decréscimo em produtividade de alface à aplicação de compostos orgânicos cujas taxas de mineralização e liberação de nutrientes para as plantas não haviam sido suficientes para atender a necessidade das plantas. Resíduos vegetais com alta relação C/N, quando incorporados ao solo, provocam imobilização do nitrogênio pela microbiota presente, o que não ocorre com resíduos de baixa relação C/N (SOUZA et al., 2008). Desse modo, considerando as diferenças expressivas quanto à relação C/N dos dois compostos incluídos no estudo essas diferenças já poderiam ser esperadas.

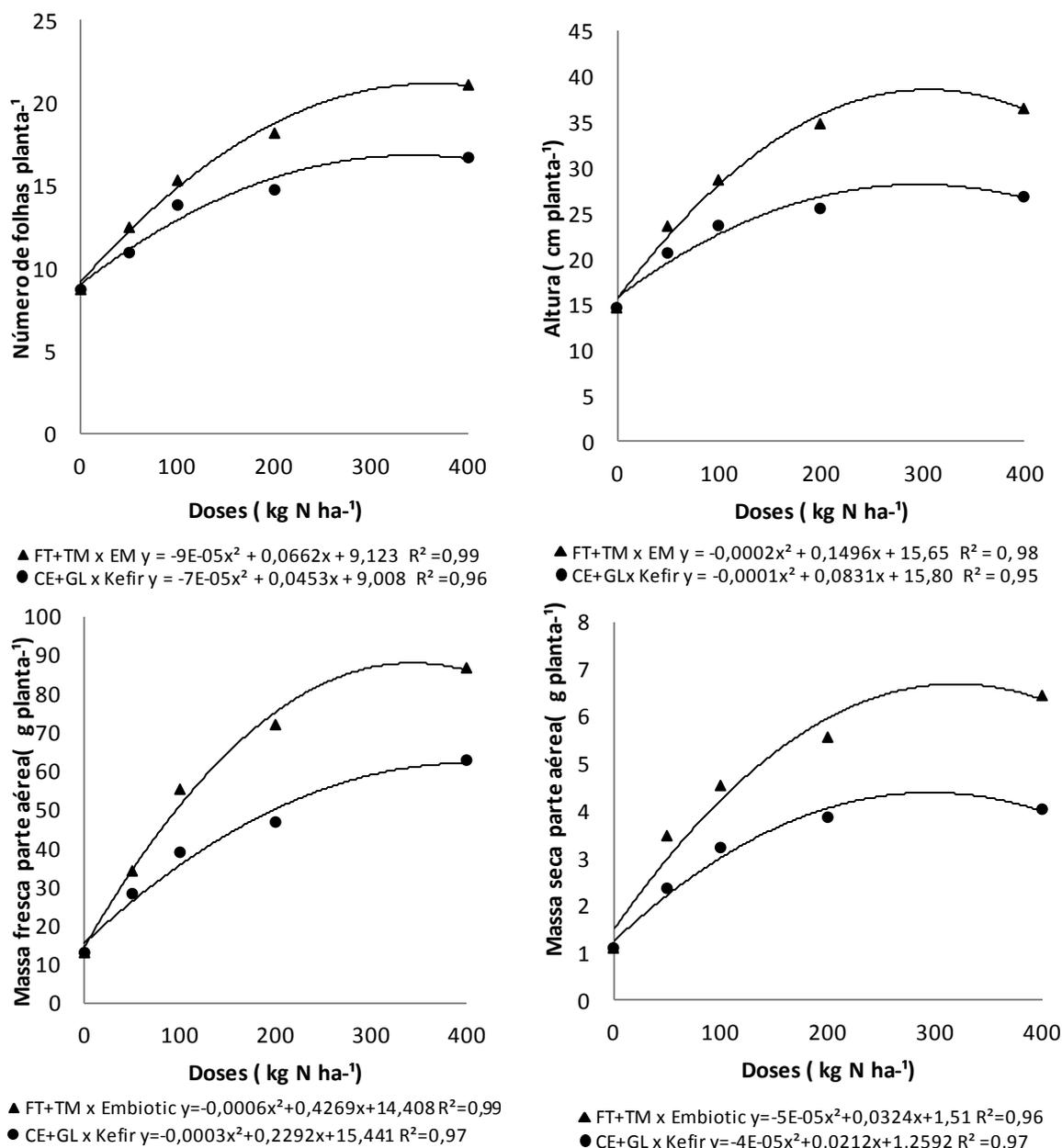
**Tabela 16:** Variáveis biológico-fitotécnicas de rúcula ‘Astro’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, em doses crescentes, na fase de pré-transplântio das mudas, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.

Dose ( kg N ha <sup>-1</sup> )	Composto organico <sup>1</sup>	
	FT/TM <sup>2</sup> x Embiotic <sup>®2</sup>	CE/GL x Kefir <sup>2</sup>
	<b>Número de folhas planta<sup>-1</sup></b>	
0	8,73 A	8,73 A
50	12,50 A	10,97 A
100	15,35 A	13,85 B
200	18,20 A	14,77 B
400	21,12 A	16,72 B
Média	15,18 A	13,09 B
CV (%)	11,80	
	<b>Altura (cm planta<sup>-1</sup>)</b>	
0	14,70 A	14,70 A
50	23,65 A	20,71 A
100	28,72 A	23,72 B
200	34,88 A	25,09 B
400	36,55 A	26,89 B
Média	27,70 A	22,22 B
CV (%)	9,16	
	<b>Biomassa fresca (g planta<sup>-1</sup>)</b>	
0	12,91 A	12,91 A
50	34,05 A	28,17 A
100	55,17 A	38,86 B
200	71,88 A	46,68 B
400	86,58 A	62,69 B
Média	52,12 A	37,68 B
CV (%)	12,27	
	<b>Biomassa seca (g planta<sup>-1</sup>)</b>	
0	1,10 A	1,10 A
50	3,47 A	2,36 B
100	4,53 A	3,22 B
200	5,55 A	3,86 B
400	6,43 A	4,03 B
Média	4,22 A	2,91 B
CV (%)	16,22	

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; <sup>2</sup>Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

Através das análises de regressão, observou-se que os valores médios entre as doses aplicadas de cada composto orgânico fermentado apresentaram melhor ajuste ao modelo polinomial quadrático, valendo para todas as variáveis fitotécnicas da rúcula incluídas no estudo (Figura 9). Estes resultados indicam que a partir de uma determinada dose, o aumento da disponibilidade de N não resulta em incremento de produção da rúcula, pelo contrário, incide em um decréscimo de produção. A diminuição de produção nas doses mais elevadas pode ter decorrido do excesso de N, mineralizado por estes dois compostos fermentados. De acordo com Trani et al. (1994), a rúcula é muito responsiva à adubação nitrogenada, uma vez que o nitrogênio se encontra associado a vários componentes celulares e processos fisiológicos nas plantas, no entanto, adubação nitrogenada excessiva é prejudicial a planta.

Estimaram-se os máximos valores por planta, pertinentes à formulação FT/TM x Embiotic<sup>®</sup>, em 21,30 de número de folhas, altura de 43,63 cm, massa fresca de 90,34 g e massa seca de 6,76 g, com as doses equivalentes a, respectivamente: 367,78; 323,57; 355,75 e 324,00 kg de N ha<sup>-1</sup>. Relativamente ao composto orgânico CE/GL x Kefir, os valores-teto por planta foram de 16,33 folhas, 33,07 cm de altura, 59,14 g de massa fresca da parte aérea e 4,07 g de massa seca da parte aérea, referentes à aplicações estimadas em, respectivamente: 374,00, 415,50, 382,00 e 265,00 kg de N ha<sup>-1</sup>.



**Figura 9.** Número de folhas, altura, massa fresca e massa seca da folhagem por planta de rúcula ‘Astro’, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.

\*Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e glicírdia (*Glicírdia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; Embiotic® ou Kefir = Inoculantes microbianos.

As médias gerais das doses aplicadas, referentes ao acúmulo de nutrientes nas folhas de rúcula, também diferiram em função do tipo de composto orgânico incorporado ao solo. Com exceção dos teores em N, mais elevados no composto FT/TM x Embiotic®, aqueles concernentes aos macronutrientes K, Ca e Mg foram superiores nas plantas das parcelas tratadas com o composto CE/GL x Kefir, não se constatando diferenças significativas entre os tipos de compostos com respeito ao P (Tabela 17).

Considerando, novamente, as médias gerais das doses aplicadas de cada um dos compostos orgânicos, registraram-se teores de N, P, K e Ca nos tecidos foliares da rúcula

compatíveis com os índices desejáveis, conforme assinalados por Furlani (2004). Apenas com relação ao Mg, os valores não alcançaram os níveis tidos como adequados.

O composto orgânico CE/GL x Kefir proporcionou incrementos superiores aos do composto FT/TM x Embiotic<sup>®</sup> da ordem de 13,80 % de P; 20,44% de K; 21,36 % de Ca e 19,58 % de Mg na folhagem da rúcula colhida. Entretanto, nas plantas que receberam o composto FT/TM x Embiotic<sup>®</sup> o teor de N foliar aumentou em cerca de 29,00% em comparação ao outro composto orgânico. Essa expressiva diferença de fertilização nitrogenada certamente contribuiu para o maior desenvolvimento vegetativo da hortaliça.

**Tabela 17.** Teores de macronutrientes na massa seca da parte aérea de rúcula ‘Astro’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo de composto orgânico fermentado tipo “bokashi”.

Composto Orgânico <sup>1</sup>	N	P	K	Ca	Mg
	g kg <sup>-1</sup>				
FT/TM x Embiotic <sup>®2</sup>	39,70 a	6,09 a	76,46 b	18,07 b	4,34 b
CE/GLxKefir <sup>2</sup>	30,88 b	6,93 a	92,02 a	21,93 a	5,19 a
CV(%)	13,86	15,13	17,11	12,78	15,59

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; <sup>2</sup>Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

. Os dados obtidos demonstraram efeitos positivos da interação composto orgânico x dose aplicada para os teores de N acumulados no tecido foliar da rúcula. Nas doses de 100, 200 e 400 kg N ha<sup>-1</sup> a combinação FT/ TM x Embiotic<sup>®</sup> proporcionou teores significativamente mais altos do nutriente nas folhas (Tabela 18).

**Tabela 18.** Teores de N na massa seca da parte aérea de rúcula ‘Astro’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, em doses crescentes, de composto orgânico fermentado tipo “bokashi”.

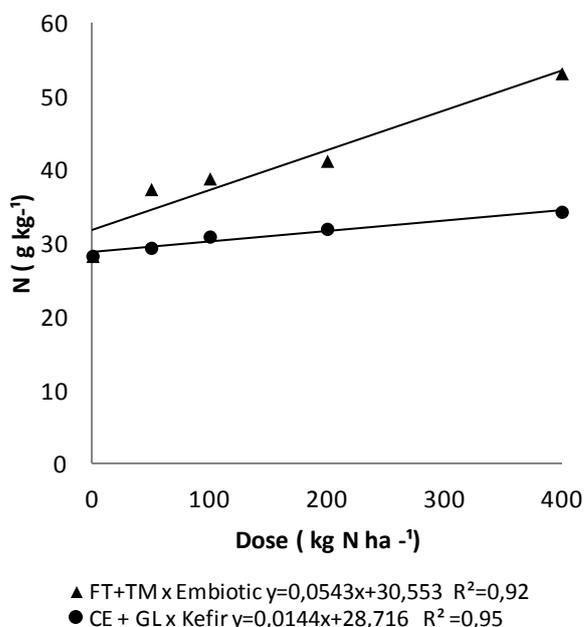
Dose (kg N ha <sup>-1</sup> )	Composto orgânico <sup>1</sup>	
	FT/TM <sup>2</sup> x Embiotic <sup>®2</sup>	CE/GL x Kefir <sup>2</sup>
N (g kg <sup>-1</sup> )		
0	28,20 A	28,20 A
50	37,30 A	29,29 A
100	38,75 A	30,82 B
200	41,15 A	31,87 B
400	53,07 A	34,20 B
Média	39,70 A	30,88 B

Médias seguidas de letras iguais linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; <sup>2</sup>Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

Os teores de N foliar, em função das doses de cada composto fermentado, se ajustaram melhor ao modelo de regressão linear (Figura 10). Cada kg de N ha<sup>-1</sup> adicionado representou

incrementos de 0,0543 e de 0,0144 g de N kg<sup>-1</sup> de massa seca da parte aérea de rúcula, respectivamente para os compostos FT/TM x Embiotic<sup>®</sup> e CE/GL x Kefir.

O menor acúmulo de N nas folhas de rúcula com o composto orgânico fermentado CE + GL x Kefir pode ser relacionado à menor disponibilidade de N no solo, em função da maior relação C/N desse composto orgânico, proporcionando a liberação de nutrientes para o solo de forma mais lenta.

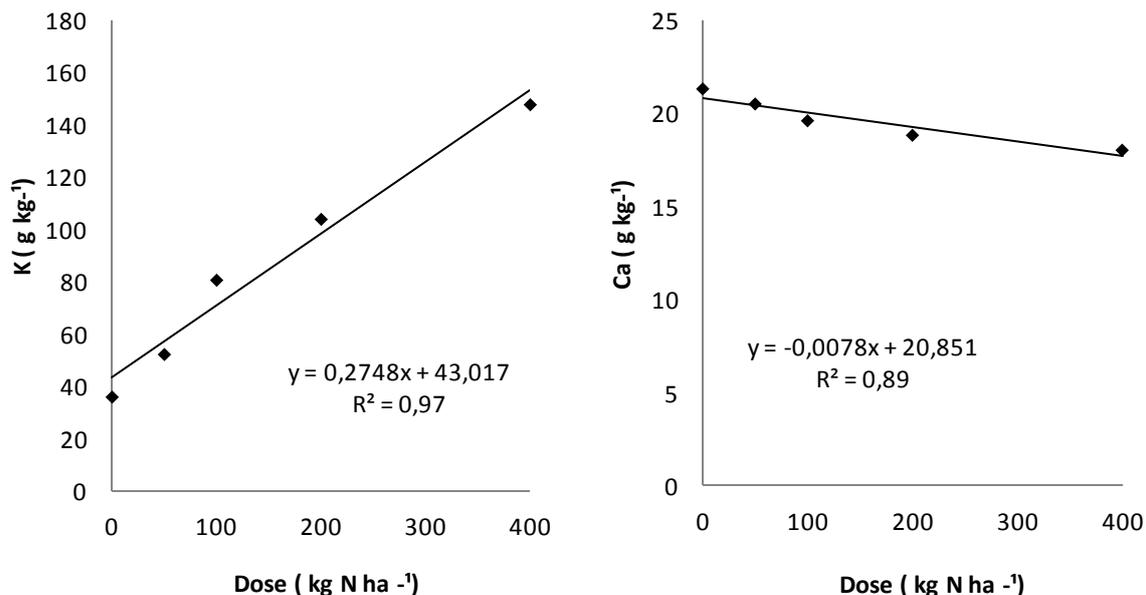


**Figura 10.** Teores de N na matéria seca da parte aérea de rúcula ‘Astro’ em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”. \*Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

No que se refere aos teores de K e Ca na parte aérea das plantas (massa seca), os resultados mostraram efeitos significativos para doses, independentemente do composto orgânico. Porém, não houve significância para a interação dose x composto orgânico.

Os teores de K foliar ajustaram-se ao modelo linear crescente e para o Ca de forma decrescente, em função do incremento das doses aplicadas (Figura 11). Diem & Godbold (1993) relataram que níveis elevados de K na solução do solo favorecem seu acúmulo nos tecidos foliares, promovendo, simultaneamente, decréscimo nos teores de Ca e Mg, resultados estes comparáveis aos do presente estudo.

De acordo com as equações, para cada kg N ha<sup>-1</sup> incorporado ao solo, o teor de K nas folhas de rúcula aumentou em 0,2748 g kg<sup>-1</sup>, enquanto o teor de Ca decresceu na ordem de 0,0078 g kg<sup>-1</sup>.



**Figura 11.** Teores de K e Ca na massa seca da parte aérea de rúcula ‘Astro’, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”. \*Os valores representam médias conjuntas dos dois compostos.

### 3.2.4- Desempenho agrônômico da alface ‘Vera’ cultivada em sucessão à rúcula, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” em doses crescentes

Verificaram-se efeitos isolados, tanto dos compostos orgânicos quanto das doses aplicadas, sobre os atributos químicos do solo, em decorrência das incorporações efetuadas durante o cultivo prévio da rúcula. Apenas com relação aos teores de cálcio não houve diferenças significativas entre os dois compostos orgânicos (Tabela 19).

Considerando as médias gerais entre as doses, o composto CE/GL x Kefir mostrou maior efeito residual no solo, indicando que com FT/TM x Embiotic<sup>®</sup>, ocorreu extração mais efetiva de macroelementos pela rúcula. Possivelmente, tal diferença foi devido à maior taxa de mineralização dos insumos industriais, assim diminuindo, em consequência, seu efeito residual no solo.

**Tabela 19.** Teores de macronutrientes e valores de pH do solo, após colheita da rúcula, em função da incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.

Composto Orgânico <sup>1</sup>	C ----g kg <sup>-1</sup> ---	N	P ---mg dm <sup>-3</sup> ---	K	Ca ---- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---	Mg	pH
FT/TM x Embiotic <sup>®</sup>	6,43 b	0,82 a	113,10 a	84,84 b	2,24 a	0,86 b	6,28 b
CE/GL x Kefir <sup>2</sup>	7,10 a	0,88 a	102,63 a	145,14 a	2,29 a	0,95 a	6,87 a
CV(%)	11,84	12,85	17,10	24,37	6,12	13,33	2,14

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; <sup>2</sup>Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

Os teores de K do solo foram significativamente influenciados pela interação composto orgânico x dose aplicada. Os desdobramentos das doses referentes a cada composto utilizado constam na Tabela 20. Os teores desse macronutriente foram superiores nas parcelas correspondentes ao composto CE/GL x Kefir.

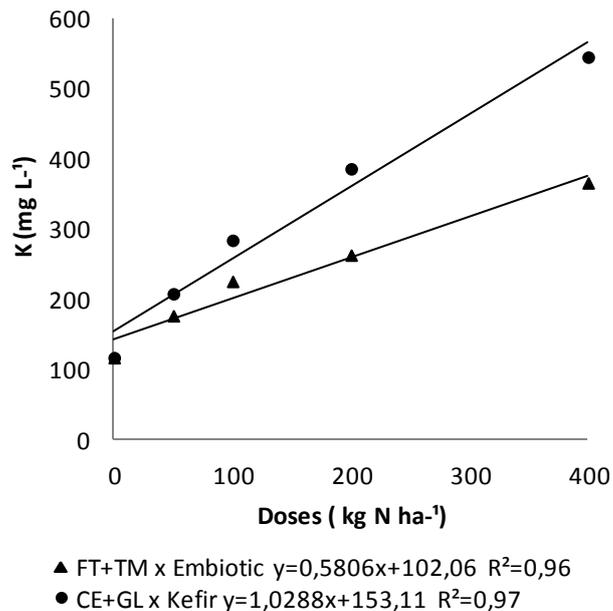
A partir da dose de 100 kg N ha<sup>-1</sup>, os teores de K do composto CE/GL x Kefir superaram, de modo significativo, aqueles relativos ao composto FT /TM x Embiotic<sup>®</sup>. Com as doses de 200 e 400 kg N ha<sup>-1</sup>, as diferenças entre os dois compostos chegaram a duplicar.

**Tabela 20.** Teores de K no solo, após colheita da rúcula, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.

Dose ( kg N ha <sup>-1</sup> )	Composto orgânico <sup>1</sup>	
	FT/TM x Embiotic <sup>®</sup>	CE/GL x Kefir
K (mg dm <sup>-3</sup> )		
0	67,13 A	67,13 A
50	78,12 A	113,32 A
100	80,54 B	133,54 A
200	83,23 B	161,18 A
400	115,14 B	250,52 A
Média	84,84 B	145,14 A

Médias seguidas de letras iguais nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

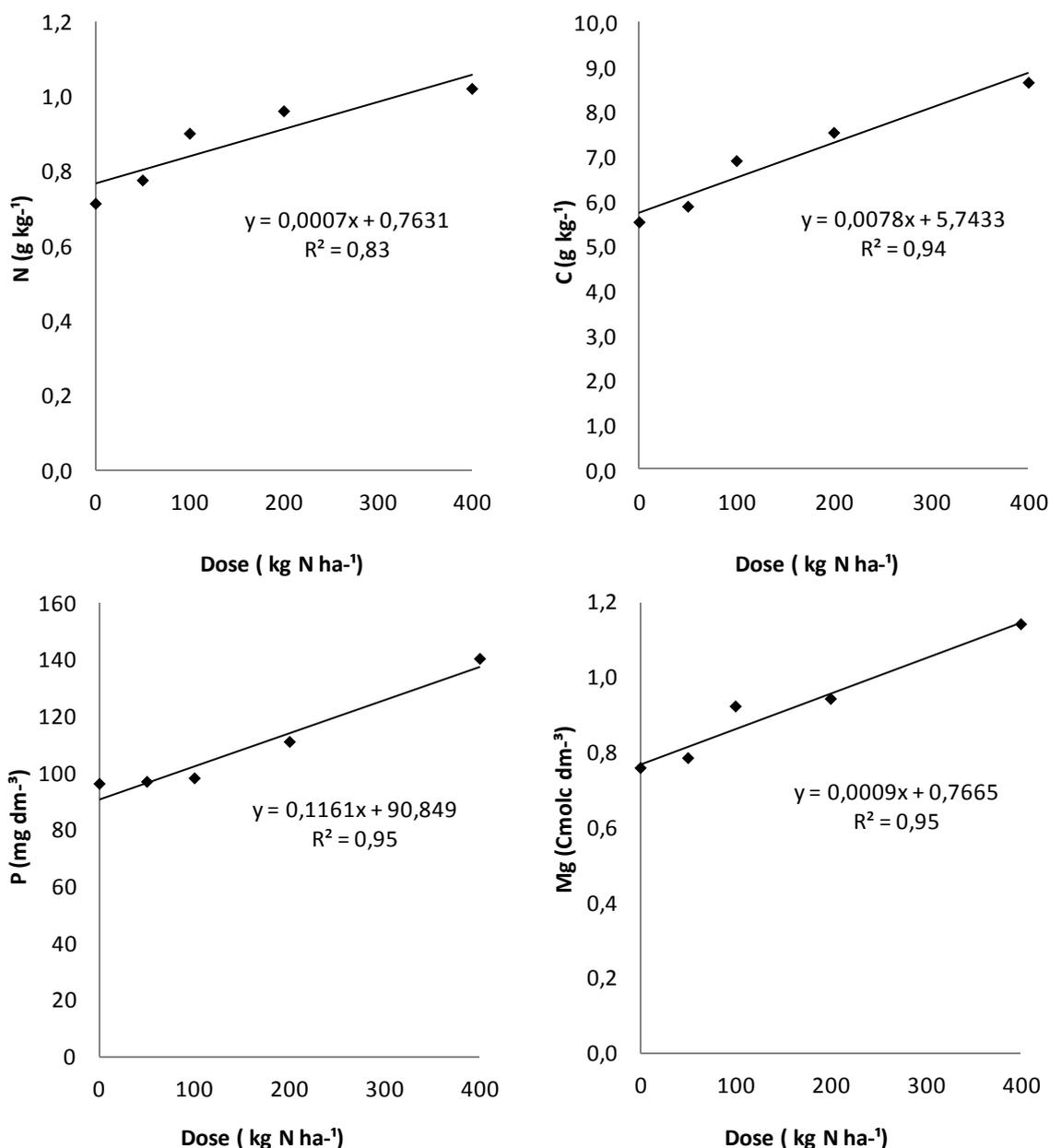
Na análise de regressão, os teores de K do solo, sob efeito residual da incorporação dos compostos fermentados tipo “bokashi”, na prévia cultura da rúcula, se ajustaram ao modelo linear (Figura 12). Cada kg de N ha<sup>-1</sup> adicionado representou incrementos no solo da ordem 0,4261 mg dm<sup>-3</sup> de K com o composto CE /GL x Kefir e de 0,1104 mg dm<sup>-3</sup> de K com o FT /TM x Embiotic<sup>®</sup>.



**Figura 12.** Teores de K no solo, após colheita da rúcula, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.

\*Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; Embiotic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

Com relação aos teores de C, N, P e Mg do solo, não houve significância na comparação entre os dois compostos orgânicos. Por outro lado, houve significância com respeito às doses aplicadas, independentemente do tipo de composto. De acordo com as equações lineares (Figura 13), para cada kg N ha<sup>-1</sup> adicionado os ganhos gerados foram da ordem de 0,0078 g kg C, 0,0007 g kg N, 0,1161 mg dm<sup>-3</sup> de P e 0,0009 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg.



**Figura 13.** Teores de C, N, P e Mg no solo, após colheita da rúcula, em função da incorporação, em doses crescentes, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”.

\*Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; Embiotic® ou Kefir = Inoculantes microbianos.

As doses aplicadas dos compostos orgânicos, nas plantas de rúcula, influíram de maneira altamente significativa no desenvolvimento da cultura subsequente de alface, com base nas variáveis biológico-fitotécnicas avaliadas. Não foi possível detectar qualquer efeito da interação composto orgânico x dose aplicada. Villas Bôas et al. (2004), avaliando o efeito residual de compostos orgânicos produzidos a partir de diferentes materiais, igualmente demonstraram diferenças nos índices de produtividade da alface promovidas em função das respectivas doses incorporadas ao solo.

Apesar de não terem sido constatadas diferenças significativas, os resultados evidenciaram melhorias mais acentuadas no desempenho agrônomo da alface em consequência do efeito residual da incorporação do composto CE/GL x Kefir em comparação com o composto FT/TM x Embiotic® (Tabela 21).

Muito possivelmente, as diferenças reveladas estão relacionadas a uma disponibilização mais lenta e gradual dos nutrientes pelo composto CE/GL x Kefir quando comparado ao composto FT/TM x Embiotic®, considerando que a relação C/N deste último é cerca de duas vezes menor. Efeitos residuais positivos no rendimento da alface foram também constatados por Santos et al. (2001), através de estudos nos quais a incorporação de composto orgânico havia sido efetivada com antecedência de 80 a 110 dias da colheita da hortaliça.

Smith & Hadley (1989), citados por Santos (2001), já haviam assinalado que parte do N, presente em adubos orgânicos, comumente resiste a uma rápida mineralização e, por consequência, é disponibilizado para culturas em rotação numa mesma área. Marchesini et al. (1988) enfatizaram que incrementos em produtividade proporcionados pelos fertilizantes orgânicos inferem maior persistência, provavelmente pela liberação mais compassada de nutrientes, a par do estímulo ao crescimento radicular. Estes últimos autores citados concluíram, ainda, que o uso de compostos orgânicos contribuiu para manter a fertilidade natural do solo dependentes da ciclagem biológica dos nutrientes nas áreas cultivadas, assim prevenindo sua exaustão.

**Tabela 21:** Variáveis biológico - fitotécnicas de alface 'Vera', sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de rúcula 'Astro', de compostos orgânicos tipo 'bokashi' em doses crescentes.

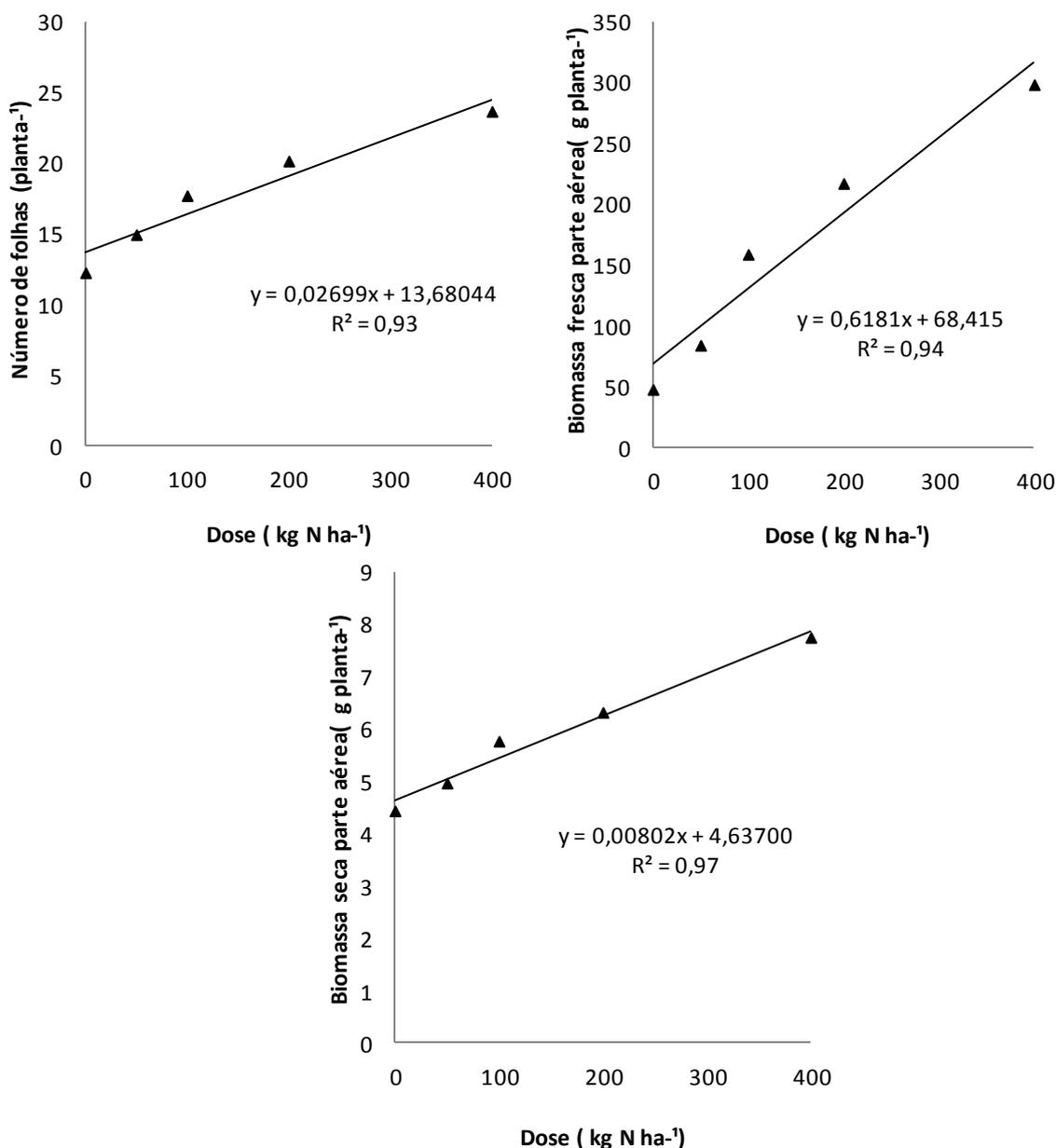
Composto orgânico <sup>1</sup>	Número de folhas planta <sup>-1</sup>	Massa fresca (g planta <sup>-1</sup> )	Massa seca (g planta <sup>-1</sup> )
FT/TM <sup>2</sup> x Embiotic® <sup>2</sup>	17,42 a	158,11 a	6,07 a
CE/GL x Kefir <sup>2</sup>	18,04 a	164,14 a	6,83 a
CV(%)	9,45	17,44	16,17

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N=40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas;<sup>2</sup> Embiotic® ou Kefir = Inoculantes microbianos.

Efeitos lineares, concernentes às doses crescentes dos compostos orgânicos, foram reveladas quanto aos seguintes parâmetros relacionados ao crescimento vegetativo da alface em sucessão à rúcula: número de folhas por planta, massa fresca e massa seca de parte (Figura 13). O incremento nas doses de nitrogênio, ao proporcionar maior disponibilidade do nutriente às plantas, estimulou o potencial produtivo da alface. Silva et al. (2010), estudando o efeito residual de doses de diferentes compostos orgânicos, como fontes de N, igualmente verificaram ganhos lineares quanto às massas fresca e seca da parte aérea da alface, diretamente proporcionais ao incremento dessas doses.

A cultura da alface responde bem ao fornecimento de N, nutriente que requer manejo especial quanto à adubação. A deficiência de N retarda o crescimento das plantas e as folhas tornam-se amareladas. No presente estudo, observou-se clorose nas folhas apenas no tratamento que não recebeu adubação no pré-cultivo da rúcula, e na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de ambos compostos fermentados.



**Figura 14.** Número de folhas, biomassa fresca e biomassa seca da parte aérea de alface ‘Vera’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de rúcula ‘Astro’, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” em doses crescentes. \*Os valores representam médias conjuntas dos dois compostos.

No que se refere aos teores de macronutrientes na massa seca da folhagem de alface, não foram observadas diferenças significativas entre os dois compostos orgânicos fermentados (Tabela 22). Todavia, os teores de N, P e Mg foram significativamente influenciados pelas doses aplicadas, ao passo que os teores de K e Ca não foram afetados nem pelo tipo de composto nem pelas doses crescentes dos mesmos.

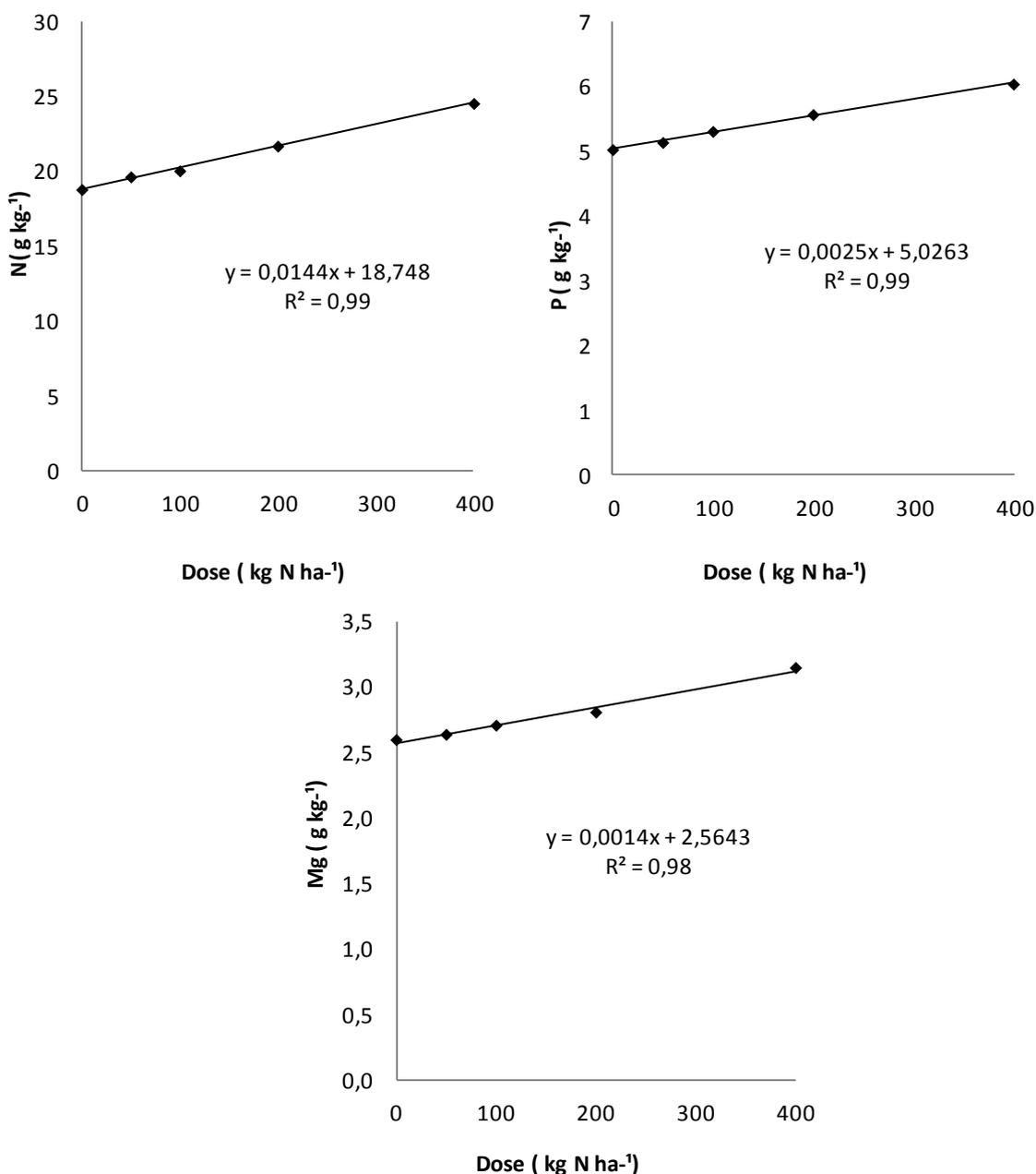
Com exceção do Mg, os teores acumulados de N, P, K e Ca nas folhas da alface, em função do efeito residual dos compostos orgânicos incorporados no pré-cultivo de rúcula, enquadraram-se nos limites considerados adequados em termos nutricionais no caso de hortaliças (FURLANI, 2004).

**Tabela 22.** Teores de macronutrientes na massa seca da parte aérea de alface ‘Vera’, sob cultivo orgânico, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de rúcula ‘Astro’, de compostos orgânicos tipo “bokashi” em doses crescentes.

Composto orgânico <sup>1</sup>	N	P	K	Ca	Mg
	g kg <sup>-1</sup>				
FT/TM x Embiotic <sup>®2</sup>	20,74	5,39	56,00	12,36	2,85
CE/GL x Kefir <sup>2</sup>	22,03	5,21	60,87	13,53	2,69
CV(%)	10,32	11,45	23,73	7,60	11,37

<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca (fontes: C=60%, N =40%); FT/TM= farelo de trigo e torta de mamona (produtos comerciais); CE/GL=capim elefante e gliricídia (*Gliricidia sepium*)-biomassas desidratadas e moídas; <sup>2</sup>Embionic<sup>®</sup> ou Kefir = Inoculantes microbianos.

As variações médias dos dois compostos orgânicos, relacionadas aos teores foliares de N, P e Mg da alface, cultivada em sucessão à rúcula, revelaram tendência linear positiva por consequência do aumento das doses aplicadas ao solo na lavoura antecedente (Figura 14). Houve independência relativamente ao tipo de composto utilizado, sendo que os acréscimos em valores médios situaram-se em 0,0144 g kg<sup>-1</sup> de N; 0,0025 g kg<sup>-1</sup> de P e 0,0014 g kg<sup>-1</sup> de Mg para cada kg de N ha<sup>-1</sup> adicionado.



**Figura 15.** Teores de N, P e Mg na massa seca da parte aérea de alface ‘Vera’, em função da incorporação ao solo, no cultivo antecedente de rúcula ‘Astro’, de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” em doses crescentes. \*Os valores representam médias conjuntas dos dois compostos.

Vidigal et al. (1995) registraram efeitos residuais de composto orgânico em até três cultivos sucessivos, nos quais os teores de macronutrientes mantiveram níveis satisfatórios nos tecidos foliares. Resende et al. (2007), por seu turno, destacaram a importância da sucessão de cultivos em sistemas orgânicos de produção, recomendando a opção por hortaliças folhosas como rúcula e alface, passíveis de serem cultivadas em rotação numa mesma área sem necessidade de reposição de adubação orgânica, fato confirmado pelos dados relativos ao aqui registrados.

## 4 CONCLUSÕES

1. A incorporação de compostos orgânicos fermentados tipo ‘bokashi’, obtidos a partir de diferentes pares de resíduos de origem vegetal, promove melhorias significativas nos atributos químicos e biológicos do solo;
2. O desempenho agrônômico da alface crespa ‘Vera’ é positivamente influenciado pela incorporação ao solo, na fase de pré - transplântio das mudas, de qualquer das combinações estudadas dos compostos orgânicos fermentados tipo ‘bokashi’;
3. A incorporação ao solo dos compostos orgânicos antes da cultura da alface não proporciona efeitos residuais significativos, a julgar pela ausência de respostas da rúcula, subseqüentemente cultivada na mesma área;
4. Sob condições de campo, atributos químicos e biológicos do solo não sofrem influência dos inoculantes microbianos (Embionic<sup>®</sup> ou Kefir), utilizados na fermentação dos compostos orgânicos, ambos os quais igualaram-se aos tratamentos não inoculados quanto ao potencial de uso como fertilizantes orgânicos;
5. Dependendo da dose de compostos orgânicos tipo ‘bokashi’ aplicada em pré-cultivo, a rúcula pode responder positivamente, em termos de desempenho agrônômico;
6. A cultura da alface pode beneficiar-se do efeito residual da incorporação ao solo de compostos orgânicos fermentados tipo ‘bokashi’, em proporção direta às doses empregadas no pré-cultivo de rúcula;
7. Em linhas gerais, a eficácia dos compostos orgânicos fermentados tipo ‘bokashi’, incorporados ao solo como fertilizantes orgânicos, depende da dose aplicada e sua composição química, com base nas fontes de carbono e nitrogênio empregadas;
8. Formulações baseadas em resíduos orgânicos produzidos *in situ*, por meio da desidratação e moagem de biomassas obtidas do corte de gramíneas e leguminosas, demonstram potencial de substituir compostos baseados na aquisição de produtos farelados agroindustriais na obtenção de fermentados tipo ‘bokashi’ para fins de fertilização de hortaliças (alface e rúcula) em sistema agroecológico de produção.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos traçados para o estudo foram cumpridos, com a obtenção de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi”, a partir da utilização de diferentes resíduos vegetais combinados e tratados com diferentes inoculantes microbianos (Embiotic® ou Kefir) para o processo fermentativo, ou mesmo sem prévia inoculação, para a finalidade de fertilização orgânica de hortaliças.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que é possível substituir o farelo de trigo e a torta de mamona, rotineiramente utilizados nas formulações tradicionais de compostos tipo “bokashi”, por outros resíduos vegetais que podem ser produzidos na própria unidade de produção, tais como a gliricídia, o capim elefante e o bagaço de cana-de-açúcar, entretanto, os compostos obtidos apresentam menores teores de nitrogênio e menor velocidade de disponibilização do mesmo, o que pode reduzir sua eficiência como fertilizante orgânico visando o fornecimento de N para culturas de ciclo curto e exigentes nesse nutriente. Dessa forma, importância especial deve ser direcionada a estudos voltados a ajustes nas proporções de carbono e de nitrogênio, considerando especificamente cada resíduo vegetal, a fim de diminuir a relação C:N dos compostos fermentados, principalmente daqueles constituídos por capim elefante e gliricídia, que constitui numa alternativa promissora, por ser consistir numa fonte efetiva de N, e também de potássio e, principalmente no que se concerne ao aproveitamento do efeito residual da adubação por cultivos sucessivos.

A substituição do inoculante comercial Embiotic® por Kefir, ou a não utilização de qualquer inoculante em formulações de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” se mostrou viável. No entanto, é importante destacar que este trabalho não estudou o efeito da inoculação sobre a composição da população microbiana dos compostos obtidos. Nesse contexto, caminhos futuros para o avanço das pesquisas relacionadas a compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” tendem para a necessidade de estudos voltados à caracterização do perfil fermentativo dos compostos, bem como a identificação da comunidade microbiana presente em cada formulação, o que poderão contribuir para elucidar o papel do “bokashi” como um “ativador da microbiota do solo”.

Outro ponto que necessita de atenção e maiores pesquisas seria quanto ao estudo de concentrações e volumes do sobrenadante Kefir como inoculante microbiano, atuando no processo de fermentação dos compostos, o que poderia contribuir para a obtenção de um composto orgânico fermentado mais ativo microbiologicamente.

Verificou-se, no decorrer do presente estudo, certa dificuldade de ordem prática, principalmente com referência à secagem, armazenamento e trituração da biomassa vegetal utilizada como matéria prima para a elaboração dos compostos fermentados, o que requer galpão espaçoso e um moinho apropriado para grandes volumes. Outra dificuldade consiste na necessidade de reservar área para o estabelecimento de bancos de biomassa para a produção constante das matérias-primas vegetais. No entanto, se organizada em associações de agricultores orgânicos, tais limitações podem ser contornadas e a produção de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” poderá contribuir para aumentar as possibilidades da fertilização das culturas nos sistemas orgânicos de produção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; GUERRA, J.G.M. Sistema Integrado de Produção Agroecológica: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003, 37p. (Embrapa CNPAB. Documentos, 169).

ALMEIDA, M.M.T.B. Fertilizantes de leguminosas: tecnologia inovadora de adubação verde para provisão de nitrogênio em sistemas orgânicos de produção. 2007. 83p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2007.

ALMEIDA, M.M.T.B. Fertilizantes de leguminosas: autossuficiência de nitrogênio em sistemas orgânicos de produção. 2012. 145 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica- RJ, 2012.

ALMEIDA, M.M.T.B.; LIXA, A.T.; SILVA, E.E.; AZEVEDO, P.H.S.; DE-POLLI, H; RIBEIRO, R.L.D. Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.6, p.675-682, 2008.

ALTIERI, M. A. Agricultura Sustentável, Jaguariúna, v.2, n.2, p.5-11, 1995.

AMLINGER, F.; GÖTZ, B.; DREHER, P.; GESZTI, J.; WEISSTEINER, C. Nitrogen in biowaste and yard waste compost: dynamics of mobilisation and availability: a review. European Journal of Soil Biology, v.39, n.3, p.107-116, 2003.

ANDERSON, T.H; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (qCO<sub>2</sub> and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. Soil Biology and Biochemistry, v.22, p.251-255, 1990.

ANDRADE, F.M.C.; BONFIM, F.P.G.; HONÓRIO, I.C.G.; REIS, I. L.; PEREIRA, A.J.; SOUZA, D. B. Caderno dos microrganismos eficientes (EM) - Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Universidade Federal de Viçosa (Comunicado Técnico). 2011, 32p.

ANDRADE, F.M.C.; BONFIM, F.P.G.; HONÓRIO, I.C.G.; REIS, I. L.; PEREIRA, A.J.; Souza, D. B. Caderno dos microrganismos eficientes (EM) - Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Universidade Federal de Viçosa (Comunicado Técnico). 2011, 32p.

ARAÚJO, W.F.; SOUSA, K.T.S.; VIANA, T.V. A.; AZEVEDO, B.M.A.; BARROS, M.M.; MARCOLINO, E. Resposta da alface à adubação nitrogenada. Revista Agroambiente , v. 5, n. 1, p. 12-17, 2011.

BIOTECH BRASIL: Biotecnologia pode impulsionar a produção de álcool no Brasil. 10/08/2006. Disponível em: <<http://www.biotechbrasil.bio.br>>. Acesso em: 10/06/2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução nº 05, de 13 de novembro de 2000. Dispõe sobre inspeção de alimentos de origem animal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 de novembro 2000.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dez. 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 de dezembro de 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.17, de 21 de maio de 2007. Aprova os métodos analíticos oficiais para análise de substratos e condicionadores de solos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 maio. 2007. Seção 1, p.8.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 19, de 28 de maio de 2009. Institui os mecanismos de controle e informação da qualidade orgânica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 de maio 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46, de 06 de outubro de 2011. Estabelece o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal, bem como as listas de substâncias permitidas para uso nos sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 de outubro de 2011.

BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G. & JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, v.17, p.837-842, 1985.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A.; GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com a adição de resíduos de origem urbana. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, p. 1529–1538, 2001.

CANELLAS, L.P.; BUSATO, J.G.; CAUME, D.J. O uso e manejo da matéria orgânica humificada sob a perspectiva da agroecologia. In: CANELLAS, L.P. & SANTOS, G.A. (Ed). *Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas*. Universidade Estadual Norte Fluminense; Campos dos Goytacazes, p. 244-267, 2005.

CARRASCAL, T.C. Fluxos e informações na economia solidária – Comercialização e certificação participativa. IBASE - Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas. Rio de Janeiro, 2011. 30p.

CARVALHO FILHO, O.M.; DRUMOND, M.A.; LANGUIDEY, P.H. *Gliricidia sepium* - leguminosa promissora para regiões semi-áridas. Petrolina: Embrapa Semiárido, 1997. 17 p. (Embrapa CPATSA. Circular Técnica, 35)

CARVALHO, J.F. Avaliação de cultivares de feijão-caupi e feijão-vagem arbustivo em sistema orgânico de produção. 2012. 85 p. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes-RJ.

CASTRO, C. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; CARVALHO, J. F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, p.495-502, 2005.

CHEN, T.H.; WANG, S.Y.; CHEN, K.N.; LIU, J.R.; CHEN, M.J. Microbiological and chemical properties of kefir manufactured by entrapped microorganisms isolated from kefir grains. *Journal of Dairy Science*, v. 92, p. 3002-3013, 2009.

CONCEIÇÃO, R.B. Caracterização do processo fermentativo e da microbiota envolvida na produção do kefir de água. Dissertação (Mestrado profissional em Agricultura orgânica). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012. 79 p.

CORALES, R.G.; HIGA, T. Rice production with effective microorganisms: impact on rice and soil. In: Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming. Christchurch Polytechnic, Christchurch, New Zealand. 2002. p.72 -76.

CRISPIM, J.E.; VIEIRA, S.A. Cana-de- açúcar: boa alternativa agrícola e energética para a agricultura nacional, 2004. Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br/trabcana.1.htm>> Acesso em 21 maio 2011.

DA LUZ, L.A. Dinâmica do carbono durante a decomposição de palha de trigo marcada com <sup>13</sup>C e dejetos líquidos de suínos. 2007. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

DIEM, B.; GODBOLD, D.L. Potassium, calcium and magnesium antagonism in clones of *Populus trichocarpa*. Plant and Soil, v.155/156, p.411-414, 1993.

EHLERS, E. Agricultura sustentável: Origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: Livros da Terra, 1996. 178p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.P; ALVAREZ, V. H. ; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) Fertilidade do solo. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (Org.). Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.147-172, 2005.

ESPÍNDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L. ; MENEZES, E.L.A.; GUERRA, J.G.M; NEVES, M.C.P; FERNANDES, M.C. A.; RIBEIRO, R.L.D.; ASSIS, R.L.; PEIXOTO, R.T.G. Boas práticas de produção orgânica vegetal na agricultura familiar. In: Neto, F.N.(Org). Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p.117-128.

FERREIRA, D.F. 2003. Sistemas de análise estatística para dados balanceados. Lavras: Universidade Federal de Lavras - UFLA /DEX/SISVAR, 145p.

FERREIRA, M.E.; CASTELANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. Nutrição e adubação de hortaliças. São Paulo: POTAFOS, 1993. 480 p.

FONSECA, A.C.O. Horticultura orgânica: avanços tecnológicos Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. 110 p.

FONSECA, A.C.O. Viabilidade de substratos orgânicos e NPK na cultura do amendoimzeiro (*Arachis hypogaea* L.) em um Latossolo do Recôncavo Baiano. 2005. 78p. Dissertação

(Mestrado em Ciências Agrárias) – Escola de Agronomia. Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

FONSECA, M.F.A.C.; RIBEIRO, C.B.; SIQUEIRA, A.P.P.; MACHADO, A.P.; SILVA, G.R.R.; ASSIS, R.L. Circuito Carioca de Feiras Orgânicas: a expansão da venda direta de alimentos orgânicos, o controle social, a regulamentação da agricultura orgânica e os princípios do comércio justo e solidário. III Colóquio de Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural. Porto Alegre. 13p. 2011.

FORTES NETO, P. Degradação de biossólido incorporado ao solo avaliado através de medidas microbiológicas. Piracicaba, 2000. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FURLANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A., 2004. p.40-75.

GARROTE, G.; ABRAHAM, A.; DE ANTONI, G.L 2001 Chemical and microbiological characterisation of kefir grains. *Journal of Dairy Research*, 6: 639–652, 2001.

GRUZMAN, I.; DÖBEREINER, J. Anais da IV Reunião Latino Americana Sobre Inoculantes Para Leguminosas. Porto Alegre. p. 84, 1968.

GUERRA, J.G.M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L. Managing carbon and nitrogen in tropical organic farming through green manuring. In: ADETOLA BADEJO, M.; TOGUN, A. O. (Ed.). *Strategies and tactics of sustainable agriculture in the tropics*. 1ª ed. Ibadan: College Press, 2004, v. 2, p. 125-140.

GUERRA, J.G.M. ; ESPINDOLA, J.A.A. ; ARAUJO, E.S. ; LEAL, M.A.A. ; UZEDA, M.C. ; RICCI, M.S.F. ; ZONTA, E. ; RIBEIRO, R.L.D. ; ALMEIDA, D.L. Manejo da fertilidade do solo na agricultura orgânica. In: FREIRE, L. R. (Org.); BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E.; GUERRA, J.G.M.; et al. *Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro*. 1 ed. Seropédica: Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2013, v. 1, p. 189-195.

GULITZ, A.; STADIE, J.; WENNING, M.; EHRMANN, M.A.; VOGEL, R.F. The microbial diversity of water kefir. *International Journal of Food Microbiology*, v. 151, p.284-288, 2011.

HERTZLER, S. R., CLANCY, S. M. Kefir improves lactose digestion and tolerance in adults with lactose maldigestion. *Journal of american dietetic association*, v. 153, n. 5, p. 582-587, 2003.

HIGA, T.; PARR, J.F. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture. *Internacional Nature Farming Research Center*, p. 16, 1994.

HOMMA, S.K. *Nutri-Bokashi em respeito à natureza*. São Paulo: Fundação Mokiti Okada, 2003.47p.

HSIEH, H.H.; WANG, S.Y.; CHEN, T.L.; HUANG, Y.L.; CHEN, M.J. Effects of cow's and goat's milk as fermentation media on the microbial ecology of sugary kefir grains. *International Journal of Food Microbiology*, v.157, n.1, p. 73-81, 2012.

INCKEL, M.; SMET, P. ; TERSMETTE, T.; VELDKAMP, T. *Preparação e utilização de composto*. Wageningen: Serie Agrodok n.8 : Fundação Agromisa e CTA, 2005. 74p.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal on metabolism in soil – V: a method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, v.8, p.209-213, 1976.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KIILL, L. H. P.; DRUMOND, M. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Gliricidia sepium* na região de Petrolina, Pernambuco. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, p. 597-601, 2001.

LEAL, M.A.A. Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas. 2006. 122p. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

LEAL, M. A .A.; MATEUS, J. S.; AQUINO, A. M.; SANTOS, S. S. Avaliação da recuperação de nitrogênio contido em diferentes fertilizantes orgânicos por meio de biensaio. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 63).

LEAL, M. A. A.; BALIEIRO, F.C.; INACIO, C. de T.; CAMPOS, D. V. B. de; ZONTA, E.; FREIRE, L. R. Uso e manejo da matéria orgânica para fins de fertilidade do solo. In: CAMPOS, D. V. B. de; LIMA, E.; ZONTA, E.; BALIEIRO, F. de C.; GUERRA, J. G. M.; POLIDORO, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; FREIRE, L. R.; LEAL, M. A. de A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, M. B. C. (Ed.). Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Universidade Rural. cap. 7, p. 143-165, 2013.

LOPES, J. C.; RIBEIRO, L. G.; ARAUJO, M. G.; BERALDO, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23; n.1, p. 143-147, 2005.

LOPITZ-OTSOA, F.; REMENTERIA, A.; ELGUEZABAL, N.; GARAIZAR, J.: Kefir: A symbiotic yeasts-bacteria community with alleged healthy capabilities CIC biogune, Parque Tecnológico de Bizkaia, Spain--Rev Iberoam Micol. pp.67-74. 2006.

LOZANO C. C. Los atributos de los alimentos ecológicos: distinción, calidad y seguridad. In: SIMÓN, X.; COPENA, D. (Coord.), Construindo un rural agroecológico. Universidad de Vigo, Servicio de Publicacións, p.317-334. 2009.

MACHADO,A.L.P; MARDEN, A.P; VIERIRA, L.F; SILVIA, M.C; LEANDRO, W.M; Produção de mudas de cedro (*Cedrela fissilis Vell*) em cultivo orgânico utilizando Kefir como biofertilizante.Cadernos de Agroecologia, vol 6, nº 2. 2011.

MAGALHÃES, K.T.; PEREIRA, G.M.; DIAS, D.R.; SCHWAN, R. F. Microbial communities and chemical changes during fermentation of sugary Brazilian kefir. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. v. 26. p.1241–1250, 2010.

MARCHESINI, A.; ALLIEVI, L.; COMOTTI, E.;FERRARI, A. Long-term effects of quality-compost treatment on soil. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 106, p. 253-261, 1988.

MARCHIORI, R. C. Caracterização do kefir e propriedades probióticas – uma revisão. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*. v. 62, p. 21-31. 2007.

MAYER, J .; SCHEID, S .; WIDMER, F .; FLIEBBACH, A .; OBERHOLZER, H. How effective are 'effective microorganisms® (EM)? Results from a field study in temperate climate. *Applied Soil Ecology*, v. 46, n. 2, p. 230-239, 2010.

MCCOY, S. Organic agriculture: strategic opportunities for Western Australia. rev. *Western Australia: Department of Agriculture*, 2006. 23 p. (Department of Agriculture. Bulletin, 4622).

MEDEIROS, D.C.; FREITAS, K.C.S.; VERAS, F.S.; ANJOS, R.S.B.; BORGES, R.D.; CAVALCANTE NETO, J.G.; NUNES, G.H.S.; FERREIRA, H.A. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizante. *Horticultura Brasileira* v. 26, n. 2, p. 186-189, 2008.

MESQUINI, R.M.;SCHWAN, R.F;VIEIRA, R.A;NASCIMENTO, J.F. Controle e progresso temporal da ferrugem asiática da soja sob controle alternativo em campo. *Summa Phytopathol, Botucatu*, v. 37, n. 1, p. 24-29, 2011.

MIGUEL, M.G.C.P.; Identificação de microrganismos isolados de grãos de kefir de leite e de água de diferentes localidades (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Brasil, 2009.

MOISIO, T.; HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved withformic acid. *Animal Feed Science and Technology*, v.47, n.1, p.107-124, 1994.

MOREIRA, M.E.C.; SANTOS, M.H.; PEREIRA, I.O.; FERRAZ, V.; BARBOSA, L.C.A.; SCHNEEDORF, J.M. Atividade anti-inflamatória de carboidrato produzido por fermentação aquosa de grãos de quefir. *Química Nova*, v.31 n.7, p. 1738-1742, 2008.

MOTTA, I.S.; KOBAYASHI, L.A.; PADOVAN, M.P.; MOITINHO, M.R.;CARNEIRO, L.F. REIS, H.F. Produção de mudas de alface com diferentes concentrações de bokashi. *Cadernos de Agroecologia*: 5, n.1. p.1-4, 2010.

MOURA, J.P. Estudo de casos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por biodigestor.2012, 122p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2012.

NEVES, M.C.P.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D. Agricultura orgânica: uma estratégia para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. 1ª. ed. Seropédica: Editora Universidade Rural, 2004. v. 1. 98 p.

NEVES, M.C.P.; DE-POLLI, H.; PEIXOTO, R.T. dos.; ALMEIDA, D.L.de. Porque não utilizar uréia como fonte de N na agricultura orgânica. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, v.19, n.2, p.313-331, 2002.

NEVES, M.C.P.; GUERRA, J.G.M.; CARVALHO, S.R.; RIBEIRO, R.L.D.; ALMEIDA, D.L. Sistema Integrado de produção agroecológica ou Fazendinha Agroecológica km 47. In: AQUINO, A; ASSIS, R. L. (Org). *Agroecologia; princípios e técnicas para uma agricultura sustentável*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2005, 147 – 172p.

NIELSEN, M.N.; WINDING, A. Microorganisms as indicators of soil health. Denmark, National Environmental Research Institute, 2002. 84p. (Technical Report, 388).

NIEVES, L.J. Quantificación de la composición microbiológica de cuatro abonos orgánicos usando EM (microorganismos eficaces) como índice comparativo. 2005. 36 p. Monografía . Universidad Earth, Costa Rica, 2005.

OLIVEIRA, E.A.G.; RIBEIRO, R.L.D.; GUERRA, J.G.M.; LEAL; M.A.A.L.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; ARAÚJO, E.S. Substratos produzidos a partir de fontes renováveis para a produção orgânica de mudas de hortaliças Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011, 4p. (Embrapa CNPAB. Comunicado Técnico, 134).

OLIVEIRA, L.C.; STANGARLIN, J. R.; LANA, M. C., SIMON, D.; ZIMMERMANN, A. Biomassa microbiana em cultivo de alface sob diferentes adubações orgânicas e manejo da adubação verde. Revista Brasileira de Agroecologia, v.4, p.182-185, 2009.

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

OTLES, S.; CAGINDI, O. kefir: a probiotic dairy-composition, nutritional and therapeutic aspects. Pakistan Journal of Nutrition, v. 2, p. 54-59, 2003.

PANDEY, A. Solid state fermentation. Biochemical Engineering Journal, v.13, n.3, p.81-84. 2003.

PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V.T. Biotechnological potential of agroindustrial residues of sugarcane bagasse. Bioresource Technology, Essex, v. 74, p. 69-80, 2000.

POGACIC, T.; SINKO, S.; ZAMBERLIN, S.; DUBRAVKA, S. Microbiota of kefir grains. Mljekarstvo, v. 63, p. 3-14, 2013.

PEGORER, A.P.R.; FRANCH, C.M.C.; FRANCH, J.L.; SIQUEIRA, M.F.B.; MOTTA, S.D. Informações sobre o uso do EM (Microorganismos Eficazes) – Agricultura natural messiânica – Fundação Mokiti Okada – Rio de Janeiro, 1995. Apostila, 14p.

PENTEADO, S. R. Adubação orgânica: preparo de compostos e biofertilizantes. Campinas: Via Orgânica, 2003. 89 p.

PENTEADO, S. R. Certificação agrícola: selo ambiental e orgânico. Campinas: Via Orgânica, 2008. 224 p.

PENTEADO, S. R. Manual prático de agricultura orgânica: fundamentos e práticas. 2. ed. Campinas: Via Orgânica, 2010. 232 p.

PÔRTO, M.L. Produção, estado nutricional e acúmulo de nitrato em plantas de alface submetidas à adubação nitrogenada e orgânica. 2006. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba- Areia.

PUPO, N.I.H. Manual de pastagens forrageiras. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1995.343p.

REGANOLD, J.P.; JACKSON-SMITH, D.; BATIE, S.S.; HARWOOD, R.R.; KORNEGAY, J.L.; BUCKS, D.; FLORA, C.B.; HANSON, J.C.; JURY, W.A.; MEYER, D.;

SCHUMACHER, J.R.A.; SEHMSDORF, H.; SHENNAN, C.; THRUPP, L.A.; WILLIS, P. Transforming U.S. Agriculture. *Science*, v.332, p.670-671, 2011.

RENNER, T. Sistemas participativos de garantia possibilitam certificação alternativa. In: *Agriculturas*, v. 3, n. 2, p.30-33, 2008.

RESENDE, F. V.; SAMINÊZ, T. C. O.; VIDAL, M. C.; SOUZA, R. B.; CLEMENTE, F. M. V. Cultivo de alface em sistema orgânico de produção. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 16 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 56)

RODRIGUES, A.M.; FERREIRA, L.J.; FERNANDO, A.L.; URBANO, P.; OLIVEIRA, J.S. Co-composting of sweet sorghum biomass with different nitrogen sources. *Bioresource Technology*, v. 54, p. 21–27, 1995.

RODRÍGUEZ, M.Y.P.G. Horticultura orgánica: Una guía basada em la experiencia en Laguna de Alfaró Ruiz, Costa Rica. Fundación Guilombe, San José, Costa Rica: n 1, vol 2. 1994.7p.

SAMINÊZ, T.C.O.; DIAS, R.P.; NOBRE, F.G. de A; MATTAR, R.G.H.; GONÇALVES, J.R.A. Legislação e os mecanismos de controle e informação da qualidade orgânica no Brasil. Embrapa Hortaliças (Circular Técnica 66). Brasília-DF, 2008.8p.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação. *Engenharia Agrícola*, v.26, p.45-57, 2006.

SANTOS, R. H. S., SILVA, F., CASALI, V. W. D., CONDE, A. R. 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

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.5, p.54-59, 2005.

SHOEVEERS, A.; BRITZ, T. J. Influence of different culturing conditions on kefir grain increase. *International Journal of Dairy Technology*, v. 56, p. 183–187, 2003.

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P.H.S. de; DE-POLLI, H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>). *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, 2007. 4p. (Comunicado Técnico 99)

SILVA, F. C. (org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

SILVA, F.A.M.; VILLAS BÔAS, R.L.; SILVA, R.B. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. *Acta Scientia Agrônômica*, Maringá, v. 32, n.1, 131-137, 2010.

SIQUEIRA, A.P.P. de; SIQUEIRA, M. F.B. de. Bokashi: adubo orgânico fermentado. Niterói: Programa Rio Rural, 2013. 16 p.(Programa Rio Rural. Manual Técnico, 40).

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. Manual de horticultura orgânica. 2. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2006. 843 p.

SOUZA, R.B.; ACÂNTARA, F.A. Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 8p. (Embrapa CNPH. Circular Técnica, 65).

SPARLING, G.; VOJVODI-VUKOVI, M.; SCHIPPER, L.A. Hot water soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: the relationship with microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry*, v.30, p.1469-1472, 1998.

SPARLING, G.P. & WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and super (14) C labelled cells. *Soil Biology & Biochemistry*, v.20, p.337-343. 1988.

TATE, K.R.; ROSS, D.J.; FELTHAM, C.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biology & Biochemistry*, v.20, p.329-335, 1988.

TEDESCO, M. J. Análise de solos, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS, 1995. 174 p.

TOMICH, T.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; BORGES, I. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 57).

RANI, P.E.; TERRA, M.M.; TECCHIO, M.A.; TEIXEIRA, L.A.J.; HANASIRO, J. Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas. Campinas (SP): Instituto Agrônomo de Campinas, 2013. 16 p. (IAC. Boletim Técnico).

TRANI, P.E.; GRANJA, N.P.; BASSO, L.C.; DIAS, D.C.F.S.; MINAMI, K. Produção e acúmulo de nitrato pela rúcula afetados por doses de N. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.12, n.1, p.25-29, 1994.

TURAZI, C. M. V.; JUNQUEIRA, A. M. R.; OLIVEIRA, S. A.; BORGHO, L. A. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. *Horticultura Brasileira*, v.24, p.65-70, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, v.19, p.703-707, 1987.

VICENTINI, L. S.; ESPÍRITA, F.I.F.; CARVALHO, K.; RICHTER, A.S. Utilização de microrganismos eficazes no preparo da compostagem. *Revista Brasileira de Agroecologia*: vol. 4, n.2.p.33-37.2009.

VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A. C.; CASALI, V. W. D.; FONTES, L. E. F. Resposta da alface (*Lactuca sativa*.) ao efeito residual da adubação orgânica: II. Ensaio em casa de vegetação. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 42, n. 239, p. 89-97, 1995.

VIDIGAL, S.M.; SEDIYAMA, M.A.N.; GARCIA, N.C.P.; MATOS, A.T. Produção de alface cultivada com diferentes compostos orgânicos e dejetos suínos. Horticultura Brasileira, Brasília, v.15, n.1, p.35-39, 1997.

VIEIRA, I.A. Avaliação do efeito combinado da aplicação do bokashi e de coberturas mortas vegetais no desempenho agrônômico de cultivos orgânicos de alface e rúcula em sucessão, 2012. 32p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

VILLAS BÔAS, R. L.; PASSOS, J. C.; FERNANDES, D. M.; BÜLL, L. T.; CEZAR, V. R. S.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. Horticultura Brasileira, v. 22, n. 1, p. 28-34, 2004.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, v.37, p.29-38, 1934.

WESCHENFELDER, S. Caracterização de kefir tradicional quanto à composição físico-química, sensorialidade e atividade anti-*Escherichia coli*. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009..

WITTHUHN, R. C.; SCHOEMAN, T.; BRITRIZ, T. J. Characterization of the microbial population at different stages of kefir production and kefir grain mass cultivation. International Dairy Journal, v.15, n.4, p. 383-389, 2004.

WSZOLEK, M. et al. Properties of kefir made in Scotland and Poland using bovine, caprine and ovine Milk different starter cultures. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie, v. 34, n. 4, p.251-261, 2001.

WSZOLEK, M., KUPIEC-TEAHAN, B., SKOV GULDAGER, H., TAMIME, A.Y. . Production of Kefir, Koumiss and Other related Products. U knjizi: Fermented Milks, edited by A.Y. Tamime, Blackwell Publishing, Oxford, UK, 174-216, 2006.

ZANINE, A. D. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. D. J.; PINTO, F. B.; PEREIRA, O. G. Características fermentativas e composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com ou sem *Lactobacillus plantarum* e farelo de trigo isoladamente ou em combinação. Ciência Animal Brasileira, v. 8, n.4, p.621-628, 2007.