



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE MESTRADO

EFICIÊNCIA DO RESÍDUO DE SISAL PARA A COMPOSTAGEM  
COM ESTERCOS ANIMAIS E FARINHA DE ROCHA NATURAL

**LERCIANO DE OLIVEIRA**

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
JUNHO - 2010

# EFICIÊNCIA DO RESÍDUO DE SISAL PARA A COMPOSTAGEM COM ESTERCOS ANIMAIS E FARINHA DE ROCHA NATURAL

**LERCIANO DE OLIVEIRA**

Engenheiro Agrônomo

Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, 2005

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, com concentração na área de Fitotecnia

**Orientador: Prof. PhD. Manoel Teixeira de Castro Neto**

**Co-Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2010

**FICHA  
CATALOGRÁFICA**

O719 Oliveira, Lerciano de

    Eficiência do resíduo de sisal para compostagem com esterco  
    animais e farinha de rocha natural../ Lerciano de Oliveira \_ Cruz  
    das Almas, BA, 2010.

    f. 88. ; il.

    Orientador: Manoel Teixeira de Castro Neto.

    Co-Orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo.

    Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,  
    Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Área de Concentração  
    em Fitotecnia.

    1. *Agave sisalana*. 2. Matéria Orgânica. 3. Compostagem. I. Universidade  
    Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias e  
    Tecnológicas. II. Título.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO  
ALUNO LERCIANO DE OLIVEIRA**

---

Prof. PhD. Manoel Teixeira de Castro Neto  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Sérgio Roberto Lemos de Carvalho  
Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola

---

Dra. Adriana de Aguiar Accioly  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/CNPMP

Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010, conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010.

A Deus, criador da terra, céus, mar e tudo o que neles há,

Aos meus pais e à vovó Nininha, matriarca e  
representante dos demais familiares,

À minha esposa, Maria José Cedraz,

E aos meus filhos **Davi, Mabelle e Isabelle,**

Dedico e ofereço.

## AGRADECIMENTOS

À Escola de Agronomia, mãe da **UFRB**, pelo acolhimento que me possibilitou a realização de um sonho a cada dia, e por mais este que ora se concretiza.

Aos Professores Manoel Teixeira de Castro Neto e Carlos Alberto da Silva Ledo, pelas orientações e convivência, muito úteis para a construção de novas experiências, durante este trabalho.

Ao Instituto de Desenvolvimento da Região do Sisal - IDR Sisal, através das pessoas de Dagoberto Rios, Silvio Habib, Admilson César, Gerson Santos, Márcia, Lisana e todos os demais membros dessa Organização Civil, pelo apoio e colaboração à realização desta pesquisa.

Ao Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, pelo aporte financeiro à pesquisa.

Ao meu amigo e irmão Renato, no Campo Experimental II (Politeno), pelo apoio técnico.

Ao meu duplo colega José Renato, pelo compartilhamento dos anseios, dificuldades e preocupações durante este trabalho.

Ao meu Chefe Bel. Paulo Roberto Guimarães, e aos colegas de trabalho, pela compreensão da minha parcial ausência durante a parição desta dissertação.

Por fim, a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a concretização deste sonho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO GERAL .....	9
<b>Capítulo 1</b>	
PRODUÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS A PARTIR DE RESÍDUO DE SISAL MISTURADO A ESTERCOS E FARINHA DE ROCHA .....	29
<b>Capítulo 2</b>	
AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS ORGÂNICOS À BASE DE RESÍDUO DE SISAL MEDIANTE O DESEMPENHO DO FEIJOEIRO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) E DO SORGO ( <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) .....	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	86

# EFICIÊNCIA DO RESÍDUO DE SISAL, PARA A COMPOSTAGEM COM ESTERCOS ANIMAIS E FARINHA DE ROCHA NATURAL

Autor: Lerciano de Oliveira

Orientador: Prof. PhD. Manoel Teixeira de Castro Neto

**RESUMO:** O trabalho teve como objetivo estudar a compostagem do resíduo de sisal com esterco de frango, misto (bovino e ovino) e farinha de rocha, em diferentes proporções, buscando-se compostos orgânicos a serem utilizados na lavoura do sisal e em outros cultivos. Num primeiro experimento, a pesquisa foi realizada na cidade de Valente-Ba, objetivando o aproveitamento do resíduo de sisal para, através da compostagem, produzir compostos orgânicos a serem utilizados em diversos cultivos agrícolas, com oito tratamentos a serem avaliados. Os resultados possibilitaram as conclusões: os esterco e a farinha de rocha não contribuíram para aumentar os nutrientes dos compostos; o composto de resíduo de sisal é um fertilizante orgânico; os compostos apresentaram teores de nutrientes dentro da faixa recomendada pelo MAPA; o composto com 100% de resíduo de sisal é um fertilizante orgânico; os compostos apresentaram atributos químicos satisfatórios, com base no MAPA. Na sequência, outro experimento foi instalado, em Cruz das Almas-Ba, com o objetivo de avaliar o uso dos compostos orgânicos, antes produzidos, como substratos para a nutrição do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) e do sorgo (*Sorghum bicolor*), cultivados em casa de vegetação, no Campo Experimental II da UFRB, com oito substratos/tratamentos, obtidos da compostagem. As principais conclusões foram: os substratos foram ineficientes para o cultivo do feijoeiro Var. Carioca, sob as condições em casa de vegetação; os compostos apresentaram-se viáveis para a utilização como substratos orgânicos para a cultura do sorgo; as plantas de sorgo cultivadas nos substratos 3-RF70%+EF15%+FR15% e 4-RS70%+EF15%+FR15% apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo; os substratos 2-RS70%+EM15%+FR15%, 3-RF70%+EF15%+FR15%, 4-RS70%+EF15%+FR15% e 6-RS90%+FR10% foram superiores no fornecimento de macro e micronutrientes à cultura do sorgo.

**Palavras-chave:** *Agave sisalana*. Matéria orgânica. Compostagem.



# EFFICIENCY OF SISAL WASTE FOR COMPOSTING ANIMALS MANURE MEAL AND NATURAL ROCK

Autor: Lerciano de Oliveira

Orientador: Prof. PhD. Manoel Teixeira de Castro Neto

**ABSTRACT:** The present work aimed to evaluate the efficiency of sisal leaf residues, composted at different ratios with cow and sheep manures (mixed), poultry manure, and rock powder for obtaining a substrate to be used by the sisal crop itself and other crops. It should have potential to be used by the organic, biodynamic and conventional agricultural systems. In a first experiment, started at the Valente-Ba, eight treatments were defined and evaluated. The results had the following conclusions: the manures did not contribute to improve the nutrients of the compost, the compost from the residues is a organic fertilizer; the compost showed nutrients at the range accepted by the MAPA; the compost with only 100% sisal residues is a organic fertilizer; the composts had nutrients content at the range accepted by the MAPA. A followed up experiment carried out at the UFRB, in Cruz das Almas-Ba, aimed to test the nutritional capacity of the substrate through the cultivation of bean (*Phaseolus vulgaris*) and sorghum (*Sorghum bicolor*). This study showed that the compost was inefficient for the growth of the bean crop; the compost with RF70%+EF15%+FR15%, and RS70%+EF15%+FR15% showed better vegetative growth for the sorghum crop; the compost with RS70%+EM15%+FR15%, RF70%+EF15%+fr15%, RS70%+Ef15%+FR15%, and RS90%+FR10% were the best supplying nutrients for the sorghum crop.

**Key-words:** *Agave sisalana*. Organic matter. Composting.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos tem se observado considerável aumento do uso de compostos orgânicos como recursos eficientes para o manejo e recuperação de áreas sob cultivo no mundo inteiro. Essa prática tem sido incrementada em função das descobertas recentes sobre o acentuado nível de degradação dos solos (PEIXOTO, 1988) causadas a partir do uso desordenado de fertilizantes químicos, máquinas agrícolas, prática da monocultura, e agrotóxicos de modo geral, atividades que foram aceleradas a partir do movimento conhecido como “Revolução Verde”, que teve início em meados do século XX e avançou sobre as fronteiras agrícolas mundiais, levando o ideal de altas produtividades sem, entretanto, considerar a sustentabilidade produtiva dos diferentes sistemas (VASCONCELOS, 2007).

Considera-se também que o mundo enfrenta uma crise com a escassez de fertilizantes e, com isso, a demanda pelos compostos orgânicos e organominerais tem aumentado consideravelmente. O Brasil não está livre dessa crise e essa realidade tem sido demonstrada com as altas dos preços dos fertilizantes químicos, culminando com a grande procura por produtos alternativos como os compostos orgânicos, materiais cada vez mais preferidos, também por apresentar, geralmente, um menor custo de produção e características ecologicamente aceitáveis.

Dentre os materiais vegetais com reconhecido potencial para a produção de substratos orgânicos através da compostagem, o resíduo de sisal, também conhecido como mucilagem, tem sido submetido a estudos que revelam sugestivo potencial desse material à produção de fertilizante orgânico através da compostagem (SEVERINO *et al.*, 2006). Testes preliminares também já foram realizados na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, com resultados que

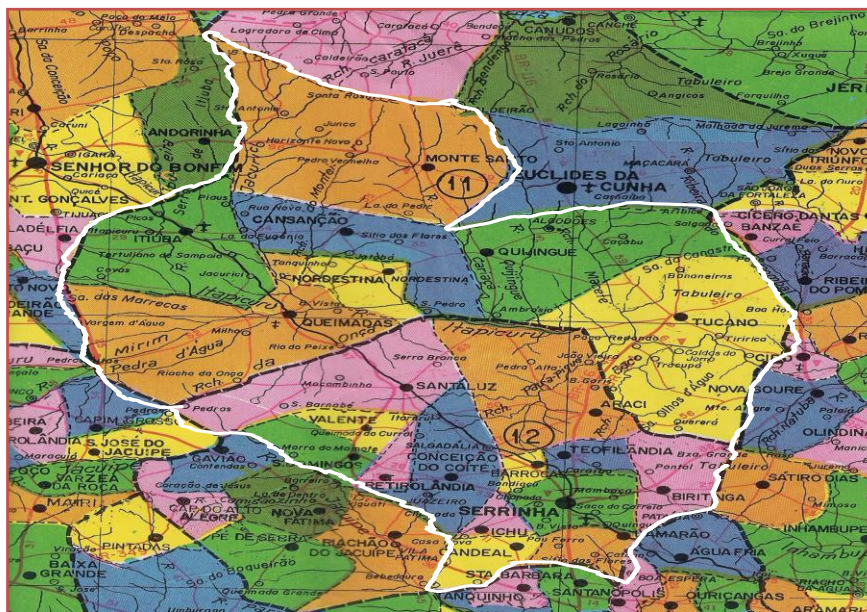
indicam um composto de excelente qualidade a partir desse material enriquecido. Além disso, o aproveitamento desse material diminui uma preocupação com o meio ambiente, pois, a grande quantidade de mucilagem (resíduo) deixada ou acumulada em um local da propriedade, como geralmente se vê, tem conseqüências graves quanto à proliferação de insetos e até doenças, além da contaminação ambiental.

O sisal (*Agave sisalana* Perr), planta originária do México, foi inserido no Brasil no início do século XX, pelo Engenheiro Agrônomo Horácio Uripia Júnior, e adaptou-se bem em regiões do Semi-árido Nordeste, sendo que, na Bahia, o município de Valente destacou-se no cultivo e beneficiamento dessa fibrosa, especialmente no início dos anos 60, momento que coincidiu com um notório desenvolvimento industrial no país. Com a atividade sisaleira na região, significativas transformações sócio-econômicas e culturais foram observadas (GALVÃO, 2004), o que contribuiu para o surgimento da atual área geográfica denominada Território do Sisal, formada por vinte municípios do Semiárido baiano (ALVES *et al.*, 2005; IDRSisal, 2007).

Esse Território, mostrado na Figura 1, compreende uma área de 21.256,50 Km<sup>2</sup>, com mais 552 mil habitantes, dos quais 63% vivem na área rural. Destes habitantes, cerca de 65 mil são agricultores familiares, mais de 2.300 famílias são assentadas, 413 famílias são de pescadores, além de uma comunidade quilombola e uma indígena, porém, todos com as principais atividades vinculadas ao sisal (IDRSisal 2007). O território é formado pelos seguintes municípios: Araci, Barrocas, Biritinga, Candeal, Cansanção, Conceição do Coité, Ichu, Itiúba, Lamarão, Monte Santo, Nordestina, Queimadas, Quijingue, Retirolândia, Santaluz, Serrinha, São Domingos, Teofilândia, Tucano e Valente, com destaque para este último município, que tem em sua sede o título de “Capital do Sisal”.

“O sisal é imprescindível na economia da região noroeste da Bahia desde a década de 60” (LIMA, 2007), e sua importância se justifica por ser, ainda, a principal base de subsistência econômica de grande parte das famílias da Região Sisaleira. A Bahia é o maior produtor de fibra de sisal (cerca de 95% da produção nacional), com uma área de 190 mil hectares cultivados, distribuídos por 75 municípios do Estado. Além disso, as propriedades rurais são, geralmente, de pequeno porte, com áreas inferiores a 15 hectares, caracterizando-se pelo

predomínio das atividades e mão-de-obra familiares. A população que sobrevive dessas atividades está em torno de 700 mil pessoas, as quais, direta ou indiretamente, dependem do cultivo do sisal (SILVA; COUTINHO, 2006).



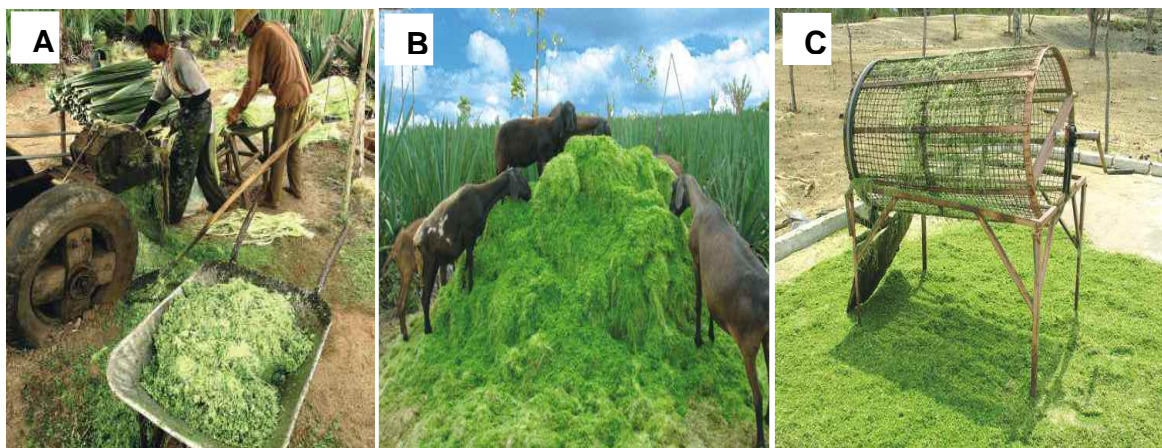
**Figura 1-** Mapa do Território do Sisal  
Adaptado de: Mapa Político Turístico Didático Regional e Rodoviário da Bahia, 1995. Escala: 1:1.200.000

Há muitos anos a Bahia lidera a produção de fibra de sisal no Brasil e, segundo dados da CONAB (SANTOS, 2005), o Estado é responsável por mais de 90% da produção nacional, sendo seguido de longe pelos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Apesar da grande relevância econômica e social representada por esta cultura para o Estado da Bahia e para o Brasil, estudos recentes têm mostrado que a Bahia vem experimentando um acentuado declínio na atividade sisaleira, com redução tanto na área plantada quanto na produção. Como fatores para esse declínio, dentre outros, têm sido citados o baixo índice de modernização e de aproveitamento da planta, resultando em alto custo de produção, sendo este o fator mais limitante para as atividades (SUINAGA *et al.*, [2004?]).

Dentro da discussão sobre baixo índice de aproveitamento da planta de sisal encontra-se inserido o desperdício do resíduo, fator comumente apontado como um dos prováveis motivos para o declínio das atividades com o sisal, aliado,

também, a outros como: baixo valor pago pela fibra, competição com os fios sintéticos, alto custo inicial de produção, falta de máquinas modernas para a colheita e beneficiamento, além de longos períodos de estiagem (SILVA; COUTINHO, 2006). Com a ampliação da utilidade do resíduo de sisal, o que é possível através do investimento em pesquisas e testes experimentais, busca-se a redução dos custos de produção das atividades sisaleiras (SUINAGA *et al.*, [2004?]) e a geração de emprego e renda familiar no campo, através de atividades a serem agregadas.

Na figura 2 tem-se fotografias mostrando o processo tradicional de desfibramento do sisal e dois dos destinos comumente dados aos resíduos do desfibramento. Na fotografia B, os resíduos são empilhados no local do desfibramento onde, horas depois, entram em processo de fermentação, sendo abandonados na área de plantio. A fotografia C mostra uma gaiola, utilizada para separar as fibras restantes (bucha) do resíduo, sendo este colocado para ferrar e serve de forragem de boa qualidade nutricional.



**Figura 2.** **A:** Extração do resíduo com o desfibramento do sisal; **B:** Destino mais comum do resíduo: amontoado na área de plantio; **C:** Peneiramento do resíduo para sua utilização na alimentação animal.

**Fonte:** Adaptado de Bandeira e Silva ([2004?])

Apesar dessa importância do sisal para o Território e para o Estado, poucos têm sido os estudos realizados com a finalidade de apontar outras maneiras de melhor aproveitar o seu resíduo, que é abundante na região (SILVA;

COUTINHO, 2006) e ainda muito pouco utilizado pelos produtores, sendo geralmente abandonado na área de plantio, quando poderia ser tecnicamente processado para a alimentação animal e outros usos rentáveis, como, por exemplo, a compostagem com outros materiais orgânicos, buscando-se assim a melhoria da lavoura do próprio sisal e de outras culturas de interesse na região.

Por outro lado, sabe-se que costumeiramente as áreas destinadas para o cultivo do sisal são, em grande parte, aquelas menos férteis, com relevo declivoso e que não servem para o sucessivo cultivo de outras espécies consideradas mais importantes. Geralmente são áreas de solos pobres quimicamente e com baixo teor de matéria orgânica, sendo, portanto, carentes de uma melhoria das suas características físico-químicas e biológicas. Com a aplicação de um composto de boa qualidade nutricional, tecnicamente correta, pode-se estar colaborando para um incremento nos efeitos físicos e químicos desses solos, nos aspectos como estrutura, aeração, capacidade de armazenamento de água, maior disponibilidade de nutrientes, redução da acidez, aumento dos valores S, CTC e V e do seu poder tampão (CARVALHO, [1998?]), e, assim, colaborar para a contínua exploração da cultura de maneira sustentável.

Não se encontram ainda na literatura trabalhos científicos com a utilização de resíduo de sisal como fertilizante orgânico. O máximo que se tem são informações de seu uso empírico pelos produtores, por observarem que, quando espalham o resíduo na área de cultivo, com o passar do tempo, as plantas “adubadas” apresentam-se aparentemente mais desenvolvidas e com melhor vigor vegetativo (SILVA; COUTINHO, 2006).

Com base nessas experiências práticas de produção e de acordo com a definição de fertilizante orgânico dada por MAPA (2009), o resíduo de sisal pode vir a ser assim definido, por ser um produto de origem vegetal, sem “elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura”. Assim sendo, quando aplicado ao solo em quantidade, época e maneira adequadas poderá proporcionar melhorias nas qualidades físicas, químicas e biológicas, e, conseqüentemente, na produção vegetal, sem causar danos ao solo, às plantas e ao ambiente, além de sua possível utilização como substrato isolado para a produção de mudas. Algumas dessas melhorias já são observadas, na prática, pelos produtores há muito tempo,

porém, para a definição da eficiência e aplicação técnica com o melhor proveito desse material, é necessário definir quantidades a serem utilizadas de acordo às necessidades específicas.

Considera-se, ainda, relevante a utilização do resíduo de sisal como fertilizante orgânico pelo fato deste material ser abundante na região, de fácil acesso e baixo custo (SEVERINO *et al.*, 2006), o que facilita o objetivo de envolver os agricultores e a agricultura familiar do Território do Sisal em uma possível produção comercial. Estes agricultores formam uma grande e crescente população que, direta ou indiretamente, mantêm uma estreita relação com a cultura do sisal e suas atividades apresentam características predominantes da produção familiar (mão-de-obra, área de cultivo, etc), conforme discutem Silva e Coutinho (2006).

Por tudo isso, espera-se que a compostagem do resíduo de sisal com os esterco e a farinha de rocha produza um substrato de boa qualidade nutricional e seu resultado (os compostos) seja um incentivo à melhoria do desenvolvimento das atividades econômicas com o sisal na região. Azevedo Filho *et al.*(2001), afirmam que “um substrato é ideal quando satisfaz as exigências físicas e químicas e contém quantidades suficientes de elementos essenciais (ar, água, nutrientes minerais) ao crescimento e desenvolvimento das plantas”, características que, espera-se, sejam encontradas nos materiais em compostagem no presente estudo.

De uma maneira geral, para a constituição de compostos são utilizados vários tipos de materiais vegetais como resto de cultivos (palhas/folhas, cascas de frutos, espigas, etc.) bem como os dejetos de animais como esterco e estrumes. A literatura pertinente ao assunto roga pela utilização de um material orgânico e uma fonte de inóculo (microorganismos) para a degradação do material orgânico.

Já na formação do substrato, embora se possa usar os produtos utilizados em compostos, há geralmente a necessidade da utilização de um material mais friável. Para a constituição de um substrato, geralmente são utilizados produtos como casca de árvores, pó de coco, resíduos agro-industriais (casca de arroz, bagaço de cana, pó de serra, dendê, babaçu, sisal, etc), vermiculita, perlita calcinada, etc. Muitos destes materiais sofrem algum



processamento antes de serem utilizados, a exemplo da palha de arroz que é parcialmente carbonizada para melhorar sua capacidade de retenção de umidade.

A partir dessas preocupações e conhecimentos, o presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de apontar eficientes formas de aproveitamento do resíduo de sisal para a produção de substratos orgânicos com potencial de utilização como fertilizantes orgânicos, buscando relacionar a produção orgânica com baixos custos à geração de trabalho e renda com sustentabilidade. Estes substratos orgânicos poderão ser utilizados para a reposição nutricional à própria cultura do sisal, na produção de fruteiras e ornamentais, na horticultura, além de diversas outras possibilidades de utilização agrícola desses materiais.

A presente pesquisa teve como objetivo estudar a compostagem de diferentes proporções do resíduo de sisal com esterco de frango, esterco misto (bovino e ovino) e farinha de rocha, materiais comumente abundantes na região, para a formação de compostos orgânicos a serem utilizados na lavoura do sisal e em outras culturas, com capacidade de utilização na agricultura orgânica, biodinâmica e convencional. Na seqüência, os compostos foram testados como substratos orgânicos, utilizando-se para tanto duas espécies vegetais: uma leguminosa e uma gramínea.

Os resultados estão apresentados em dois capítulos, a seguir. Capítulo 1: “Produção de compostos orgânicos a partir de resíduo de sisal misturado a esterco e farinha de rocha”; e, capítulo 2: “Avaliação de substratos orgânicos à base de resíduo de sisal mediante o desempenho do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)”.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Importância do sisal**

Quando a discussão é a importância do sisal, geralmente as atenções são voltadas para a produção e melhoria da qualidade da fibra, com o objetivo de se conquistar melhores preços e, principalmente, o mercado externo. Esta realidade comercial tem se tornado cada vez mais difícil de ser alcançada, em função de



fatores limitantes como, o fenômeno natural das longas estiagens e o descaso para com o potencial econômico da região, resultando na ausência de incentivo e políticas governamentais para o setor. A situação é ainda mais agravada pela falta de tecnologias específicas aplicadas à cultura do sisal para o aumento da produção e a melhoria da qualidade da fibra produzida.

Dentro deste contexto, todo potencial da cultura do sisal tem sido posto em cheque, recentemente, pelo aparecimento da podridão vermelha do tronco, doença cujo agente causal é o *Aspergillus Níger* (SOUZA; SOARES, 2009), um ascomiceto que pode ser veiculado pelo solo, água, vento, ferramentas infectadas (ABREU, [200-?]), e que vem ameaçando a ampliação das áreas de cultivo dessa fibrosa na região, segundo relatos, desde o ano de 1998 (ALVES *et al.*,2005). Neste sentido, vale ressaltar que o sisal é uma planta com extrema adaptação às condições edafoclimáticas da região, sobrevivendo aos longos períodos de estiagem, solos rasos e nutricionalmente pobres. Caso a cultura seja inviabilizada por qualquer que seja a ameaça, dificilmente se terá outra opção para o desenvolvimento da agricultura na região, para evitar o êxodo em massa.

Sabe-se que o principal produto da exploração do sisal é sua fibra e esta, naturalmente resistente e de fácil industrialização, tem sido procurada por muitos investidores e ocupado lugar de destaque, por exemplo, na indústria têxtil e automobilística, na fabricação de tapetes, carpetes, bolsas, cortinas e vários produtos artesanais, na ornamentação, na produção de cordas, cordões, telhas, caixas d'água, geotecidos, como excelente matéria-prima para a fabricação de celulose e papéis finos. Seu uso também é evidenciado na indústria farmacêutica, em embalagens específicas, bem como em outros setores como em revestimento de estradas, além de outros usos.

Nesse processo para a obtenção da fibra do sisal, são gerados resíduos como a mucilagem ou suco, que são a seiva da folha com os restos dos tecidos foliares e a bucha, sendo esta o resto de fibras das folhas que não é utilizado. A mucilagem, como é atualmente denominado o resíduo, também chamada de bagaço, quando não é abandonada no campo é utilizada por alguns poucos produtores apenas como material orgânico, sendo parcialmente espalhada dentro da própria cultura, de maneira convencional e sem critérios técnicos (SILVA; COUTINHO, 2006). Além dessas práticas, o resíduo de sisal tem sido utilizado

apenas para a alimentação animal (bovinos e ovinos) nos períodos de estiagem e, ainda assim, na maioria das vezes de forma espontânea e sem um manejo adequado pelos produtores, ficando, geralmente, amontoado no meio da lavoura, até sua total degradação no ambiente (SOUZA *et al.*, 2007).

Referindo-se ao mercado e comercialização do sisal, Silva e Coutinho (2006), afirmam que apenas 3 a 5% do peso das folhas dessa fibrosa são aproveitados, e que os resíduos do desfibramento são compostos, em média, por 15% de mucilagem ou polpa (formado pela cutícula e por tecido palissádico e parenquimatoso), 1% de bucha (fibras curtas) e 81% de suco ou seiva clorofilada.

Severino *et al.*(2006), em estudo sobre a composição química de alguns materiais orgânicos utilizados como substrato, encontraram os seguintes valores para macronutrientes, nos respectivos materiais: cama de frango: N=29,5g/kg, P=38,7g/kg, K=11,0g/kg, Ca=47,1g/kg e Mg=69,3g/kg; esterco bovino: N=7,7g/kg, P=8,7g/kg, K=3,2g/kg, Ca=3,0g/kg e Mg=1,8g/kg; e, mucilagem de sisal: N=1,2g/kg, P=1,0g/kg, K=1,0g/kg, Ca=3,4g/kg e Mg=2,4g/kg. Concluindo que a mucilagem do sisal encontra-se entre os materiais que apresentam os menores teores desses nutrientes, quando usado como substrato isolado e sem a adição de fibras. Porém, em compostagem com diferentes estercos e com farinha de rocha, espera-se que o resultado seja um substrato de boa qualidade nutricional.

Em artigo sobre a cultura do sisal, a Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia (SEAGRI, [2008?]) afirma que a fibra seca corresponde a apenas 3% da folha, o que indica que a polpa da folha, incluindo o resíduo, precisa ser mais bem explorada, inclusive com o desenvolvimento de pesquisas que resultem num melhor aproveitamento desse subproduto do desfibramento, o que é fundamental “para elevar a sustentabilidade da atividade sisaleira e promover a inclusão social das comunidades que subsistem desta cultura” (SILVA; COUTINHO, 2006).

Ainda em relação ao aproveitamento do resíduo, Silva e Mendonça (2007) observaram que as áreas de produção de sisal possuem solos geralmente pobres e a contínua exploração da cultura, sem reposição de nutrientes, pode agravar ainda mais a situação, diminuindo a produção e a produtividade. Neste sentido, a aplicação de um composto de boa qualidade química e física promoverá a melhoria estrutural desses solos, nas suas características físicas e

químicas, além das biológicas, através da matéria viva dos microrganismos envolvidos nos processos de compostagem e que são de grande importância para o processo de transformação dos compostos orgânicos do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007).

## **2.2. O composto como fertilizante orgânico**

Quando se refere às vantagens dos adubos orgânicos em relação à adubação mineral, Primavesi (1986) cita o composto e o esterco curtido, dentre outros, como ideais para a fertilização orgânica, por fornecerem macro e micronutrientes que estão disponíveis na matéria orgânica ou mobilizados nas reações e interações com o solo (AZEVEDO FILHO *et al.*, 2001).

Esta fertilização orgânica tem sido possibilitada de maneira eficiente através do processo de compostagem, que é, simplesmente, a mistura de materiais orgânicos onde, com as condições físico-químicas (umidade, temperatura, oxigênio, carbono e outros nutrientes) satisfatórias, componentes orgânicos dos resíduos são degradados por microrganismos, em diferentes etapas, num processo bioquímico altamente complexo e caracterizado pela liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável, ou seja, resultando em composto orgânico (FERNANDES; SILVA, [200-?]).

Sobre os benefícios da compostagem, Severino *et al.*(2006) também fazem importante discussão, afirmando que “a utilização de substratos orgânicos com características adequadas à espécie plantada possibilita redução do tempo de cultivo e do consumo de insumos, como fertilizantes químicos e defensivos, além da redução de mão-de-obra”.

Ademais, considera-se importante a utilização de composto orgânico na agricultura por que: 1. Promove o aumento da água disponível às plantas no solo; 2. Proporciona uma melhor estrutura do solo, facilitando o bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas; 3. Fornece nutrientes para o solo, os quais são disponibilizados para a cultura instalada; 4. A matéria orgânica solubiliza elementos essenciais e faz complexar alguns metais tóxicos para as plantas, por exemplo, o  $Al^{3+}$ ; 5. Diminui a susceptibilidade a doenças e ao ataque de pragas

(controle biológico), ajudando assim a manter o equilíbrio do ecossistema; e, 6. Com a utilização de compostos orgânicos, se verifica mudança na composição das plantas invasoras (SILVA, 2008).

Durante o processo, é observada também a ocorrência de decomposição anaeróbica, com a atuação de microrganismos específicos, porém, a compostagem acontece sob condições de aerobiose, onde o processo de decomposição depende da interação entre os microrganismos aeróbicos e fatores interligados como: aeração, temperatura, umidade e material orgânico utilizado. Nessas condições e com a ação dos microrganismos, ocorre a oxidação da matéria orgânica presente (quebra das ligações entre moléculas de carbono nas substâncias orgânicas), com liberação de energia na forma de calor e vapor de água, sendo que parte dessa energia é utilizada pelos organismos decompositores e a outra parte é liberada, elevando a temperatura na pilha dos materiais orgânicos (PEIXOTO, 1988; USDA, 2000).

Ainda segundo Peixoto (1988), o comportamento da temperatura da pilha, durante o processo de compostagem, passa por quatro fases: estágio mesofílico (40°C), estágio termofílico (>60°C), novamente volta ao estágio mesofílico e, finalmente, chega ao estágio de maturação ou cura (<10°C), abrangendo um período total em torno de 60 dias.

Entretanto, para que um processo de compostagem seja exitoso se faz necessária a observação também de fatores como: pH, relação C/N, presença de macro e micro nutrientes, fonte de carbono orgânico, além de outros como aeração, umidade, matéria prima utilizada, temperatura, etc (MARAGNO *et al.*, 2007; FERNANDES; SILVA, [200-?]).

O pH é parâmetro considerado de grande importância para os sistemas de compostagem e pode afetar diretamente o processo, uma vez que a matéria orgânica geralmente apresenta reação ácida, pela formação de ácidos orgânicos durante a compostagem. Porém, esses ácidos orgânicos e “os traços de ácidos minerais que se formam, reagem com bases liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina”. Ácidos húmicos vão sendo formados e também reagem com elementos químicos básicos e formam humatos alcalinos, o que eleva o pH do composto durante o processo a neutro (7,0) e alcalino

(passando de 8,0), dependendo do nitrogênio amoniacal presente (MARAGNO *et al.*, 2007).

Quando falam da influência do pH durante o processo de compostagem, Maragno *et al.* (2007) esclarecem que durante as reações promovidas pelas condições ambientais necessárias ocorre a formação de ácidos húmicos e estes também reagem “com os elementos químicos básicos, formando humatos alcalinos” e, à medida que o processo se desenvolve, o pH do composto se eleva, passando pelo neutro (pH 7,0) e indo até pH acima de 8,0 (básico), “enquanto contiver nitrogênio amoniacal”, efeito este que é ratificado também por Mello e Vitti (2002).

O equilíbrio da relação C/N também é fator de fundamental importância na compostagem, pois afeta diretamente a qualidade do composto e o desenvolvimento desse importante processo (ZHU, 2005). Esse equilíbrio representa a garantia de que a compostagem estará cumprindo o seu principal objetivo, ou seja, possibilitando a fixação de nutrientes em condições de serem utilizados como adubo (MARAGNO *et al.*, 2007).

Sabe-se que a relação C/N inicial mais favorável nos materiais para a compostagem está em torno de 30/1 (KIEHL, 2002; PEREIRA NETO, 1996; ZHU, 2005; MARAGNO *et al.*, 2007). Já para o produto final humificado (composto), o ideal é que a relação C/N fique em torno de 12/1 (KIEHL, 2002; PEREIRA NETO, 1996; FERNANDES e SILVA, [200-?]), o que indica a ocorrência de degradação da matéria orgânica (mineralização) durante a compostagem, com a conseqüente redução do carbono orgânico e o aumento do nitrogênio total (nitrogênio orgânico, nítrico e amoniacal), segundo Kiehl (1985).

Para se obter um composto orgânico com a relação C/N desejada e sugerida por alguns autores, as associações das matérias primas utilizadas devem estar na proporção de 70% de material rico em hidratos de carbono e 30% de material rico em nitrogênio (esterços, por exemplo), sendo esses materiais nitrogenados fontes de micronutrientes e considerados de fácil decomposição, além de terem sua importância como inoculantes de bactérias e fungos (SILVA, 2008).

Maragno *et al.* (2007), discutem ainda sobre a importância dos macro e micronutrientes para as atividades metabólicas dos microorganismos durante o

processo de compostagem, destacando o carbono e o nitrogênio como sendo os mais importantes dentre todos eles, e isso em função da importante atividade biológica que esses elementos químicos dispõem para o desenvolvimento do processo. Neste sentido, a matéria orgânica, que é equivalente ao teor de carbono orgânico do material, exerce grande importância, pois, contribui para a disponibilidade de  $\text{H}_2\text{PO}_4$  e para a manutenção de cátions como  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  em forma trocável (MALAVOLTA *et al.*, 1989).

A maior importância do carbono para o processo de compostagem é que esse elemento se constitui fonte básica de energia para as atividades vitais dos microrganismos, e, o nitrogênio, é elemento indispensável para a reprodução celular dos mesmos. Como fontes desses nutrientes, geralmente são utilizados resíduos palhosos (vegetais secos) e orgânicos (legumes frescos e resíduos fecais), para carbono e nitrogênio, respectivamente. Uma mistura em proporções adequadas entre as duas fontes é importante, pois dificilmente uma só será capaz de fornecer um balanceamento de nutrientes propício para o desenvolvimento do processo de compostagem, considerando, ainda, que o excesso de carbono leva a um aumento do período de compostagem e, neste caso, o nitrogênio necessário passa a depender das células mortas dos microrganismos (MARAGNO *et al.*, 2007).

### **2.3. O feijoeiro e o sorgo**

Sobre o desenvolvimento do feijoeiro, Andreotti *et al.* (2008) discutem que as concentrações variáveis de 2,8% a 6% de nitrogênio, de 0,25% a 0,5% de fósforo, de 1,8% a 2,5% de potássio, de 0,8% a 3% de cálcio e de 0,25% a 0,70% de magnésio, são consideradas como níveis críticos internos para o desenvolvimento da cultura, e acrescentam que, para completar o seu ciclo vegetativo em condições nutricionais adequadas, o feijoeiro não pode apresentar concentrações desses nutrientes, quando da análise foliar, abaixo dos níveis críticos mencionados, pois, se isso ocorrer, a planta estará em deficiência e terá o seu desenvolvimento comprometido (ANDREOTTI *et al.*, 2008).

Segundo Fageria *et. al.* (1996), existe uma correlação entre o estágio fenológico da planta e o seu estado nutricional, afirmando assim que a fase do florescimento é o melhor momento para se determinar o estado nutricional do feijoeiro, pois, nessa fase, se encontram o máximo de matéria seca acumulada, e a concentração de nutrientes se destaca na seguinte ordem: K (75 kg/ha), N (67 kg/ha), Ca (35 kg/ha), Mg (8 kg/ha), P (5 kg/ha), Fe (1100 g/ha), Mn (200 g/ha), Zn (110 g/ha) e Cu (30 g/ha). Estes valores foram determinados em cultivo sobre solo de cerrado.

Em manual de análises químicas de plantas, Silva (1999) apresenta os seguintes teores de macro e micronutrientes como níveis foliares adequados para o feijoeiro na época do florescimento: N=30-50g kg<sup>-1</sup>; P=2,5-4,0g kg<sup>-1</sup>; K=20-24g kg<sup>-1</sup>; Ca=10-25g kg<sup>-1</sup>; Mg=2,5-5,0g kg<sup>-1</sup>; S=2,0-3,0g kg<sup>-1</sup>; B=15-26mg kg<sup>-1</sup>; Cu=4,0-20mg kg<sup>-1</sup>; Fe=40-140mg kg<sup>-1</sup>; Mn=15-100mg kg<sup>-1</sup>; Mo=0,5-1,5mg kg<sup>-1</sup>; e Zn=18-50mg kg<sup>-1</sup>.

Rosolem e Marubayashi (1994) afirmam que a cultura do feijão responde bem à adunação orgânica, sugerindo a aplicação de 15 a 20t de esterco de curral e 4 a 8t de esterco de frango durante o cultivo. Porém, para uma fertilização orgânica satisfatória do solo, esses materiais devem ser aplicados de forma contínua e durante muitos anos, pois os adubos orgânicos geralmente apresentam baixas concentrações de nutrientes e seus resultados são observados em longo prazo (SILVA, 2008).

Segundo Andreotti *et al.*(2008), para que se obtenha altas produções do feijoeiro, doses superiores a 100 kg de N/ha devem ser aplicadas, acrescentando que as maiores produções, observadas em resposta à aplicação desses fertilizantes nitrogenados, se não houver outro fator limitante, estão vinculadas aos teores médio e alto de fósforo no solo, além da umidade suficiente para facilitar o transporte de nutrientes e suprir as necessidades da cultura.

Sobre as relações de nodulação, fenômeno que ocorre pela simbiose rizóbio-leguminosa e é frequentemente observado nas plantas de feijoeiro (SANTOS *et al.*, 2009), observa-se que nos trabalhos de pesquisas que trazem essa discussão geralmente são utilizados solos e não compostos orgânicos como substratos, sabendo-se que, apesar da tendência natural de simbiose entre o feijoeiro e algumas bactérias do gênero *Rhizobium*, para que ocorra a nodulação

é necessária a presença de estirpes de rizóbio nativos no substrato ou que se faça sua inoculação (VIEIRA *et al.*, 2005).

O sorgo (*Sorghum bicolor* L), cultura escolhida para este trabalho, apresenta grande capacidade de extrair nutrientes como N, P, K, Ca e Mg, característica que está diretamente vinculada à sua capacidade de produção, porém, a maior exigência nutricional do sorgo refere-se aos elementos N e K, seguindo-se do Ca, Mg e P (COELHO, 2008). Segundo este autor, o sorgo apresenta também grande capacidade de exportação desses nutrientes, translocando a quase totalidade do fósforo e nitrogênio, seguindo-se o magnésio, o potássio e o cálcio.

Sobre a absorção de nutrientes pela planta de sorgo nos seus diferentes estádios de crescimento, Pitta *et. al.* (2000) ainda apresentam as porcentagens do requerimento de N, P e K, macronutrientes muito exigidos pelas gramíneas, afirmando que, “por ocasião do florescimento”, ou seja, entre 41- 60 dias após a emergência (EC2), “70%, 60% e 80% do total do nitrogênio, do fósforo e do potássio, respectivamente, já foram absorvidos pela planta do sorgo”.

Para uma avaliação do estado nutricional da planta de sorgo, Silva (1999) sugere os teores adequados, a serem analisados no período de florescimento, apontando os seguintes níveis de macro e micronutrientes foliares: N=25-35g kg<sup>-1</sup>; P=2,0-4,0g kg<sup>-1</sup>; K=14-25g kg<sup>-1</sup>; Ca=2,5-6,0g kg<sup>-1</sup>; Mg=1,5-5,0g kg<sup>-1</sup>; S=1,5-3,0g kg<sup>-1</sup>; B=4,0-20mg kg<sup>-1</sup>; Cu=5,0-20mg kg<sup>-1</sup>; Fe=65-100mg kg<sup>-1</sup>; Mn=10-190mg kg<sup>-1</sup>; Mo=0,1-0,3mg kg<sup>-1</sup>; e Zn=15-50mg kg<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, K. C. L. de M. **Podridão Vermelha do Sisal**. Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia/ADAB, [200-?]. Artigo disponível em: <[http://www.adab.ba.gov.br/modules/mastop\\_publish/?tac=168](http://www.adab.ba.gov.br/modules/mastop_publish/?tac=168)>. Acesso em: 19 Fev 2010.

ALVES, M. O.; SANTIAGO, E. G.; LIMA, A. R. M. **Diagnóstico sócioeconômico do setor sisaleiro do Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2005, 90p (Série Documentos do ETENE n° 04).



ANDREOTTI, M.; NAVA, I.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V.; FURLANI JUNIOR, E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na "safra das águas" - DOI: 10.4025/actasciagron.v27i4.1306. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 595-602, Oct./Dec., 2005. Brasil, 27 abr. 2008.

AZEVEDO FILHO, J. A. de; FAZUOLI, L. C.; THOMAZIELLO, R. A. **Efeito de substratos orgânicos no crescimento das mudas**. Artigos e Projetos. Setembro de 2001. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=446>>. Acesso em: 28 Out 2009.

BANDEIRA, D. A; SILVA, O. R. R. F. da. Aproveitamento de resíduos (Cap. 05). In: CANTALINO, A. L.; LEÃO, A. L.; LOBO, A. C. O.; STARLING, A. L. de L.; JOAQUIM, A. P.; LEAL, A. F; MOIR, B.; BANDEIRA, D. A.; SIUNAGA, F. A.; VAZ, G.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; OLIVEIRA, I. F. de; NASCIMENTO, J. W. B. do; SANTOS, J. D. dos; CARVALHO, L. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, O. R. R. F. da; CAPORALI, R.; WERFF, S. V. D.; CARTAXO, W. V.; COUTINHO, W. M. **O sisal do Brasil**. Salvador: Sindifibras, [2004?]. p.13,14.

CARVALHO, J. C. R. de. **Capacidade de uso e manejo do solo**. Módulo II. Escola de Educação Básica e Profissional Fundação Bradesco. Feira de Santana-BA, [1998?], 106p.

COELHO, A. M. **Cultivo do Sorgo: Nutrição e adubação**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção 2, Versão Eletrônica - 4ª edição. Set./2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/adubacao.htm>>. Acesso em: 15 Mar 2010.

FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P. de; DUTRA, L. G. **Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. 40p. (EMBRAPA-CNPAF, Documentos, 65). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/CNPAF/12242>>. Acesso em: 05 Mar 2010.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. da. **Manual prático para a compostagem de bio sólidos**. Universidade Estadual de Londrina- UEL. [200-?]. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/Livro%20Compostagem.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2010.

GALVÃO, Alamiro. **Valente, estrela do semi-árido**. Clio, 2004.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA. Editora e Gráfica Trieste Ltda: **Mapa político turístico didático regional e rodoviário**. Salvador, 1995. 1 mapa. Color, 1,08m x 0,84m. Escala: 1:1.200.000.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO DO SISAL - IDRSisal. **Terrítório do Sisal**. 2007. Informativo. Disponível em: <<http://www.idrsisal.org.br/sisal/territorio.php>>. Acesso em: 21 Agosto 2009.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1985. 492p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: Maturação e qualidade do composto**. 3 ed. Piracicaba: edição do autor, 171p.2002.

LIMA, L. **Sisal foi considerado o ouro branco do sertão**. In: Reportagem Especial: Região Sisaleira, 21/10/07. Disponível em: <[www.latinoamericano.jor.br/noticias\\_9.html](http://www.latinoamericano.jor.br/noticias_9.html)>. Acesso em: 01 Nov 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n. 25, 2009. In: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20542>>. Acesso: 04 Jun 2010.

MARAGNO, E. S.; TROMBIN, D. F.; VIANA, E. O uso da serragem no processo de minicompostagem. **Eng. Sanit. Ambient.** vol.12 n.4, Rio de Janeiro, Oct./Dec. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v12n4/a01v12n4.pdf>>. Acesso em: 17 Dez 2009.

MELLO, S. C. e VITTI, G. C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas características químicas do solo em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**. [online]. 2002, vol.20, n.3, pp. 452-458. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362002000300011&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362002000300011&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 03 Abr 2010.

PEIXOTO, R. T. dos G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo**. Londrina, IAPAR, 1988. 48p.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF. 56p. 1996.

PITTA, G. V. E.; COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C.; FRANÇA, G. E. de; MAGALHÃES, J. V. de. **Adubação de plantio e cobertura**. In: **Cultivo do sorgo**. Sistema de Produção, 2. Embrapa Milho e Sorgo. 2000. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/aadubac.htm>>. Acesso em: 02 Fev 2010.

PRESTES, M. L. de M. **A pesquisa e a construção do conhecimento científico: do planejamento aos textos, da escola à academia**. 3. ed. rev. atual. e ampl.-São Paulo: Rêspel, 2005. 260p.

PRIMAVESI, A. M. **A agricultura em regiões tropicais: manejo ecológico do solo**. Nobel, 1986. 536p.

ROSOLEM, C. A. e MARUBAYASHI, O. M. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Encarte de informações agronômicas - nº 68 - Dezembro de 1994.

SANTOS, Júlio D'aparecida dos. **O que é o sisal**. CONAB, 2005. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/cas/especiais/Situacao%20Conjuntural%20do%20Sisal.pdf>>. Acesso em: 18 Mar 2010.

SANTOS, J. O.; ARAÚJO, A. S. F.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. A.; FIGUEIREDO, M. V. B. Ontogenia da nodulação em feijão-fava (*Phaseolus lunatus*). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.4, p.426-429, out.-dez., 2009. Recife, PE, UFRPE.

SEAGRI - Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária / Estado da Bahia. **Cultura – Sisal**. ([2008?]). Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/Sisal.htm>>. Acesso em: 23 Out 2008.

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. de L. S. de; BELTRÃO, N. E. de M. **Composição Química de Onze Materiais Orgânicos Utilizados em Substratos para Produção de Mudanças**. Comunicado Técnico 278. Campina Grande/PB, agosto de 2006. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2006/COMTEC278.pdf>>. Acesso em: 23 Out 2008.

SILVA, E. C. F.. **Produção de composto orgânico**. Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, 2008. 30p.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

SILVA, I. R. Da; MENDONÇA, E. de S. **Matéria Orgânica do Solo (cap. VI).** In: Fertilidade do Solo. UFV. SBCS, Viçosa/MG, 2007.

SILVA, O. R. R. F. da; COUTINHO, W. M. **Cultivo do Sisal.** In: Sistemas de Produção. CNPA/Embrapa Algodão. Versão Eletrônica, Dez./2006. Disponível em: <sisemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHT...>. Acesso em: 22 Out 2008.

SOUZA, F. V. D.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos; SENA, M. das G. C.; MOURA, C. **Aproveitamento multiuso do resíduo do sisal: uma experiência que está dando certo.** 2007. Artigo disponível em: <<http://www.agrosoft.org.br/agropag/27193.htm>>. Acesso em: 22 out 2008.

SOUZA, L. S. S.; SOARES, A. C. F. Efeito "In Vitro" do extrato aquoso de Nim (*Azadirachta indica*) e alho (*Allium sativum* L.) em *Aspergillus niger*. **Rev. Bras. de Agroecologia.** Nov. 2009, Vol. 4 No. 2.

SUINAGA, F. A.; SILVA, O. R. R. F. da; COUTINHO, W. M. A história (Cap. 01). In: CANTALINO, A. L.; LEÃO, A. L.; LOBO, A. C. O.; STARLING, A. L. de L.; JOAQUIM, A. P.; LEAL, A. F.; MOIR, B.; BANDEIRA, D. A.; SIUNAGA, F. A.; VAZ, G.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; OLIVEIRA, I. F. de; NASCIMENTO, J. W. B. do; SANTOS, J. D. dos; CARVALHO, L. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, O. R. R. F. da; CAPORALI, R.; WERFF, S. V. D.; CARTAXO, W. V.; COUTINHO, W. M. **O sisal do Brasil.** Salvador: Sindifibras, [2004?]. p.5-8.

USDA/United States Department of Agriculture. **Environmental Engineering. National Engineering Handbook, Part 637.** Chapter 2 - Composting. Natural Conservation Resources Service, p. 2-67. 2000.

VASCONCELOS, YURI. O que é revolução verde? **Revista Vida Simples,** 08/2007. Artigo disponível em: <[http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteudo\\_244070.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteudo_244070.shtml)>. Acesso em: 05 Set 2009.

VIEIRA, R. F.; TSAI, S. M.; TEIXEIRA, M. A. Nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro com estirpes nativas de rizóbio, em solo tratado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** vol.40 n.10, Brasília Oct., 2005.

ZHU, N. **Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine** manure with rice straw. *Bioresource Technology*, vol.98, p. 9-13. 2005.

# **CAPÍTULO 1**

## **PRODUÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS A PARTIR DE RESÍDUO DE SISAL MISTURADO A ESTERCOS E FARINHA DE ROCHA<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Agroecologia.

## **PRODUÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS A PARTIR DE RESÍDUO DE SISAL MISTURADO A ESTERCOS E FARINHA DE ROCHA**

**RESUMO:** Considerando que o resíduo de sisal é um dos materiais vegetais com potencial à produção de composto orgânico, este trabalho teve como objetivo o aproveitamento desse resíduo para, através da compostagem com esterco animal e farinha de rocha natural, produzir compostos orgânicos com potencial de utilização na própria lavoura e em outros cultivos agrícolas. A pesquisa foi realizada no Instituto de Desenvolvimento da Região do Sisal, na cidade de Valente-BA, no período de março a junho de 2009, onde foram formadas as pilhas de compostagem com o resíduo fresco (RF), resíduo seco (RS), esterco misto (EM), esterco de frango (EF) e farinha de rocha (FR), sob condições ambientais homogêneas. O experimento foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos e três repetições. Após a compostagem, amostras dos compostos foram encaminhadas a exame laboratorial para determinação de características químicas. Observou-se correlação positiva e altamente significativa do carbono orgânico dos compostos com macro e micronutrientes desses materiais, e entre esses nutrientes. Os resultados mostraram que: a adição de esterco misto e de frango e da farinha de rocha não contribuiu para aumentar os teores de nutrientes nos compostos de resíduo de sisal, apesar da fundamental contribuição dos esterco para o equilíbrio da relação C/N, CTCt e pH dos compostos finais; o composto com 100% de resíduo de sisal é um fertilizante orgânico, com potencial para uso em cultivos agrícolas e aplicação no solo; os compostos produzidos apresentaram atributos químicos satisfatórios, com base em recomendação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

**Palavras-chave:** *Agave sisalana*. Mucilagem. Fertilizante orgânico. Adubação.

## **COMPOST PRODUCTION FROM SISAL RESIDUES FOR COMPOSTING WITH MANURE MEAL AND ROCK POWDER**

**ABSTRACT:** The sisal leaf residue it's a plant material with potential for the production of an organic substrate through composting. This work aimed to use this residue for the production of a organic substrate for the utilization at its own crop or at other crops. The study was carried out at the Sisal Developmental Region Institute, Valente – BA., from march through june 2009, where the composting of fresh (RF), dry (RS), mixed manures (EM) poultry manure (EF), and rock powder were composted at several different ratios under homogeneous environmental conditions. The experiment was carried out at a completely randomized design with tem treatments and three repetitions. After composting samples from each substrate were taken for chemical and physical determinations. The results showed that: the addition of manures meals and rock powder did not contribute for increasing nutrients content of the compost, although there was an improvement of the C/N, CTCt and pH of the final compost; the compost with only 100% residue can be considered an organic fertilizer; the compost showed chemical ratio within the range accepted by the Agricultural Department of the National Govern.

**Key-words:** *Agave sisalana* Perrene. Pulp. Organic Fertilizer. Fertilization



## 1. INTRODUÇÃO

O processo natural de decomposição de materiais orgânicos pela ação de microorganismos e sua transformação em “húmus” - a compostagem, é uma técnica com eficiência comprovada na reciclagem dos resíduos orgânicos como uma das formas de melhor aproveitamento de recursos naturais (PEIXOTO, 1988) e que tem sido utilizada há milhares de anos nas atividades agrícolas, com a finalidade de transformar resíduos, principalmente vegetais, em fertilizante natural através do aproveitamento desses materiais que, geralmente, são abandonados no ambiente. Além das fontes vegetais, também são utilizados resíduos industriais, agroindustriais e esterco animais como fontes para a compostagem, estes, com comprovada eficiência para a recuperação de solos nutricionalmente esgotados (ZAMBERLAM; FRONCHETI, 2001) e por fornecer nutrientes importantes como nitrogênio, fósforo e potássio (CAMPBELL, 1995).

Encontram-se relatos que há mais de cinco milênios a compostagem já era uma prática entre os agricultores chineses (FREITAS, 2009), os quais, mesmo sem o saber científico comprovado, já contribuíam para a sustentabilidade do sistema.

Históricos também são os relatos bíblicos encontrados sobre regulamentos, e até leis, que foram estabelecidos para orientar as formas de exploração dos solos e seus cultivos, inclusive com períodos determinados para “descanso” do solo e sua recomposição nutricional de modo natural (BÍBLIA, 1999). Esses relatos, que datam dos séculos XIV ao XIII a.C., revelam que há uma antiga preocupação humana, herdada do próprio Criador, com a preservação dos recursos naturais de produção, e que a compostagem está entre essas

práticas utilizadas desde o princípio, o que mostra sua histórica relevância para os diversos sistemas de produção agrícola.

Apesar desses históricos relatos, a utilização de composto como fonte de matéria orgânica é uma prática relativamente nova no Ocidente e teve início, segundo informações, a partir de experimentos realizados pelo inglês Sir Albert Howard, o qual é considerado o Pai da Compostagem, tendo desenvolvido vários trabalhos na Índia durante as primeiras décadas do século XX (PEIXOTO, 1988).

A compostagem é um procedimento relativamente simples, porém, demanda cuidados e a observação de princípios básicos que garantam a qualidade final do substrato produzido (PEIXOTO, 1988). Este autor subdivide o processo natural em duas fases: uma física, chamada de desintegração, e outra química, denominada decomposição, sendo que na primeira etapa ocorre a quebra mecânica dos resíduos e, na segunda, os materiais orgânicos são decompostos em unidades estruturais básicas, por enzimas extracelulares. Na sequência, essas estruturas são absorvidas e oxidadas pelos microrganismos em busca de nutrientes inorgânicos, ocorrendo assim a conseqüente transformação da biomassa.

Ao final do processo de compostagem, tem-se um produto homogêneo, de coloração, cheiro e textura característicos de cada composto, como resultado da conversão microbiológica dos resíduos orgânicos em um substrato denominado húmus, que nada mais é do que o produto final de transformação das frações orgânicas (proteínas, aminoácidos, celulose, hemicelulose e lignina), resultado da decomposição e síntese, feitas simultaneamente pelos microrganismos. A aplicação técnica desse composto no solo vai promover vários benefícios estruturais, econômicos e ambientais (PEIXOTO, 1988; USDA, 2000).

Sabe-se que os compostos orgânicos têm sido eficazmente utilizados como substrato/adubo de boa qualidade química, física, biológica e ambiental, surgindo como alternativa viável para os diferentes sistemas produtivos na agricultura, pois, além de servir para a fertilização natural, ainda promove a reciclagem de materiais que podem estar, e geralmente estão poluindo o meio ambiente.

Quando utilizados de maneira tecnicamente adequada, os substratos oriundos da compostagem com materiais orgânicos conhecidos têm apresentado resultados satisfatórios, com alguns destaques na horticultura brasileira (LEAL, *et al.*, 2007). Existem relatos, inclusive, de que quando esses substratos orgânicos são aplicados adequadamente à espécie plantada, contribui para a redução do tempo de cultivo, além de colaborar para a diminuição do consumo de fertilizantes químicos e defensivos, bem como para a redução da mão-de-obra (SEVERINO *et al.*, 2006).

Os substratos orgânicos constituem-se também importante tecnologia para a produção orgânica de mudas, representando, além de importante recurso ambiental, a possibilidade de transição do uso de substratos com agroquímicos e de alto custo para substratos regionais, de baixo custo e de fácil preparação (SILVA *et al.*, 2006), características estas que codizem com os materiais orgânicos utilizados neste trabalho.

Assim, o presente trabalho foi proposto tendo como objetivo o aproveitamento do resíduo de sisal para a compostagem com esterco e farinha de rocha natural, buscando-se compostos orgânicos com potencial de utilização na agricultura orgânica, biodinâmica e convencional, em diferentes sistemas de cultivo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi desenvolvida em espaço físico do Instituto de Desenvolvimento da Região do Sisal - IDRSisal, localizado no Km 2 da Rodovia Luiz Eduardo Magalhães, na cidade de Valente-BA, com coordenadas geográficas centrais de 11°25'57" latitude S e 39°28'52" longitude W, e altitude de 358m, distante 238 km de Salvador. As atividades se desenvolveram no período de março a junho do ano de 2009, sendo as pilhas, compostas com os materiais orgânicos e a farinha de rocha, formadas em área aberta e sob condições ambientais consideradas homogêneas.

Na fase de produção do composto, o resíduo de sisal foi misturado aos demais materiais, em dois diferentes estádios de conservação: fresco (RF) e seco (RS) e nas duas situações esse material foi integralmente (com suco e fibras) submetido à compostagem com diferentes quantidades de farinha de rocha natural (FR), esterco misto (EM) e esterco de frango (EF). Para tanto, foi montado um experimento, num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos repetidos três vezes, com a finalidade de avaliar a relação entre os diversos componentes (RF, RS, EM, EF e FR), em percentagem do volume final, e sua influência na qualidade do composto a ser produzido. Os tratamentos foram assim definidos: **T<sub>1</sub>**: RF 70% + EM 15% + FR 15%; **T<sub>2</sub>**: RS 70% + EM 15% + FR 15%; **T<sub>3</sub>**: RF 70% + EF 15% + FR 15%; **T<sub>4</sub>**: RS 70% + EF 15% + FR 15%; **T<sub>5</sub>**: RF 90% + FR 10%; **T<sub>6</sub>**: RS 90% + FR 10%; **T<sub>7</sub>**: RF 70% + FR 30%; e, **T<sub>8</sub>**: RS 70% + FR 30%.

A definição do percentual de cada material orgânico nos tratamentos do presente trabalho foi feita a partir de informações encontradas em trabalho de Silva (2008), o qual sugere como ideal a seguinte mistura para a compostagem: 70% de materiais ricos em hidrato de carbono com 30% de materiais ricos em nitrogênio (inoculantes de bactérias e fungos), para, assim, se buscar um composto orgânico com a relação C/N desejada. Os demais tratamentos foram estabelecidos para um possível comparativo no presente estudo.

Anterior à mistura dos diferentes materiais orgânicos e da farinha de rocha para a compostagem foi determinado o teor de umidade (método gravimétrico) de cada um deles, com o seguinte resultado: RF=81%, RS=34%, EM=31,85%, FR=4,50% e EF=4,80%. A partir dessa informação e com base na percentagem de cada material utilizado para os tratamentos definidos, foi possível saber a quantidade de água necessária para a umidade ideal de cada pilha em compostagem.

Foram também coletadas amostras individuais de cada um dos materiais para análises laboratoriais específicas. Com essas análises, obtiveram-se informações confiáveis sobre os teores de macro e micronutrientes e carbono orgânico do material vegetal (resíduo de sisal), através do método de análises foliares, sendo feita a digestão via úmida da amostra do tecido vegetal em ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, e o N determinado por titulação colorimétrica

em meio contendo indicador; para os nutrientes P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, foi feita a digestão via úmida da amostra utilizando-se mistura dos ácidos nítrico e perclórico, e posterior determinação por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido de argônio (ICP/EAS); para o B, a amostra foi incinerada em forno mufla a 600 °C, com posterior solubilização (adição de HCl 0,2 mol/L) e determinação por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido de argônio (ICP/EAS); o carbono orgânico foi determinado na matéria seca a 65 °C.

Os esterco, por se tratar de materiais essencialmente orgânicos, foram analisados utilizando-se a metodologia indicada pela USEPA (1996), devido à sua praticidade e por possibilitar, na digestão, a quantificação de quase todos os macro e micro elementos. As determinações foram assim realizadas: P, Ca, K, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, em digestão na mistura de ácidos nítrico e clorídrico e posterior quantificação em ICP; B, por calcinação a 550°C, com posterior solubilização em HCl e quantificação em ICP. N total, através da amonificação de todas as formas de nitrogênio por digestão sulfúrica, seguida de destilação por vapor de arraste e posterior quantificação por titulometria; C orgânico, pela oxidação do C. O. em dicromato de potássio, por ácido sulfúrico concentrado e posterior quantificação através da titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal. A umidade foi determinada a 65°C e o pH em  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>.

Na farinha de rocha, foi feita análise química, com as seguintes determinações e respectivos métodos: pH em água, índice pH obtido em água, relação 1:2,5; pH em  $\text{CaCl}_2$ , índice pH em solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>, relação 1:2,5; acidez potencial: extração da acidez gerada por H e Al em solução de acetato de cálcio e meio tamponado a pH 7,0, com determinação por volumetria; P, K, Fe, Cu, Mn e Zn, com extração em duplo ácido (Mehlich 1) e posterior determinação por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido de argônio (ICP/EAS); Ca, Mg e Al, com extração em cloreto de potássio 1 mol L<sup>-1</sup> e posterior determinação por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido de argônio (ICP/EAS); B, com extração em água quente e determinação por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido de argônio (ICP/EAS); e S, com extração em solução de fosfato monobásico de potássio e

determinação por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido de argônio (ICP/EAS); a matéria orgânica foi determinada pelo Método Colorimétrico.

Passada a fase de planejamento, foram formadas as pilhas com os diferentes materiais orgânicos (resíduo de sisal, esterco misto (ovino e bovino), esterco de frango e farinha de rocha), na proporção definida para cada tratamento, sendo as pilhas umedecidas, quando necessário, com água livre de cloro, até atingir a umidade em torno de  $55 \text{ dag Kg}^{-1}$ , taxa considerada ótima para promover o crescimento mais rápido dos microrganismos envolvidos no processo (MARAGNO *et. al.*, 2007).

Paralelo aos tratamentos em compostagem com os diferentes materiais, também foram formadas pilhas de compostagem com 100% de resíduo fresco (RF) e 100% de resíduo seco (RS), recebendo essas pilhas o mesmo tratamento e sob as mesmas condições dos demais materiais. A finalidade com essas observações foi a busca de informações que possibilitassem fazer inferências sobre o resultado, já que se tratava de material apenas vegetal e não poderia ter seu resultado comparado ao dos demais tratamentos (análises químicas e físicas por métodos e extratores diferentes).

Após o umedecimento inicial do material, foi aferida a temperatura no interior de cada pilha pela primeira vez e, 24 horas depois, fez-se a segunda observação térmica. Na seqüência, a cada cinco dias se fazia o monitoramento da temperatura nas pilhas, utilizando termômetro digital dotado de haste metálica para introdução nas pilhas, oportunidade em que o material também era revirado e umedecido até mais ou menos o ponto recomendado. Como não se dispunha de equipamento para essa determinação exata, a observação era feita a partir da manipulação do material de cada pilha, observando a sua friabilidade através do “teste da esponja” (consiste em pressionar o material com a mão de modo que a água escoe em pequena quantidade), para que a umidade estivesse o mais próximo do ideal. A reposição de água era feita com aspersão manual sobre o material, através de uma mangueira conectada a uma bomba submersa em reservatório de água.

A estabilidade da temperatura foi indicativa para o final do processo de compostagem, observando-se também outras características como textura,

coloração e cheiro do material, características que também sugeriram o término do processo de fermentação (CARVALHO, [1998?]).

Após a compostagem, foram coletadas amostras individuais de cada composto e submetidas a análises químicas, com as seguintes determinações: pH em água, pH em  $\text{CaCl}_2$ , acidez potencial (H+Al), P, K, Fe, Cu, Mn, Zn, Ca, Mg Al, B e S, utilizando-se as mesmas metodologias de extração definidas para a farinha de rocha mencionada, uma vez que em todos os compostos este material mineral estava presente. As amostras dos compostos com 100% de resíduo foram também submetidas a análises químicas, através dos métodos e extratores já definidos para fertilizante orgânico (USEPA, 1996), cujos valores encontram-se na Tabela 1.1.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a teste de média (Scott Knot a 5% de probabilidade), utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003). Analisou-se também o coeficiente de correlação existente entre algumas variáveis de importância estatística, pelo coeficiente de Spearman, utilizando-se, para tanto, o software Statistical Analysis System (SAS).

Foi feita adequação de algumas unidades entre os valores apresentados nas análises laboratoriais, a fim de facilitar a compreensão e discussão dos resultados, utilizando-se, para tanto, tabelas com fatores de conversão sugeridos por Ribeiro et al. (1999) e Fukuda e Otsubo (2003).

**Tabela 1.1.** Características químicas e física dos compostos orgânicos com 100% de resíduo fresco e seco de sisal

Compostos Orgânicos	Macronutrientes						Micronutrientes					pH em CaCl <sub>2</sub>	U <sup>1</sup> (%)	C. O. <sup>2</sup> (%)	C/N <sup>3</sup>
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Fe	Mn	Cu				
	g/kg	mg/dm <sup>3</sup>	..... (cmol/dm <sup>3</sup> )	.....	mg/dm <sup>3</sup>	.....	..... ( mg/dm <sup>3</sup> )								
<b>100% RF</b>	8,53	8867	15,05	413	188	867	96,67	133	8633	93,33	46,67	9,00	4,40	13,70	15,70
<b>100% RS</b>	8,60	3823	20,46	366	152	933	96,67	100	7433	167	33,33	8,87	3,43	13,60	15,23

<sup>1</sup> = Umidade; <sup>2</sup> = Carbono Orgânico; <sup>3</sup> = Relação Carbono/Nitrogênio.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1.2. são apresentados os valores de macro e micronutrientes, além de outros relevantes fatores, determinados através da análise laboratorial do resíduo de sisal utilizado para a compostagem, nos dois estádios de conservação. O teor da maioria dos macronutrientes, a relação C/N e a umidade dos resíduos foram encontrados dentro da faixa definida por MAPA (2009) para fertilizante orgânico simples (tortas vegetais) com capacidade para aplicação no solo. Este resultado pode justificar o convencional e sucessivo uso desse material pelos produtores, mesmo sem o prévio conhecimento técnico, por observarem, na prática, os resultados, ainda que em longo prazo. É também indicativo da importância desses materiais para o processo de compostagem, podendo ter contribuído para o aumento da atividade metabólica dos



microrganismos durante o processo e para curto tempo de compostagem no presente trabalho (em torno de cinqüenta dias), com a estabilização do material. Este resultado está condizente com relatos feitos por Maragno *et al.* (2007), citando Pereira Neto (1996), quando se referem à importância dos macro e micronutrientes para o processo de compostagem, com destaque para o carbono e o nitrogênio.

Os teores dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg, determinados no resíduo de sisal (fresco e seco) e no esterco misto, foram encontrados superiores aos valores apresentados por Severino *et al.*(2006) quando estudaram a composição química do esterco bovino (N=7,7g/kg, P=8,7g/kg, K=3,2g/kg, Ca=3,0g/kg, Mg=1,8g/kg) e da mucilagem de sisal (N=1,2g/kg, P=1,0g/kg, K=1,0g/kg, Ca=3,4g/kg, Mg=2,4g/kg) como substratos orgânicos.

Estando o teor de carbono orgânico relacionado com a estabilização do material e a atividade microbiana (ANDREOTTI *et al.*, 2008), os valores desse elemento no material vegetal indicaram uma maior mineralização do resíduo seco, com o menor percentual de **C**. Esse carbono nos resíduos foi de grande importância para a nutrição microbiológica durante o processo de compostagem, pois, como afirmam Maragno *et al.*(2007), esse elemento se constitui fonte básica de energia para as atividades vitais e metabólicas dos microrganismos, em qualquer processo biológico.

Esse carbono orgânico encontrado no resíduo de sisal assegura que o material vegetal apresenta-se também com potencial para utilização como substrato de base orgânica, pois esses valores estão de acordo com o recomendado por Schmitz *et al.* (2002), quando estabelecem “que os teores ideais de carbono orgânico para substratos devem ficar acima de 25%”, o que corresponde ao teor recomendado de matéria orgânica para substratos em torno de 50% (FOCHESATO *et al.*, 2008) .

A partir desses teores de carbono orgânico obteve-se o percentual da matéria orgânica do resíduo, o que foi feito através de fórmula matemática sugerida por Maragno *et al.*(2007), multiplicando-se o percentual de carbono orgânico pela constante 1,8. Neste caso, encontrou-se um maior teor de matéria orgânica no resíduo fresco (60,12%) que no resíduo seco (54,36%). Essa diferença pode ser explicada, provavelmente, pela presença maior de alguns

compostos orgânicos mais estáveis - a exemplo da celulose, hemicelulose e lignina - no material ainda fresco.

**Tabela 1.2.** Composição química e física do resíduo de sisal e dos esterco misto e de frango utilizados na compostagem

<b>Variáveis Analisadas</b>	<b>Material Vegetal</b>		<b>Estercos</b>	
	<b>Resíduo Fresco</b>	<b>Resíduo Seco</b>	<b>Misto</b>	<b>Frango</b>
N (g kg <sup>-1</sup> )	13,20	18,50	-	-
P (g kg <sup>-1</sup> )	5,90	4,40	3,71	6,42
K (g kg <sup>-1</sup> )	20,30	26,90	10,00	12,42
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	43,40	73,80	20,43	10,22
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	15,70	25,80	8,73	2,53
S (g kg <sup>-1</sup> )	1,10	2,30	1,80	2,70
B (mg kg <sup>-1</sup> )	100,50	140,50	40,00	30,00
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	40,50	77,50	100,00	200,00
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	1035,00	434,00	4100,00	1400,00
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	44,00	200,00	200,00	200,00
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	09,00	16,00	10,00	210,00
C. Orgânico (%)	33,40	30,20	23,00	15,50
M. Orgânica (%)	60,12	54,36	41,40	27,90
Relação C/N	25,30	16,30	24,50	11,15
pH em CaCl <sub>2</sub>	-	-	8,25	7,75
Umidade (%)	81,00	34,00	31,85	4,80
CTC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	-	-	40,50	28,50
N. total (%)	-	-	0,94	1,39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total (%)	-	-	0,85	1,47
K <sub>2</sub> O (%)	-	-	1,20	1,49
CaO (%)	-	-	2,84	1,42
MgO (%)	-	-	1,45	0,42

Na mesma tabela tem-se os valores médios de pH, umidade, CTC, relação C/N, Carbono Orgânico, Nitrogênio total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu, encontrados no esterco misto (EM) e no esterco de Frango (EF), teores que também encontram-se, na maioria, dentro do estabelecido por MAPA (2009) para fertilizantes orgânicos simples (esterco e camas) a serem aplicados no solo, com exceção do S, B, Zn, Mn e Cu. Essa capacidade fertilizante dos materiais orgânicos estudados é indicada, principalmente, pelo

teor de carbono orgânico, pela relação C/N, CTC, teor dos óxidos de potássio, cálcio e magnésio, além do pH, importantes parâmetros a serem avaliados num material orgânico para a compostagem, segundo Maragno *et al.*(2007).

Observou-se o pH alcalino nos dois esterco (8,25 e 7,75), característica que é inerente ao material já compostado e representa o resultado das reações de ácidos orgânicos e traços de ácidos minerais das matérias primas originais com bases liberadas da matéria orgânica, “gerando compostos de reação alcalina” (MARAGNO *et. al*, 2007). E, ainda, esse pH observado pode ser um indicativo de que esses materiais orgânicos (esterco) já teriam sofrido reações de decomposição parcial, em função do local e do tempo de exposição dos mesmos.

Portanto, com base em afirmação feita por Silva e Mendonça (2007), após observarem a elevação do pH em solos ácidos com a adição de esterco fresco bovino e camas de aviário (esterco de frango), pode-se inferir que os materiais orgânicos aqui analisados apresentam pH caracteristicamente ideal enquanto fertilizantes orgânicos para aplicação em solos com carência nutricional (KIEHL, 1985; MAPA, 2009).

Importante parâmetro também analisado foi a capacidade de troca catiônica, observando-se que no esterco misto encontrou-se uma CTC de 40,50  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e no esterco de frango o valor foi de 28,50  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ . Esses teores estão acima do valor de referência para substratos, que é de 12  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , segundo Fochesato *et al.*( 2008).

A relação C/N e o teor de carbono orgânico iniciais nos dois materiais (esterco misto e esterco de frango) foram encontrados abaixo do recomendado para a formação de um composto final com a qualidade ideal, com base em discussão feita por Maragno *et al.* (2007), Kiehl (2002), Pereira Neto (1986) e Zhu (2005). E esses valores são encontrados ainda mais baixos quando o material avaliado é o esterco de frango, provavelmente, em função do adiantado grau de estabilização deste material (ANDREOTTI *et al*, 2008). Porém, quando analisados a partir das especificações dos fertilizantes orgânicos simples, somente o esterco de franco apresenta relação C/N abaixo do ideal, que é de 20:1 para esse material (MAPA, 2009).

Importantes informações também foram obtidas quando da análise realizada na farinha de rocha (Tabela. 1.3.), material este utilizado na compostagem como fonte de fosfato natural e outras substâncias e com a finalidade de melhorar a estrutura do substrato. A utilização de farinhas de rochas tem sido pesquisada com resultados comprovados de que as plantas se nutrem com potássio, magnésio e micronutrientes fixados nos silicatos primários (mica e feldspato), a partir da solubilização desses nutrientes pelos ácidos orgânicos da decomposição microbológica da biomassa e exsudados radiculares (D'ANDRÉA, 2004). Esses materiais têm sua utilização recomendada por fornecerem nutrientes como Ca e Mg aos substratos com resíduos orgânicos (PEIXOTO, 1988), o que se confirma no material utilizado neste trabalho, pelos teores desses nutrientes encontrados na tabela abaixo, além de outros fatores de grande relevância.

**Tabela 1.3.** Macro e micronutrientes, relações entre cátions, e saturação do complexo de troca, na Farinha de Rocha

Macronutrientes		Micronutrientes		Relações		SCT	
Fator	Valor	Fator	Valor (mg/dm <sup>3</sup> )	Fator	Valor	Fator	Valor (%)
pH em água	8,75	B	0,40	Ca/Mg	0,70	K	1,00
pH em CaCl <sub>2</sub>	7,75	Zn	1,05	Ca/K	39,30	Ca	42,00
M. O. (dag Kg <sup>-1</sup> )	0,30	Fe	20,00	Mg/K	53,90	Mg	57,00
P (mg/dm <sup>3</sup> )	379,90	Mn	38,75	-	-	H+Al	0,00
K (mg/dm <sup>3</sup> )	83,00	Cu	0,90	-	-	Na	0,00
S (mg/dm <sup>3</sup> )	4,50	-	-	-	-	-	-
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	8,35	-	-	-	-	-	-
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	11,45	-	-	-	-	-	-
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,00	-	-	-	-	-	-
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,00	-	-	-	-	-	-
H+Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,00	-	-	-	-	-	-
CTCt (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	20,00	-	-	-	-	-	-
V (%)	100,00	-	-	-	-	-	-
M (%)	0,00	-	-	-	-	-	-

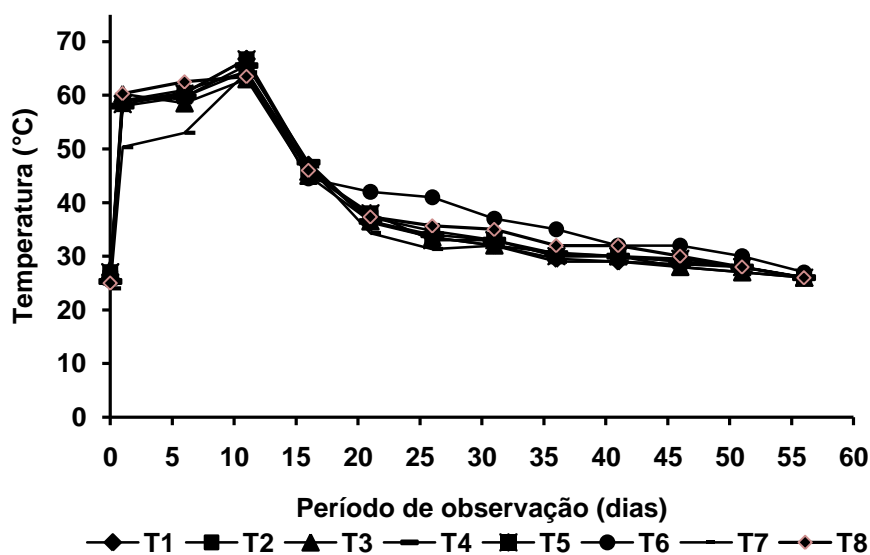
Dos fatores químicos apresentados nesta tabela se destacam os teores de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, pH e CTC, indicando que, em tese, a farinha de rocha apresentou potencial para o fornecimento de nutrientes ao meio, contribuindo assim para a qualidade do composto final. Sabe-se que a composição e qualidade

da matéria orgânica final, em qualquer material, dependem diretamente desses fatores. Estes vão estar mobilizados e/ou envolvidos em reações de interações com macro e micronutrientes fornecidos pelos esterco e o material vegetal mineralizados, de acordo com Azevedo Filho *et al.* (2001), Moraes (1981) e Primavesi (1986).

A percentagem de saturação de K, Ca e Mg no complexo de troca foi encontrada um pouco descompensada, tendo como base discussão feita por Furtini Neto *et al.* (2001), os quais sugeriram que, para uma condição ideal de suprimento dessas bases na CTC potencial do substrato, a percentagem de saturação de Ca, Mg e K deve estar entre 60%-70%, 10%-20% e 2%-5%, respectivamente, o que daria uma relação ideal de  $Ca/Mg=3-7$ ,  $Ca/K=12-35$  e  $Mg/K=2-10$ . Esse desequilíbrio de concentração dos nutrientes no complexo de troca pode causar a inibição competitiva entre Ca, Mg e K (FAQUIN, 2001). Mas, nota-se a ausência de acidez potencial (H+Al) e de salinidade (Na) no material, fator que certamente contribui para a elevação do pH do composto e à solubilização de potássio, magnésio e micronutrientes da farinha de rocha, através de ácidos orgânicos da decomposição microbiológica da biomassa (D'ANDRÉA, 2004).

A temperatura, fator de grande relevância para a compostagem, foi também observada no interior das pilhas, em cada tratamento, durante o processo, cujos valores encontram-se graficamente apresentados na Figura 1.1., onde se verificou uma rápida subida da temperatura nos dois primeiros dias, passando pelo estágio mesofílico e, nos próximos quatorze dias, chegaram ao estágio termofílico, com picos de calor acima dos 65°C, quando, então, se fazia logo o resfriamento das pilhas, pois temperaturas muito altas não são recomendáveis, por causar a morte de microrganismos decompositores (PEIXOTO, 1988).

As temperaturas foram decrescendo lentamente, passando novamente pelo estágio mesofílico e, em torno do 50º dia de compostagem, já se observava uma tendência de estabilização físico-química dos substratos, pela temperatura. Esse comportamento da temperatura durante o processo foi semelhante ao apresentado por Peixoto (1988), quando fala da evolução da temperatura nas diferentes fases da compostagem.



**Figura 1.1.** Comportamento da temperatura nas pilhas durante a compostagem

A maior temperatura observada nos primeiros quinze dias da compostagem ocorreu no material com maior teor de resíduo fresco (T5=90% de RF), enquanto as menores temperaturas foram observadas no tratamento com maior percentagem de farinha de rocha e menor teor de resíduo. Esse comportamento pode ser explicado pela alta atividade microbiana na quebra das ligações entre as moléculas de carbono nas substâncias orgânicas do material vegetal (resíduo), onde se sabe que há o provável predomínio de actinomicetos, bactérias e fungos termofílicos, decompondo celulose, lipídeos e frações de hemicelulose, com a consequente liberação de energia na forma de calor (PEIXOTO, 1988).

Observou-se também que o volume final das pilhas de compostagem sofreu notória redução, em comparação com o volume inicial, chegando, em alguns tratamentos, a diminuir em torno de 60%. O escurecimento do material foi também notório, indicando a decomposição das substâncias orgânicas pela atividade microbiana nos materiais em compostagem, corroborando assim o que escreveu Peixoto (1988) sobre essas características.

Na Tabela 1.4., encontram-se os valores médios de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, zinco, ferro, manganês e cobre, determinados nos compostos. Da análise de variância, observaram-se os seguintes efeitos significativos, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade,

dos compostos sobre os respectivos macro e micronutrientes: no 1-RF70%+EM15%+FR15%, para K, Ca, B e Fe; no 2-RS70%+EM15%+FR15%, para os teores de N, K, Ca, B e Fe; no 3-RF70%+EF15%+FR15%, teores superiores de P, K, S, Zn, Fe e Cu, o que ocorreu também no 4-RS70%+EF15%+FR15%, com exceção do Cu; no 5-RF90%+FR10%, para P, Ca e Fe; no 6-RS90%+FR10%, para o N, o Ca e o Mg; no 7-RF70% +FR30%, foram superiores teores de P, Ca, Fe e Mn; e, no 8-RS70%+FR30%, para P, Ca e Mg.

Esses teores de macronutrientes, apesar de encontrados abaixo dos relatados na literatura (SEVERINO *et al.*, 2006), garantem que esses substratos apresentam características químicas de fertilizantes orgânicos (COSTA *et al.*, 2005) e podem ser utilizados diretamente como substratos para a produção vegetal, nas diferentes fases das plantas, e também como suplemento nutricional em solos carentes de matéria orgânica e com baixa CTC (MELLO e VITTI, 2002).

Comparando o teor dos macronutrientes encontrados com os valores definidos por MAPA (2009), percebe-se que os compostos do presente estudo apresentam boa qualidade químico-nutricional, com possibilidade de utilização diretamente como substrato ou como condicionador de solo, podendo promover a melhoria da fertilidade e contribuir para efeitos como aumento do pH e incremento da CTC desse solo, com base no que discutem Azevedo Filho *et al.*( 2001) e Mello e Vitti (2002).

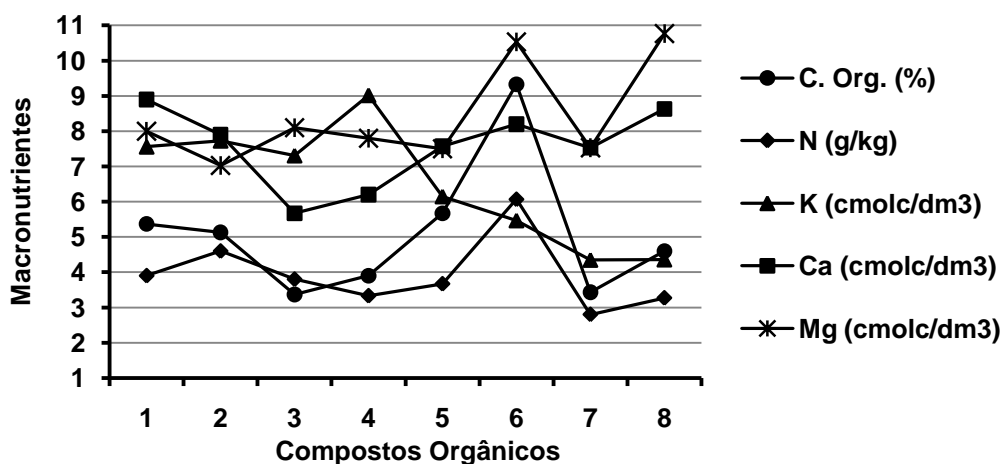
**Tabela 1.4.** Teores de macro e micronutrientes trocáveis determinados nos diferentes compostos orgânicos

Compostos orgânicos (Tratamentos)	Macronutrientes						Micronutrientes				
	N (g/Kg)	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K ..... (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Mg .....	S (mg/dm <sup>3</sup> )	B .....	Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	Fe .....	Mn .....	Cu .....
1-RF70%+EM15%+FR15%	3,90 b	905 b	7,56 a	8,90 a	8,00 b	71,37 b	6,40 a	4,70 b	13,33 a	42,47 c	0,20 c
2-RS70%+EM15%+FR15%	4,60 a	1070 b	7,73 a	7,90 a	7,03 b	89,77 b	7,00 a	9,67 b	10,67 a	46,07 c	1,00 c
3-RF70%+EF15%+FR15%	3,80 b	2157 a	7,31 a	5,67 b	8,10 b	138,50 a	5,60 b	26,60 a	12,00 a	75,00 b	4,17 a
4-RS70%+EF15%+FR15%	3,33 b	1896 a	9,02 a	6,20 b	7,80 b	156,53 a	5,27 b	20,33 a	9,33 a	60,60 b	3,13 b
5-RF90% +FR10%	3,67 b	1569 a	6,15 b	7,57 a	7,50 b	50,13 b	4,23 c	6,63 b	15,67 a	58,57 b	0,37 c
6-RS90% +FR10%	6,06 a	1272 b	5,47 b	8,20 a	10,53 a	66,07 b	4,37 c	1,23 b	2,33 b	16,30 d	0,17 c
7-RF70% +FR30%	2,80 b	1564 a	4,35 b	7,53 a	7,53 b	27,47 b	3,57 c	6,37 b	16,67 a	94,63 a	0,53 c
8-RS70% +FR30%	3,26 b	1577 a	4,36 b	8,63 a	10,77 a	46,53 b	3,63 c	1,23 b	2,33 b	20,97 d	0,30 c
<b>CV (%)</b>	<b>22,47</b>	<b>21,61</b>	<b>17,66</b>	<b>11,74</b>	<b>12,42</b>	<b>40,37</b>	<b>15,44</b>	<b>37,85</b>	<b>28,19</b>	<b>19,20</b>	<b>46,46</b>
<b>Média Geral</b>	<b>3,93</b>	<b>1501</b>	<b>6,49</b>	<b>7,57</b>	<b>8,41</b>	<b>80,79</b>	<b>5,01</b>	<b>9,59</b>	<b>10,29</b>	<b>51,83</b>	<b>1,23</b>

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.



Na correlação entre os parâmetros avaliados, observou-se alta significância positiva ( $Pr < 0,001$ ) no carbono orgânico dos compostos com os macronutrientes N ( $r=0,93$ ), P ( $r=0,71$ ), K ( $r=0,74$ ), Ca ( $r=0,88$ ), Mg ( $r=0,88$ ) e S ( $r=0,85$ ), bem como com os micronutrientes B ( $r=0,89$ ), Zn ( $r=0,75$ ), Fe ( $r=0,86$ ) e Cu ( $r=0,74$ ), graficamente apresentados nas Figuras 1.2. e 1.3. Esse resultado reforça a importância do resíduo de sisal como fonte de carbono orgânico para a compostagem, sabendo-se que este elemento (C) é fonte de energia para os microrganismos envolvidos no processo (SILVA *et al.*, 1999) e que, através da mineralização da matéria orgânica, feita pelos microrganismos, ocorre a liberação de nutrientes na forma inorgânica para o substrato (KIEHL, 1985). Entre o N, K, Ca, Mg e S também se observou correlação positiva significativa ( $r$  entre 0,65 e 0,99), mostrando a importância da matéria orgânica (C) para o aumento da disponibilidade química desses nutrientes e seu favorecimento para macro e micronutrientes durante o processo de compostagem (PEIXOTO, 1988).

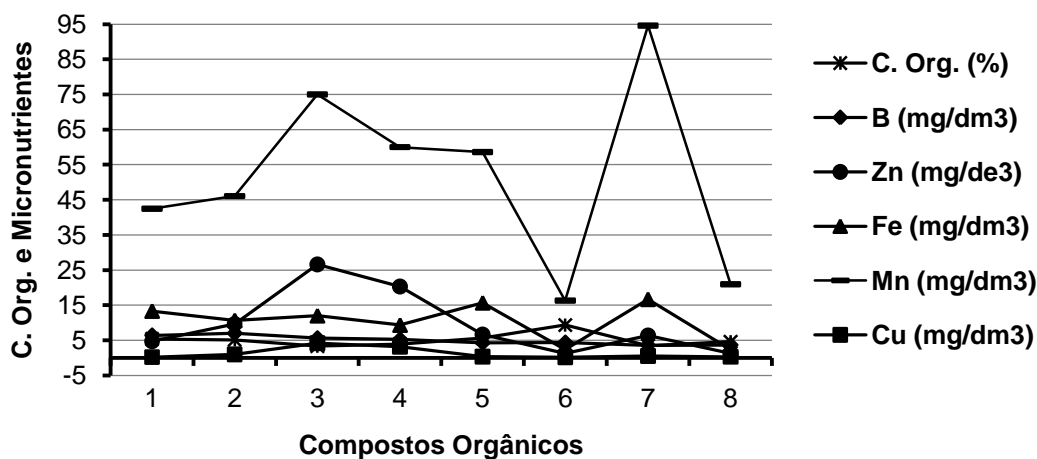


**Figura 1.2.** Carbono orgânico, nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio em função dos diferentes compostos orgânicos, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.

Além dos teores dos macronutrientes referidos, a Figura 1.2. mostra também a clara correlação linear positiva do carbono orgânico com os demais nutrientes dos compostos, principalmente com N, K, Mg e Ca. Mostra também a correlação positiva existente entre os citados nutrientes.

Observando os teores de micronutrientes por tratamento, se destacam os valores de Zn, Fe e Cu encontrados nos compostos 3-RF70%+EF15%+FR15% e

4-RS70%+EF15%+FR15%, os quais apresentam também teores elevados dos macronutrientes P, K e S, o que indica favorecimento do esterco de frango e da farinha de rocha no enriquecimento nutricional do resíduo de sisal no processo de compostagem.



**Figura 1.3.** Carbono orgânico, boro, zinco, ferro, cobre e manganês em função dos diferentes compostos orgânicos, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.

Os valores da Tabela 1.5., mostram o percentual médio de carbono orgânico, matéria orgânica e do nitrogênio total, além da CTC efetiva (t), pH, relações C/N, Ca/Mg, Ca/K e Mg/K, e do percentual de saturação de K, Ca e Mg no complexo de troca, dos diferentes compostos orgânicos.

O resultado mostrou que o carbono orgânico foi encontrado significativamente superior aos demais teores apenas no composto 6-RS90%+FR10%, com efeito significativo desse tratamento também para nitrogênio total, CTCt, relação Ca/K e percentual de Ca e Mg no complexo de troca. Apesar do efeito significativo observado, os percentuais de carbono orgânico e, conseqüentemente, de matéria orgânica encontrados nos compostos, estiveram abaixo dos teores ideais recomendados por Schmitz *et al.* (2002) e Fochesato *et al.* (2008) para substratos orgânicos, que são acima de 25% e 50%, respectivamente. Pela definição de MAPA (2009), esses teores de carbono orgânico também ficaram abaixo do mínimo determinado (15%) para fertilizantes orgânicos mistos.

Esses baixos teores de carbono orgânico encontrados nos compostos podem estar vinculados ao elevado grau de maturação e conseqüente grau de estabilização química de alguns dos materiais orgânicos utilizados para a compostagem (RODELLA e ALCARDE, 1994). Como o teor de carbono orgânico depende diretamente do preponderante conteúdo de matéria orgânica, em relação a fração de constituintes minerais ou inorgânicos (RODELLA, 1996), em tese, quanto mais avançado for o grau de mineralização dos materiais orgânicos, menor será o teor de carbono orgânico disponível no meio e maior o de nitrogênio total (nitrogênio orgânico, nítrico e amoniacal), de acordo com discussão feita por Kiehl (1985).

O nitrogênio total foi encontrado estatisticamente superior nos compostos 2-RS70%+EM15%+FR15% e 6-RS90%+FR10%, não havendo diferença significativa desse nutriente entre os demais compostos. Este resultado permite inferir que o teor de nitrogênio do resíduo seco de sisal influenciou, no processo de compostagem, para o teor final desse importante nutriente, ultrapassando o percentual mínimo recomendado por MAPA (2009) para fertilizantes orgânicos compostos, que é de 0,50%. O teor superior de N encontrado no composto com o máximo de resíduo seco (90%) é indicação do bom grau de maturação e eficiente mineralização desse material vegetal e do seu potencial para a compostagem com outros materiais (SILVA et al., 2009).

Quando avaliado o pH em  $\text{CaCl}_2$  dos compostos, este índice foi encontrado alcalino em todos os tratamentos, com diferença estatística altamente significativa para os compostos 5-RF90%+FR10% e 6-RS90%+FR10%, sendo esses valores médios indicativos do bom grau de estabilização dos materiais orgânicos. Esses valores de pH encontrados condizem com o encontrado por Jimenez e Garcia (1989), quando afirmaram que o pH aumenta gradualmente com a evolução da compostagem e alcança valores entre 7 e 8, com a estabilização final dos compostos. Os valores de pH encontrados são, portanto, fortes indícios e informação segura do bom estado de decomposição da matéria orgânica durante a compostagem e de sua eficiente aeração no processo de fermentação, no presente trabalho, confirmado ainda que os compostos encontraram-se adequadamente bioestabilizados (KIEHL, 1985).

**Tabela 1.5.** Valores médios de carbono orgânico, matéria orgânica, nitrogênio total, CTCt, relações: C/N, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, e percentual de saturação de Ca, Mg e K no complexo de troca (SCT), nos diferentes compostos orgânicos.

Compostos orgânicos (Tratamentos)	C. O.	M. O.	N. T.	CTCt	pH em CaCl <sub>2</sub>	Relações				SCT		
						C/N	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K	Ca	Mg
	..... (%) .....			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		.....				..... (%) .....		
1- RF70%+EM15%+FR15%	5,37 b	9,66 b	0,39 b	24,43 a	7,87 c	14,27 a	1,13 a	1,23 b	1,10 c	30,67 a	36,67 a	32,67 c
2- RS70%+EM15%+FR15%	5,13 b	9,24 b	0,46 a	22,67 a	8,13 b	10,83 a	1,13 a	1,10 b	0,97 c	34,33 a	35,00 a	31,00 c
3- RF70%+EF15%+FR15%	3,37 c	6,06 c	0,38 b	21,07 b	8,20 b	8,93 a	0,70 b	0,77 c	1,13 c	34,33 a	27,00 b	38,33 b
4- RS70%+EF15%+FR15%	3,90 c	7,02 c	0,33 b	23,03 a	8,20 b	12,43 a	0,83 b	0,73 c	0,87 c	39,33 a	27,00 b	33,33 c
5- RF90% +FR10%	5,67 b	10,20 b	0,37 b	21,20 b	8,40 a	17,10 a	1,00 a	1,23 b	1,23 c	29,00 a	35,33 a	35,67 c
6- RS90% +FR10%	9,33 a	16,80 a	0,61 a	24,20 a	8,47 a	15,40 a	0,80 b	1,50 a	1,97 b	22,33 b	34,00 a	43,67 a
7- RF70% +FR30%	3,43 c	6,18 c	0,28 b	19,43 b	8,27 b	12,43 a	1,00 a	1,73 a	1,73 b	22,33 b	38,67 a	39,00 b
8- RS70% +FR30%	4,60 b	8,28 b	0,33 b	23,77 a	8,27 b	14,60 a	0,80 b	2,00 a	2,47 a	18,33 b	36,00 a	45,33 a
<b>CV (%)</b>	<b>16,52</b>	<b>16,52</b>	<b>22,27</b>	<b>7,13</b>	<b>1,27</b>	<b>26,53</b>	<b>15,29</b>	<b>20,49</b>	<b>18,51</b>	<b>16,56</b>	<b>10,17</b>	<b>7,80</b>
<b>Média Geral</b>	<b>5,10</b>	<b>9,18</b>	<b>0,39</b>	<b>22,47</b>	<b>8,23</b>	<b>13,25</b>	<b>0,93</b>	<b>1,29</b>	<b>1,43</b>	<b>28,83</b>	<b>33,71</b>	<b>37,37</b>

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.

Na avaliação da CTC, este parâmetro foi encontrado estatisticamente superior nos compostos 1-RF70%+EM15%+FR15%, 2-RS70%+EM15%+FR15%, 4-RS70%+EF15%+FR15%, 6-RS90%+FR10% e 8-RS70%+FR30%, porém, em todos os compostos orgânicos esse fator apresentou valor acima do referenciado por Fochesato *et al.*(2008) para esse tipo de substrato, que é de  $12 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , revelando assim uma das mais importantes características de boa qualidade química dos compostos orgânicos produzidos. O resultado mostra mais uma vez o bom grau de humificação do resíduo seco de sisal, e essa característica (CTC) desses compostos, vinculada a outros fatores como relação C/N, confirma seu potencial de utilização como bom condicionador de solo, podendo, quando incorporado a este, promover a melhoria de retenção de nutrientes, sendo esta uma característica agrônômica não encontrada em outros parâmetros utilizados para avaliar os compostos orgânicos (RODELLA, 1996).

Foi também observada a relação CTC/%C no presente estudo, parâmetro que tem sido utilizado para avaliar satisfatoriamente o grau de maturação dos materiais orgânicos empregados na agricultura, encontrando-se valores inversos desses fatores, corroborando o resultado encontrado por Rodella e Alcarde (1994), os quais, após avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes, afirmaram que em alguns dos materiais o elevado teor de carbono orgânico esteve relacionado com a baixa CTC.

No estudo da relação C/N não se observou efeito significativo de tratamentos, porém, os valores encontrados estão condizentes com a relação ideal recomendada por Kiehl (1985), Pereira Neto (1986) e Kiehl (2002), que é em torno de 12/1, teoria que é ratificada também por Leal (2008), além de Peixoto (1988) que afirma: “um composto estabilizado deverá ter a relação C/N igual ou menor que 18”. Em todos os compostos a relação C/N foi encontrada de acordo com o que define MAPA (2009) para fertilizantes orgânicos mistos e compostos, determinando uma relação C/N máxima de 20:1 para esses materiais orgânicos.

Calculado também o quociente da relação entre C/N inicial dos materiais utilizados e o C/N final dos compostos, obteve-se os seguintes valores, para os respectivos compostos:  $T_1=1,50$ ,  $T_2=1,39$ ,  $T_3=2,17$ ,  $T_4=1,05$ ,  $T_5=1,33$ ,  $T_6=0,95$ ,  $T_7=1,42$  e  $T_8=0,78$ . O valor ideal dessa relação como parâmetro recomendado para uma melhor avaliação do grau de bioestabilização dos compostos com mais

de 120 dias, não deve passar de 0,70 (JIMENEZ e GARCIA, 1989 *apud* SILVA et al., 2009). Porém, considerando que os compostos do presente estudo tinham apenas cerca de 60 dias, os resultados mostram mais uma vez o bom grau de bioestabilização dos compostos produzidos, principalmente daqueles contendo maior percentagem de resíduo seco de sisal.

Esses resultados possibilitaram uma avaliação positiva da composição e qualidade químicas dos materiais orgânicos originais, reconhecendo a influência do resíduo de sisal para a qualidade do composto final, em cada tratamento. Isso sugere também que esses materiais orgânicos apresentam boas qualidades físicas e biológicas, parâmetros estes a serem inseridos como objeto de estudos posteriores.

As percentagens médias de saturação pelas bases K, Ca e Mg foram encontradas em desequilíbrio no complexo de troca dos compostos, com base em resultados encontrados na literatura referente. O ideal para essa saturação por base seria em torno de 65% de Ca, 10% de Mg e 5% de K, o que representaria uma relação satisfatória entre esses macronutrientes, que, em geral, são assim sugeridas para a maioria das culturas: Ca/Mg=3-7, Mg/K=3-4 e Ca/K=12-35 (MOREIRA *et al.*, 1999; FURTINI NETO *et al.*, 2001; SILVA, 1980; MUNOZ HERNANDEZ e SILVEIRA, 1998).

Dentre os compostos produzidos, o que apresentou as referidas relações catiônicas mais próximas do recomendado foi o 8-RS70%+FR30%. Porém, apesar do desequilíbrio entre as mencionadas bases, importante observação foi feita quando se verificou a ausência de acidez potencial ( $H + Al$ ) no complexo de troca. Entra em ação, portanto, a importância da matéria orgânica, o que, com a elevação do pH dos compostos e com os ácidos orgânicos da decomposição microbológica da biomassa (D'ANDRÉA, 2004), contribui para a manutenção de  $H_2PO_4$  e para a disponibilidade de cátions como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , na forma trocável (MALAVOLTA et al., 1989).

Os valores determinados nos compostos com 100% de resíduo fresco e seco de sisal (para resíduo fresco, N=8,53g/kg, P=8867mg/dm<sup>3</sup>, K=15,05cmol/dm<sup>3</sup>, Ca=413cmol/dm<sup>3</sup>, Mg=188cmol/dm<sup>3</sup>, S=867mg/dm<sup>3</sup>, B=96,67mg/dm<sup>3</sup>, Zn=133mg/dm<sup>3</sup>, Fe=8633mg/dm<sup>3</sup>, Mn=93,33mg/dm<sup>3</sup>, Cu=46,67mg/dm<sup>3</sup>, pH em CaCl<sub>2</sub>=9,0, umidade=4,40%, Carbono Orgânico=3,70%

e relação C/N=15,70; para resíduo seco, N=8,60g/kg, P=3823mg/dm<sup>3</sup>, K=20,46cmol<sub>d</sub>/dm<sup>3</sup>, Ca=366cmol<sub>d</sub>/dm<sup>3</sup>, Mg=152cmol<sub>d</sub>/dm<sup>3</sup>, S=933mg/dm<sup>3</sup>, B=96,67mg/dm<sup>3</sup>, Zn=100mg/dm<sup>3</sup>, Fe=7433mg/dm<sup>3</sup>, Mn=167mg/dm<sup>3</sup>, Cu=33,33mg/dm<sup>3</sup>, pH em CaCl<sub>2</sub>=8,87, umidade=3,43%, Carbono Orgânico=3,60% e relação C/N=15,23), representam teores totais extraídos através de análises específicas para fertilizantes orgânicos, não podendo, portanto, serem comparados aos demais compostos contendo material mineral. Nesses compostos observou-se que os valores médios de P, Ca, Mg, S, B, Cu e Fe, além de pH, Umidade e Relação C/N, conferem a esses materiais vegetais a garantia de sua utilização e aplicação no solo, com base na percentagem desses fatores, em definição feita por MAPA (2009).

Dos micronutrientes com maior teor nos compostos com 100% de resíduo, o Zn pode apresentar toxidez às plantas, baseado em trabalho com níveis tóxicos e adequados de Zn, no solo, para as culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo, realizado por Fageria (2000), quando concluiu que os teores tóxicos desse elemento variaram de 25 a 94 mg kg<sup>-1</sup> de solo, enquanto os teores adequados variaram de 0,5 a 5,0 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Nos compostos com 100% de resíduo de sisal fresco e seco, os valores médios de Zn foram de 133 mg/dm<sup>3</sup> e 100 mg/dm<sup>3</sup>, respectivamente.

Apesar do elevado teor de Fe nos mesmos compostos, este fator pode não representar preocupação, pois, estando o pH alcalino, há uma maior atividade biológica no meio e os grupos funcionais carboxílicos e fenólicos presentes fazem o bloqueio dos sítios de carga positiva dos óxidos de Fe e, com o elevado pH do meio, ocorre um aumento da concentração e atividade dos íons OH<sup>-</sup> em solução, o que promove a precipitação do Fe, impedindo o seu potencial efeito tóxico (SOUZA *et al.*, 2006).

#### 4. CONCLUSÕES

1. A adição de esterco misto e de frango e da farinha de rocha contribuiu para os teores de nutrientes nos compostos de resíduo de sisal, sendo

os esterco fundamentais para o equilíbrio da relação C/N, da CTCt e do pH dos compostos finais.

2. O Composto com 100% de resíduo de sisal é um fertilizante orgânico, com potencial de utilização em cultivos agrícolas e para aplicação no solo.

3. Os compostos produzidos apresentaram teores de nutrientes dentro da faixa recomendada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

4. Com base em atributos químicos como teor de macro e micronutrientes, percentual de carbono orgânico e de nitrogênio total, pH, CTCt e saturação de Ca e Mg no complexo de troca (SCT), os compostos 2-RS70%+EM15%+FR15% e 6-RS90%+FR10% apresentaram as melhores características químicas.

## 5. REFERÊNCIAS

ANDREOTTI, M.; NAVA, I.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V.; FURLANI JUNIOR, E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na "safra das águas" - DOI: 10.4025/actasciagron.v27i4.1306. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 595-602, Oct./Dec., 2005. Brasil, 27 abr. 2008.

AZEVEDO FILHO, J. A. de; FAZUOLI, L. C.; THOMAZIELLO, R. A. **Efeito de substratos orgânicos no crescimento das mudas**. Artigos e Projetos. Setembro de 2001. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=446>>. Acesso em: 28 Out 2009.

BÍBLIA. Português. Bíblia de Estudo Almeida. Sociedade Bíblica do Brasil. Barueri-SP: 1999. 1402p.

CAMPBELL, S. **Manual de compostagem para hortas e jardins: como aproveitar bem o lixo orgânico doméstico**; tradução de Marcelo de Jahnel. São Paulo: Nobel, 1995, 149p.



CARVALHO, J. C. R. de. **Capacidade de uso e manejo do solo**. Módulo II. Escola de Educação Básica e Profissional Fundação Bradesco. Feira de Santana-BA, [1998?], 106 p.

COSTA, M. S. S. DE M.; COSTA, L. A. DE M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R. Compostagem de resíduos da indústria de desfibração de algodão. **Eng.Agríc.** vol.25 no.2 Jaboticabal May/Aug. 2005.

D'ANDRÉA, P. A. **Processo cíclico de nutrição e proteção vegetal**. Palestra proferida no Curso de Capacitação em Agricultura Orgânica. IAC, CATI, Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, APTA – Piracicaba / SP, 2004.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.390-395, 2000 Campina Grande, PB, EAg/UFPB.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.

FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos**. Universidade Federal de Lavras, 2003.

FOCHESATO, M. L.; SOUZA, P. V. D. de; SCHÄFER, G.; MACIEL, H. S. Alterações das características químicas de três substratos comerciais na produção de mudas cítricas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1040-1046, jul./ago., 2008.

FREITAS, A. de. **Compostagem**. Fundação Gaia - Brasil, 2009. Disponível em: <[http://www.lixo.com.br/index.php?Itemid=254&id=147&option=com\\_content&task=view](http://www.lixo.com.br/index.php?Itemid=254&id=147&option=com_content&task=view)>. Acesso em: 05 Set 2009.

FUKUDA C.; OTSUBO, A. A. **Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Sistemas de Produção, 7, Versão eletrônica. Jan/2003. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_centrosul/solos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_centrosul/solos.htm)>. Acesso em: 05 Mar 2010.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

JIMÉNEZ E. I.; GARCIA V. P. Evaluation of city refuse compost maturity: A review. *Biol. (1989) Wastes* 27:115-142.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1985. 492p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: Maturação e Qualidade do composto**. 3 ed. Piracicaba: edição do autor, 171p.2002.

LEAL, J. G. T. Legislação Federal Relativa à Aplicação de Lodos de ETEs em Solo Agrícola. In: **Seminário Aspectos Legais e Procedimentos de Disposição de Lodos de ETEs em Solo Agrícola**. São Paulo - junho de 2008. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/camaras/ca\\_ativas/saneamento/documentos/MAPA\\_Jose\\_Guilherme.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/camaras/ca_ativas/saneamento/documentos/MAPA_Jose_Guilherme.pdf)>. Acesso em: 06 Abr 2010.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. **Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças**. Seropédica-RJ, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v25n3/a14v25n3.pdf>>. Acesso em: 29 Out 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n. 25, 2009. In: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20542>>. Acesso: 04 Jun 2010.

MARAGNO, E. S.; TROMBIN, D. F.; VIANA, E. O uso da serragem no processo de mini compostagem. **Eng. Sanit. Ambient.** vol.12 n.4, Rio de Janeiro, Oct./Dec. 2007.

MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas características químicas do solo em ambiente protegido. **Hortic. Bras.** [online]. 2002, vol. 20, n.3, pp. 452-458. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362002000300011&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362002000300011&script=sci_abstract&lng=pt)>. Acesso em: 03 Abr 2010.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesq. agropec. bras.** [online]. 1999, vol.34, n.2, pp. 249-255. ISSN 0100-204X. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n2/8735.pdf>>. acesso em: Junho 2010.

MORAES, F. R. P. **Adubação do cafeeiro: macronutrientes e adubação orgânica.** In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J.A. Nutrição e adubação do cafeeiro. Instituto da Potassa & Fosfato, 1981. 224p.

MUNOZ HERNANDEZ, R. J. e SILVEIRA, R. I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Sci. agric.** [online]. 1998, vol.55, n.1, pp. 79-85. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161998000100014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161998000100014&script=sci_arttext)>. Acesso em: Junho 2010.

PEIXOTO, R. T. dos G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo.** Londrina, IAPAR, 1988. 48p.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem processo de baixo custo.** Belo Horizonte: UNICEF. 56p. 1996.

PRIMAVESI, A. M. **A agricultura em regiões tropicais: manejo ecológico do solo.** Nobel, 1986. 536p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (eds.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação.** Viçosa: Comissão de fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RODELLA, A. A. **Métodos de avaliação de materiais orgânicos e efeitos de sua incorporação ao solo sobre a mobilização de macronutrientes.** 1996. 148 f. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1996.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Evaluation of organic materials used as fertilizers. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)** [online]. 1994, vol.51, n.3, pp. 556-562. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161994000300030&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161994000300030&script=sci_abstract&tlng=en)>. Acesso em: 05 Mar 2010.

SCHMITZ J. A. K.; SOUZA, P. V. D. de; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.937-944, 2002.

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. de L. S. de; BELTRÃO, N. E. de M. **Composição Química de Onze Materiais Orgânicos Utilizados em Substratos para Produção de Mudanças**. Comunicado Técnico 278. Campina Grande/PB, agosto de 2006. Disponível em: <[http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2006/COMTEC\\_278.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2006/COMTEC_278.pdf)>. Acesso em: 23 Out 2008.

SILVA, A. L. F. da; BENITES, R. S. P.; ARAÚJO NETO, S. E. de; KUSDRA, J. F.; FERREIRA, R. L. F. Substratos alternativos para produção orgânica de mudas de pimenta-de-cheiro. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO DA UFAC, 15, 2006, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: UFAC, 2006. CD rom.

SILVA, E. C. F.. **Produção de composto orgânico**. Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, 2008. 30p.

SILVA, F. A. de M.; GUERRERO L., F.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. da. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. **Rev. Bras. de Agroecologia**. 4(1): 59-66 (2009).

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. de S. **Matéria Orgânica do Solo**. In: NOVAIS, R. F., ALVAREZ V., V. H., BARROS, N. F., FONTES, R. LF., CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Org.). Fertilidade do Solo. Viçosa-MG: SBCS, 2007, v., p. 275 - 368.

SILVA, J. E. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento de milho em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**.v. 15, p. 329-333, 1980.

SOUZA, R. F. de; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2006, vol.30, n.6, pp. 975-983. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832006000600007&script=sci\\_abstract&tlng=e](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832006000600007&script=sci_abstract&tlng=e)>. acesso em: 03 Abr 2010.

USDA/United States Department of Agriculture. **Environmental Engineering. National Engineering Handbook, Part 637.** Chapter 2 - Composting. Natural Conservation Resources Service, p. 2-67. 2000.

USEPA/United States Environmental Protection Agency. **Acid digestion of sediments, sludges, and soils.** Método SW 846 - 3050B. Revisão 2: Dezembro de 1996. Disponível em: <<http://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&langpair=en%7Cpt&u=http://www.epa.gov/waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3050b.pdf>>. Acesso em: Fev 2009.

ZAMBERLAM, J.; FRONCHETI, A. **Preservação do pequeno agricultor e do meio ambiente.** Petrópolis-RJ: Vozes, 2001.

ZHU, N. **Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw.** Bioresource Technology, vol.98, p. 9-13. 2005.

## **CAPÍTULO 2**

### **AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS ORGÂNICOS À BASE DE RESÍDUO DE SISAL MEDIANTE O DESEMPENHO DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris*) E DO SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) <sup>2</sup>**

---

<sup>2</sup> Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Magistra.

## **AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS ORGÂNICOS À BASE DE RESÍDUO DE SISAL MEDIANTE O DESEMPENHO DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris*) E DO SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench)**

**RESUMO:** A preocupação com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e do meio ambiente como um todo tem provocado discussões e o aumento da busca por substratos naturais. Com isso, o presente trabalho objetivou avaliar o uso de compostos orgânicos à base de resíduo de sisal como substrato ao fornecimento de nutrientes para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) e o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), cultivados em casa de vegetação no Campo Experimental II da UFRB, em Cruz das Almas-BA. Foram utilizados oito substratos orgânicos, originários da compostagem de resíduo de sisal com esterco (bovino, ovino e de frango) e farinha de rocha natural, com as composições químicas previamente caracterizadas. Os substratos foram acondicionados em vasos plásticos de 10 dm<sup>3</sup>, dispostos num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. As espécies utilizadas foram cultivadas consecutivamente, primeiro o feijoeiro e, na sequência, o sorgo, em substratos individuais dos mesmos compostos orgânicos para cada cultivo. Em ambas as espécies, foram feitas as coletas e respectivas avaliações na época do florescimento, avaliando-se os parâmetros determinados. As conclusões foram: os compostos à base de resíduo de sisal foram ineficientes como substratos puros para o cultivo do feijoeiro Var. Carioca, para as condições estudadas, porém, apresentaram-se como alternativa viável de substratos orgânicos no desenvolvimento do sorgo, nas condições experimentadas; as plantas de sorgo cultivadas nos substratos RF70%+EF15%+FR15% e RS70%+EF15%+FR15%, apresentaram desenvolvimento vegetativo superior; e, os substratos dos compostos RS70%+EM15%+FR15%, RF70%+EF15%+FR15%, RS70%+EF15%+FR15% e RS90%+FR10% apresentaram potencial comum e superior para o fornecimento de macro e micronutrientes à cultura do sorgo.

**Palavras-chave:** Substrato orgânico. Desenvolvimento vegetal. Agricultura orgânica

**EVALUATION OF ORGANIC SUBSTRATES MADE UP FROM SISAL LEAF  
RESIDUES THROUGH THE PERFORMANCE OF BEANS (*Phaseolus  
vulgaris*) AND SORGHUM (*Sorghum bicolor*, L. Moench)**

**ABSTRACT:** The concern with sustainability of agricultural systems and the environment as a whole has provoked discussion and the search for new natural substrates. The present work aimed to evaluate the plant nutritional capacity of organic substrates made of residues from the sisal crop through the utilization of the performance of beans and sorghum plants grown under a shading house at the Experimental Field II from the UFRB, Cruz das Almas – Ba. Eight organic substrates originated from the composting of sisal leaves residues with animal manures and a rock powder. The composition of each component was previously determined. After composting, 10 dm<sup>3</sup> plastic vases were filled with substrates arranged in a completely randomized design with three repetitions. For this study a legume (*Phaseolus vulgaris*) and grass (*Sorghum bicolor* L. Moench) plant were grown up with the same substrates making several evaluations at the end of the flowering period when leaf samples were collected for nutrients determinations. This study showed that the compost was inefficient for the growth of the bean crop; the compost with RF70%+EF15%+FR15%, and RS70%+EF15%+FR15% showed better vegetative growth for the sorghum crop; the compost with RS70%+EM15%+FR15%, RF70%+EF15%+fr15%, RS70%+Ef15%+FR15%, and RS90%+FR10% were the best supplying nutrients for the sorghum crop.

**Key-words:** Organic substrate. Legumes. Grass. Plant development. Organic agriculture.



## 1. INTRODUÇÃO

As discussões em torno da sustentabilidade dos diversos sistemas agrícolas no mundo e do meio ambiente como um todo vem proporcionando considerável aumento à procura por substratos e compostos naturais. Fato atribuído, principalmente, aos recentes ideais de produção orgânica, que têm levantado importantes questionamentos sobre as relações do homem com os diferentes sistemas de produção agrícola, além da produção de mudas de fruteiras e essências florestais, em crescente ascensão.

Esta é uma discussão antiga e ao mesmo tempo muito atual. Desde meados do século XIX, com o surgimento da teoria apresentada por Liebig, surgiram os partidários e defensores do movimento mineralista, antagônicos ao movimento humista que vigorava desde épocas antigas (KIEHL, 1985). Essa disputa não promoveu resultado que favorecesse a produção agrícola, pois cada grupo defendia seus ideais e tinha seus próprios interesses, sem base científica, ainda, para compreender e discutir à época o complexo sistema solo-planta.

Foi o inglês Sir Albert Houward quem primeiro desenvolveu experimentos utilizando composto como fonte de matéria orgânica no mundo ocidental, no início do século XX, quando realizou vários trabalhos na Índia. Esse pioneirismo lhe conferiu, mais tarde, o reconhecimento, sendo o mesmo chamado de Pai da Compostagem (PEIXOTO, 1988).

A partir de então, a utilização de compostos orgânicos foi aumentando no mundo inteiro, prática que teve considerável incremento nas últimas décadas, em função do recente reconhecimento do composto orgânico de boa qualidade como opção eficiente para o manejo de solos e para aplicação em diferentes sistemas de cultivo. Essa crescente utilização dos compostos orgânicos como

substrato/adubo de boa qualidade química, física, biológica e ambiental, é devida à sua eficácia nos diferentes sistemas de produção agrícola, servindo como fertilizante natural, além de ajudar na reciclagem de potenciais poluentes ao meio ambiente.

Sobre as vantagens dos adubos orgânicos em relação aos adubos minerais, diversos fatores são discutidos em literatura específica, sendo algumas dessas vantagens aqui resumidas: não poluem e ainda reciclam materiais poluentes; são ideais para o fornecimento de macro e micronutrientes que estão disponíveis na matéria orgânica ou mobilizados nas reações e interações com o solo; podem ser facilmente caracterizados para uso em uma cultura de acordo as suas especificidades; possibilita a redução do tempo de cultivo e do consumo de insumos como fertilizantes químicos e defensivos; reduz custo com mão de obra; e, contribui com a segurança alimentar e para a sustentabilidade do sistema homem – solo – ambiente (AZEVEDO FILHO *et al.*, 2001; PRIMAVESI, 1986; SEVERINO *et al.*, 2006).

O que se vê atualmente é uma agricultura cada vez mais competitiva e dependente de insumos diversos e de muito capital, sem muita, ou quase nenhuma, preocupação com o meio ambiente e seus recursos naturais. Diante dessa realidade, percebe-se que não há mais espaço para improvisações quando o assunto é a produção agrícola com sustentabilidade. O sistema solo/substrato-planta é bastante heterogêneo e com diversos fatores nele envolvidos, e isso conduz à necessidade, cada vez maior, de apoio e conhecimento científico para uma discussão à altura que o tema requer (CAMARGOS, 2005).

Certamente o maior mercado atual para o uso de substratos está nos setores de produção de mudas de fruteiras e de essências florestais. Vários substratos como Bioplant, Biomix, Plantax, Rendmax, Turfamix, Bionatus e outros compostos orgânicos a exemplo do Microgeo e outras turfas são encontrados facilmente no mercado. Em todos estes são levadas em consideração algumas características que envolvem fatores como economicidade, facilidade de promover o crescimento regular das plantas, capacidade de retenção da umidade e baixo peso específico. A capacidade de fornecimento de nutrientes é fundamental, contudo, muitas vezes essa não é prioritária, devido ao fato que, nos sistemas de produção de mudas, as plantas cultivadas requererem uma maior

quantidade de nutrientes que, raramente, seria encontrada em um substrato natural.

No Brasil, há uma evidente necessidade de se produzir substratos orgânicos de boa qualidade, uma vez que o mercado de produção de mudas, tanto frutíferas quanto ornamentais, tem crescido significativamente nos últimos anos, crescimento este que vem sendo seguido de perto pela escassez de substratos orgânicos com as características físico-químicas necessárias ao suprimento satisfatório dessa demanda comercial (LEAL *et al.*, 2007).

Além disso, a utilização de substratos orgânicos na horticultura brasileira é crescente, com resultados cada vez mais satisfatórios para essa importante atividade agrícola (SANTOS *et al.*, 2008), pois, a procura é cada vez maior por produtos, principalmente por olericultores, com certificação de produção natural e orgânica.

Entretanto, um dos principais problemas no desenvolvimento de compostos e substratos é a sua avaliação como fornecedor de nutrientes. Nesta avaliação é importante verificar como esse substrato pode suportar o crescimento de uma planta. Neste sentido, a técnica comumente utilizada é o cultivo de uma leguminosa, seja ela a soja (*Glicine Max*) ou o feijão (*Phaseolus vulgaris*), espécies usadas principalmente por sua capacidade de absorção de nutrientes e a facilidade de exteriorizar sintomas de deficiência nutricionais.

Ainda nesta mesma linha de raciocínio, faz-se também o cultivo de uma gramínea, como o milho (*Zea mays*) ou o sorgo (*Sorghum bicolor*). Alguns aspectos relacionados à utilização dessas espécies levam em consideração os mesmos aspectos mencionados para a utilização da leguminosa: um período relativamente curto de seu ciclo e a facilidade com que essas plantas conseguem expressar deficiências nutricionais. Esta facilidade de expressar deficiência refere-se à capacidade de absorção de nutrientes da mídia de cultivo. Outro aspecto importante é o tipo de sistema radicular apresentado por estas espécies. Praticamente elas cobrem todos os tipos de plantas cultivadas - monocotiledôneas e dicotiledôneas.

Entretanto, para uma avaliação sobre a capacidade de fornecimento de nutrientes por um determinado solo/substrato, fatores importantes como quantidade de reservas totais, dinâmica de mobilização e fixação e

disponibilidade dos nutrientes para as raízes precisam ser observados. Esse potencial necessita ser quantificado, a fim de que se obtenha o conhecimento técnico necessário para o uso de corretivos e fertilizantes com eficiência. Essa quantificação é feita através de análises químicas, o que possibilita o conhecimento sobre o potencial do solo/substrato e o estado nutricional das plantas. Além desses conhecimentos, se faz necessário também considerar as diversas culturas com suas diferentes exigências nutricionais, além dos esquemas de sucessão e rotação dessas culturas componentes do sistema de produção objetivado (COELHO, 2008).

Com este trabalho objetivou-se avaliar o uso de compostos orgânicos à base de resíduo de sisal como substratos para o fornecimento de nutrientes no cultivo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As atividades se desenvolveram no Campo Experimental II da UFRB, em Cruz das Almas, no Recôncavo Baiano, com coordenadas geográficas 12°40'39" de latitude sul e 39°06'23" de longitude oeste, com altitude de 220 m. O período experimental foi de novembro de 2009 a fevereiro de 2010, utilizando-se espaço do viveiro de produção de mudas, sob telado de coloração preta com 36% de sombreamento.

Para a pesquisa, foram utilizados oito substratos orgânicos, oriundos da compostagem do resíduo fresco (RF) e seco (RS) de sisal, esterco misto (EM) e de frango (EF), e farinha de rocha natural (FR), dos tratamentos assim definidos: **T<sub>1</sub>**: RF 70% + EM 15% + FR 15%; **T<sub>2</sub>**: RS 70% + EM 15% + FR 15%; **T<sub>3</sub>**: RF 70% + EF 15% + FR 15%; **T<sub>4</sub>**: RS 70% + EF 15% + FR 15%; **T<sub>5</sub>**: RF 90% + FR 10%; **T<sub>6</sub>**: RS 90% + FR 10%; **T<sub>7</sub>**: RF 70% + FR 30%; e, **T<sub>8</sub>**: RS 70% + FR 30%. As principais características químicas desses substratos foram previamente determinadas e encontram-se apresentadas na Tabela 2.1.

Os substratos orgânicos de cada tratamento foram acondicionados em vasos plásticos com volume de 10 dm<sup>3</sup>, recipientes estes que apresentavam

orifícios na parte inferior para aeração e drenagem, sendo montado o experimento num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, e os vasos dispostos em três linhas com espaçamento lateral de 0,5m e 0,3m de distância nas linhas.

**Tabela 2.1.** Principais atributos químicos (médias) dos compostos orgânicos à base de resíduo de sisal

Atributos	Substratos / Tratamentos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
N (g/kg)	3,90	4,60	3,80	3,33	3,67	6,06	2,80	3,26
P (mg/dm <sup>3</sup> )	905	1070	2157	1896	1569	1272	1564	1577
K (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	7,56	7,73	7,31	9,02	6,15	5,47	4,35	4,36
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	8,90	7,90	5,67	6,20	7,57	8,20	7,53	8,63
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	8,00	7,03	8,10	7,80	7,50	10,53	7,53	10,77
S (mg/dm <sup>3</sup> )	71,37	89,77	138,50	156,53	50,13	66,07	27,47	46,53
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H+Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B (mg/dm <sup>3</sup> )	6,40	7,00	5,60	5,27	4,23	4,37	3,57	3,63
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	4,70	9,67	26,60	20,33	6,63	1,23	6,37	1,23
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	13,33	10,67	12,00	9,33	15,67	2,33	16,67	2,33
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	42,47	46,07	75,00	60,60	58,57	16,30	94,63	20,97
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	0,20	1,00	4,17	3,13	0,37	0,17	0,53	0,30
pH em H <sub>2</sub> O	8,37	8,63	8,73	8,77	8,90	8,97	8,77	8,77
pH CaCl <sub>2</sub>	7,87	8,13	8,20	8,20	8,40	8,47	8,27	8,27
C.O. (%)	5,37	5,13	3,37	3,90	5,67	9,33	3,43	8,28
M.O. (%)	9,66	9,24	6,06	7,02	10,20	16,80	6,18	8,28
N. T. (%)	0,39	0,46	0,38	0,33	0,37	0,61	0,28	0,33
C/N	14,27	10,83	8,93	12,43	17,10	15,40	12,43	14,60
CTCt (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	24,43	22,67	21,07	23,03	21,20	24,20	19,43	23,77

**C.O.=carbono orgânico; M.O.=matéria orgânica; N.T.=nitrogênio total; e, C/N=relação carbono/nitrogênio.**

Definidos os tratamentos, foi semeado o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo utilizada a variedade Carioca, plantio que ocorreu no início do mês de novembro de 2009, e as avaliações foram feitas no final do mês de dezembro de 2009, perfazendo um total de 46 dias de cultivo e de observações, instante em

que as plantas já apresentavam haste floral. Na semeadura, foram utilizadas três sementes por vaso, porém, após quinze dias da emergência, foi feito desbaste, deixando-se apenas uma planta como parcela, sendo selecionada aquela com melhor vigor aparente.

Logo após a colheita do feijoeiro, foi semeado o Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), Var. IPA7301011, em substratos novos, porém, de mesma origem e composição dos que foram utilizados para o feijoeiro, plantando-se cinco sementes por vaso, a uma profundidade em torno de um centímetro. A disposição dos vasos foi a mesma definida para os testes iniciais. Este experimento desenvolveu-se num período de 54 dias, da semeadura à coleta do material, indo, portanto, até a fase reprodutiva (Etapa de Crescimento 2 - Florescimento), conforme definem Pitta *et al.* (2000).

Os experimentos tiveram acompanhamento diário, com regas e tratos culturais de acordo às exigências específicas, observando-se o desenvolvimento experimental de cada planta nas parcelas. Periodicamente se fazia retirada de plantas daninhas dos vasos, amontoa e escarificação dos substratos, evitando adensamento do material. Durante o período de pesquisa, para as duas espécies vegetais, não se observou intensidade de chuvas.

Ao final de cada período de teste foram feitas as respectivas avaliações, nas duas espécies vegetais utilizadas. Para o feijoeiro, foram avaliados os seguintes parâmetros: altura da planta (cm), massa seca do caule (g), massa seca das folhas (g), massa seca da raiz (g) e massa seca total (g). Para o sorgo, foram definidos os seguintes parâmetros de avaliação: altura de planta (cm), massa seca das folhas (g), massa seca de colmo (g), massa seca da raiz (g) e massa seca total (g).

Na cultura do Sorgo, foi realizada análise foliar completa para a quantificação dos teores de macro e micronutrientes e carbono orgânico, através do método de análises foliares, sendo feita a digestão via úmida da amostra do tecido vegetal em ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, e o N determinado por titulação colorimétrica em meio contendo indicador; para os nutrientes P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, foi feita a digestão via úmida da amostra utilizando-se mistura dos ácidos nítrico e perclórico, e posterior determinação por espectrometria e emissão atômica com plasma induzido de argônio (ICP/EAS);

para o B, a amostra foi incinerada em forno mufla a 600 °C, com posterior solubilização (adição de HCl 0,2 mol/L) e determinação por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido de argônio (ICP/EAS); o carbono orgânico foi determinado na matéria seca a 65 °C, com aproveitamento total da biomassa seca.

A secagem do material vegetal foi feita em estufa de circulação e ventilação, a 65°C, sendo que o feijoeiro permaneceu por três dias na estufa e o sorgo teve um tempo de secagem de cinco dias, até a observação de peso constante dos materiais. Para a pesagem desses materiais após a secagem, foram utilizadas balanças, analítica e semi-analítica, em laboratório do Departamento de Química e Solos da UFRB.

Para o cálculo da massa seca total, nas duas espécies vegetais cultivadas, considerou-se o somatório do peso da matéria seca de todas as partes vegetativas avaliadas individualmente nas respectivas plantas. A altura de cada planta foi definida através de sua medição do colo à parte apical, considerando-se como referência a posição da folha mais nova.

Com a quantificação dos dados, para cada parâmetro a ser avaliado nas duas espécies vegetais, estas informações foram submetidas à análise de variância e a testes de média (Skott Knott a 5% de probabilidade), utilizando-se, para tanto, o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003). Analisou-se também o coeficiente de correlação existente entre algumas variáveis de importância estatística, pelo Coeficiente de Spearman, utilizando-se o software Statistical Analysis System (SAS).

Objetivando facilitar a compreensão e discussão dos resultados, foi feita adequação de algumas unidades entre os valores apresentados nas análises laboratoriais, utilizando-se, para isto, tabelas com fatores de conversão sugeridos por Ribeiro *et al.* (1999) e Fukuda e Otsubo (2003).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2.2. são encontrados os valores médios da altura, massa seca das folhas, massa seca do caule, massa seca da raiz e massa seca total das plantas de feijoeiro, dados que revelam que não houve efeito significativo dos compostos sobre os quatro primeiros parâmetros avaliados, e somente para a biomassa seca total os teores encontrados nos compostos 2-RS70%+EM15%+FR15%, 4-RS70%+EF15%+FR15%, 6-RS90%+FR10% e 8-RS70%+FR30% foram estatisticamente superiores aos demais. Este resultado mostra que as melhores médias da MST foram encontradas em plantas cultivadas em compostos com resíduo seco de sisal, com indicativo de clara influência da matéria orgânica desses substratos, em função do seu grau de maturação (SILVA *et al.*, 2009), e da mineralização dessa matéria orgânica, com conseqüente aumento do nitrogênio total Kiehl (1985), nutriente essencial para o desenvolvimento do feijoeiro.

**Tabela 2.2.** Valores médios de altura e biomassa seca das folhas, do caule, da raiz e do total, nas plantas de feijoeiro, para cada tratamento avaliado.

<b>Substratos/Tratamentos</b>	<b>Altura</b>	<b>MSF<sup>1</sup></b>	<b>MSC<sup>2</sup></b>	<b>MSR<sup>3</sup></b>	<b>MST<sup>4</sup></b>
	(cm pl <sup>-1</sup> )	..... g planta <sup>-1</sup> .....			
1-RF70%+EM15%+FR15%	14,07 a	0,58 a	0,39 a	0,25 a	1,22 b
2-RS70%+EM15%+FR15%	16,73 a	1,69 a	0,61 a	0,37 a	2,67 a
3-RF70%+EF15%+FR15%	14,00 a	0,71 a	0,29 a	0,22 a	1,21 b
4-RS70%+EF15%+FR15%	19,17 a	1,83 a	1,10 a	0,45 a	3,38 a
5-RF90% +FR10%	16,80 a	0,67 a	0,37 a	0,38 a	1,42 b
6-RS90% +FR10%	19,33 a	1,36 a	0,83 a	0,50 a	2,69 a
7-RF70% +FR30%	11,17 a	0,59 a	0,32 a	0,21 a	1,12 b
8-RS70% +FR30%	18,33 a	1,61 a	0,88 a	0,64 a	3,13 a
<b>CV (%)</b>	<b>35,04</b>	<b>65,28</b>	<b>65,30</b>	<b>43,47</b>	<b>55,18</b>
<b>Média Geral</b>	<b>16,26</b>	<b>1,13</b>	<b>0,60</b>	<b>0,38</b>	<b>2,10</b>

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.

<sup>1</sup> massa seca foliar; <sup>2</sup> massa seca do caule; <sup>3</sup> massa seca da raiz; <sup>4</sup> massa seca total.



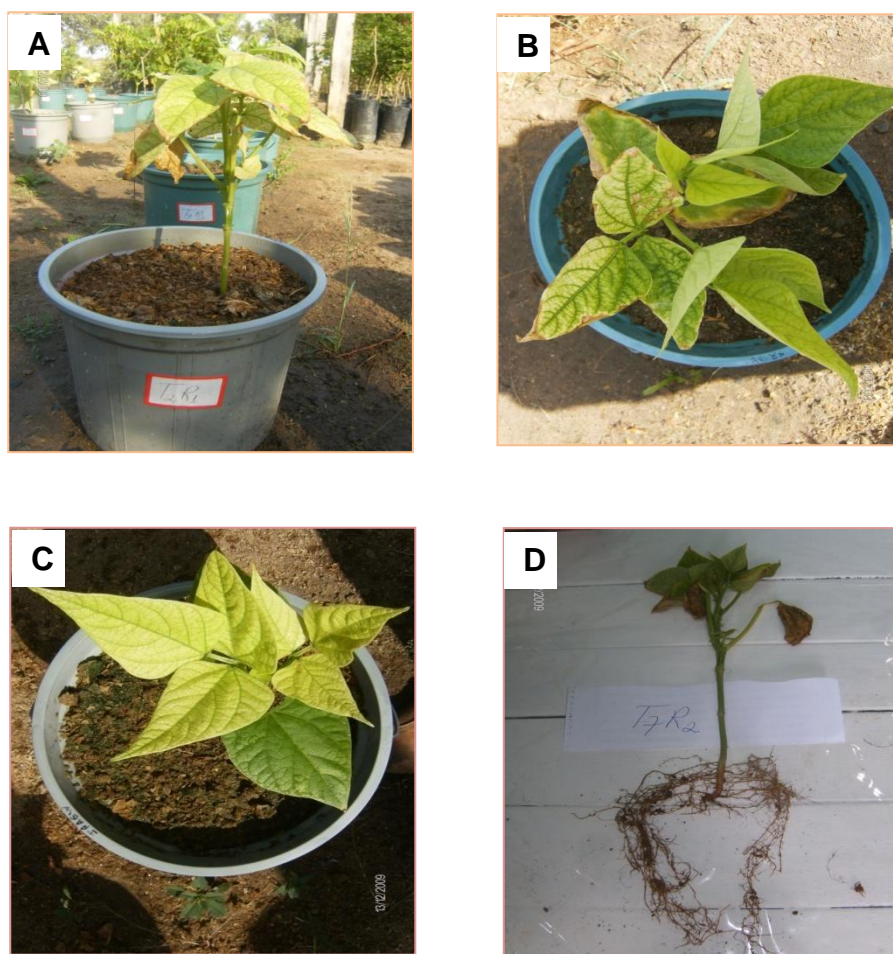
Apesar do resultado não significativo da altura, MSF, MSC e MSR das plantas, observou-se que os valores desses fatores, encontrados nas parcelas (plantas) dos compostos acima referidos, foram numericamente maiores em comparação às demais plantas, ratificando a influência do resíduo seco de sisal presente nos compostos desses tratamentos.

Embora não tenha sido observado resultado significativo também para a altura das plantas, este parâmetro é muito importante, pois representa o crescimento do caule e este crescimento abaixo do ideal pode expressar uma deficiência de magnésio, segundo o que discutem Boaro *et al.*(1996), em estudo sobre o cultivar Carioca, planta utilizada também no presente estudo.

Os valores dos parâmetros observados na Tabela 2.2. são semelhantes aos encontrados por Leal e Prado (2008), quando testaram soluções nutritivas com omissão de N, P e Ca, em plantas de feijoeiro dessa mesma variedade.

Em todas as parcelas do experimento observou-se que as plantas, após cerca de vinte e cinco dias da emergência, começaram apresentar sintomas visuais de aparentes deficiências nutricionais ou de fitotoxicidade por algum dos nutrientes, como clorose nas folhas novas e necrose nas mais velhas, além de poucas folhas por planta e outras características visuais como altura das plantas inferior ao normalmente observado em condições normais de desenvolvimento (BOARO *et al.*,1996).

Na Figura 2.1. tem-se fotografias das plantas de feijoeiro, cultivadas na presente pesquisa, com sintomas aparentes de deficiência, efeitos que podem também ter sido provocados por toxidez de algum dos micronutrientes dos substratos utilizados. Numa análise criteriosa das referidas figuras, vê-se claramente que as plantas não apresentaram um desenvolvimento vegetativo satisfatório, para as condições ambientais às quais foram submetidas.



**Figura 2.1.** **A e B:** Plantas de feijoeiro com sintomas de deficiência nutricional – necrose em folhas mais velhas. **C:** Planta apresentando clorose nas folhas novas, sintoma de toxidez; **D:** Planta subdesenvolvida, com aparentes sintomas de desnutrição e/ou toxidez.

Com base em análise foliar feita com 50% das plantas de feijoeiro, observou-se que os teores médios de N, P e Ca (33,18 g/kg, 2,71 g/kg e 22,89 g/kg, respectivamente) ficaram aquém dos valores apresentados por Andreotti et al. (2008) como sendo níveis críticos desses elementos nas folhas do feijoeiro para o seu desenvolvimento nutricional adequado.

Observações semelhantes fizeram Leal e Prado (2008), em trabalho com omissão de alguns nutrientes para o feijoeiro, relatando que as plantas tratadas com omissão de N e P foram afetadas no número de folhas, altura, diâmetro do caule, área foliar, além de alterações morfológicas com os sintomas

característicos da deficiência, resultando em diminuição da produção de matéria seca de todas as partes vegetativas das plantas.

Não obstante os fatores já discutidos, importante observar que após trabalho desenvolvido por Silva et al. (2004) com aplicação de doses de calcário em diferentes cultivares de feijoeiro, no período de florescimento, obtiveram, na variedade Carioca, valores de massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca total (1,15g/pl, 3,43g/pl e 4,59g/pl, respectivamente) semelhantes às quantidades obtidas em alguns dos tratamentos no presente trabalho.

As relações de nodulação, fenômeno que ocorre pela simbiose rizóbio-leguminosa e é frequentemente observado nas plantas de feijoeiro (SANTOS *et al.*, 2009), não ocorreram nas plantas de feijão deste estudo. Nos trabalhos de pesquisas que trazem essa discussão, geralmente são utilizados solos e não compostos orgânicos como substratos, sabendo-se que, apesar da tendência natural de simbiose entre o feijoeiro e algumas bactérias do gênero *Rhizobium*, para que ocorra a nodulação é necessária a presença de estirpes de rizóbio nativos no substrato ou que se faça sua inoculação (VIEIRA et al., 2005). A falta de nitrogênio abundante no meio (substratos) e a conseqüente redução da fixação do N (ANDREOTTI et al., 2008), também podem ter influenciado a não produção de nódulos radiculares pelas plantas referidas.

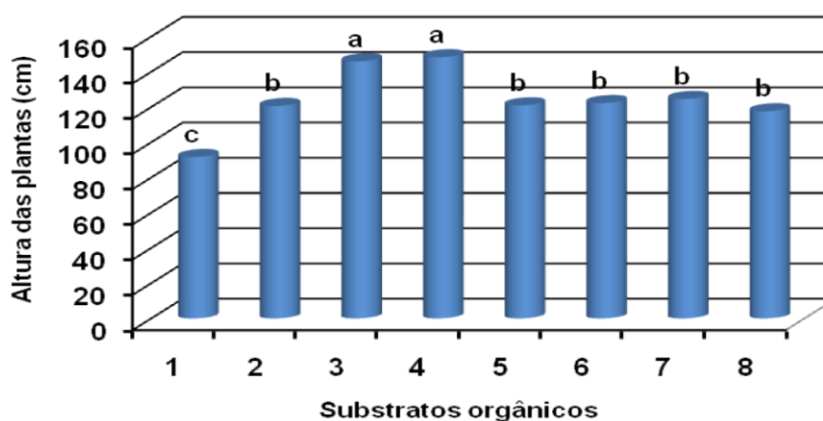
Sabe-se, também, que as condições fisiológicas da planta são fator de grande importância para as relações de nodulação, pois o rizóbio depende da energia fornecida pela planta para que a bactéria realize o processo de fixação de N com eficiência (STRALIOTTO, 2002). De acordo com esse mesmo autor, a disponibilidade de P no substrato é condição de alta relevância para esse processo, com efeito marcante sobre a atividade da nitrogenase, isso em função do requerimento energético, pelos microrganismos diazotróficos, para a fixação do nitrogênio.

Na Tabela 2.3. são apresentados os valores médios de altura, biomassa seca das folhas, do colmo, da raiz e o total da biomassa seca de cada planta de sorgo, revelando que houve efeito significativo dos substratos dos compostos 3-RF70%+EF15%+FR15% e 4-RS70%+EF15%+FR15% sobre o crescimento das plantas, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade. A altura média das plantas está representada também de forma gráfica na Fig. 2.2.

**Tabela 2.3.** Valores da altura, biomassa seca das folhas, do colmo, da raiz e massa seca total, nas plantas de sorgo, para cada substrato avaliado.

Substratos/tratamentos	Altura (cm pl <sup>-1</sup> )	Biomassa Seca			
		Folhas ..... g planta <sup>-1</sup> .....	Colmos	Raiz	Total
1-RF70%+EM15%+FR15%	91,67 c	26,43 a	25,83 a	26,33 a	77,78 a
2-RS70%+EM15%+FR15%	120,67 b	22,54 a	18,47 a	20,00 a	66,14 a
3-RF70%+EF15%+FR15%	146,00 a	23,55 a	31,09 a	20,33 a	72,59 a
4-RS70%+EF15%+FR15%	148,33 a	29,86 a	31,50 a	28,00 a	89,58 a
5-RF90% +FR10%	121,00 b	27,74 a	24,39 a	36,33 a	86,46 a
6-RS90% +FR10%	122,33 b	30,15 a	24,97 a	22,33 a	75,46 a
7-RF70% +FR30%	124,67 b	32,20 a	22,03 a	25,33 a	76,88 a
8-RS70% +FR30%	117,67 b	26,14 a	18,48 a	22,00 a	65,48 a
CV (%)	9,35	23,72	28,45	26,09	25,36
Média Geral	124,04	27,33	24,60	25,08	76,30

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.



**Figura 2.2.** Altura média das plantas de sorgo em função de cada substrato orgânico

Este resultado sugere que os compostos com esterco de frango foram melhores para a nutrição do sorgo, quando comparados aos demais substratos, e

isso provavelmente em função do teor de nitrogênio total dos mesmos, associado ao nitrogênio e carbono dos resíduos, efeito este ainda mais acentuado no composto com resíduo seco de sisal, devido, talvez, ao adiantado estado de mineralização do material vegetal seco.

Para a biomassa seca das folhas, não se observou diferença significativa entre as plantas, apesar de perceber-se taxa numericamente superior dessa variável nas plantas do substrato 7-RF70%+FR30%, com indicativo de influência do percentual (30%) da farinha de rocha utilizada como material para a compostagem, sabendo-se que esse material continha  $380 \text{ mg/dm}^3$  de fósforo e  $83 \text{ mg/dm}^3$  de potássio, nutrientes estes muito importantes para a produção do sorgo (COELHO, 2008).

Semelhantemente, na biomassa seca de colmos também não houve efeito significativo dos substratos, apesar de ver-se numericamente maior a massa seca dos colmos das plantas que foram cultivadas no substrato 4-RS70%+EF15%+FR15%. As taxas aqui encontradas se aproximam e até ultrapassam alguns valores de massa seca de colmos encontrados por Peiter & Carlesson (1996), durante pesquisa sobre o comportamento do sorgo granífero, quando a fração da água disponível no solo foi considerada ideal.

A produção da massa seca de raiz do sorgo também não foi influenciada pelos substratos utilizados, comportamento que foi também observado na biomassa seca total. Porém, esses valores de massa seca total estiveram semelhantes às taxas da mesma variável estudada em trabalho desenvolvido por Peiter e Carlesson (1996) com plantas de sorgo.

Foram também quantificados o diâmetro do caule e o número de folhas, encontrando-se média geral de **2,55 cm/pl.** e **12,95 fol/pl.**, respectivamente, porém, os valores foram não significativos para estas variáveis, pelo teste de Skott Knott, a 5% de probabilidade.

Numa análise de correlação das variáveis discutidas, observou-se linearidade positiva significativa ( $Pr < 0,001$ ) da altura das plantas e massas secas do colmo ( $r=0,69$ ) e total ( $r=0,65$ ). Como esperado, houve correlação linear positiva também da biomassa foliar e a biomassa do colmo ( $r=0,75$ ), da raiz ( $r=0,79$ ) e total ( $r=0,89$ ), sugerindo uma interação no processo de desenvolvimento das plantas. A massa seca do colmo correlacionou-se

positivamente também com as massas secas das folhas ( $r=0,75$ ), raiz ( $r=0,68$ ) e total ( $0,82$ ).

Dos nutrientes apresentados na tabela 2.4., somente os teores foliares de fósforo foram influenciados pelos tratamentos, observando-se efeito significativo dos substratos 2-RS70%+EM15%+FR15%, 3-RF70%+EF15%+FR15%, 4-RS70%+EF15%+FR15%, 6-RS90%+FR10%, 7-RF70%+FR30% e 8-RS70%+FR30%. Entre os demais tratamentos não se observou diferença estatística para qualquer dos macronutrientes analisados. Apesar de não se encontrar efeito da maioria dos tratamentos sobre os macronutrientes referidos, observou-se que estes apresentam valores condizentes com os referenciados por Coelho (2008) como teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do sorgo, que são: N=2,31–2,90%, P=0,44%, K=1,30-3,00%, Ca=0,21-0,86%, Mg=0,26-0,38% e S=0,16-0,60%.

**Tabela 2.4.** Teores de macronutrientes obtidos na análise foliar das plantas de Sorgo

Substratos/Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
1-RF70%+EM15%+FR15%	31,93 a	2,57 b	22,83 a	4,47 a	4,33 a	1,60 a
2-RS70%+EM15%+FR15%	31,67 a	3,07 a	31,27 a	4,87 a	4,60 a	1,73 a
3-RF70%+EF15%+FR15%	33,43 a	3,50 a	27,30 a	3,57 a	4,60 a	1,83 a
4-RS70%+EF15%+FR15%	32,70 a	3,60 a	27,77 a	4,10 a	4,63 a	1,73 a
5-RF90% +FR10%	28,67 a	2,63 b	28,63 a	4,43 a	3,97 a	1,60 a
6-RS90% +FR10%	29,93 a	3,47 a	27,33 a	4,20 a	4,27 a	1,57 a
7-RF70% +FR30%	30,17 a	3,40 a	25,13 a	4,43 a	4,13 a	1,63 a
8-RS70% +FR30%	28,90 a	3,17 a	26,50 a	4,37 a	4,57 a	1,57 a
<b>CV (%)</b>	<b>9,38</b>	<b>12,68</b>	<b>12,69</b>	<b>16,03</b>	<b>12,92</b>	<b>12,43</b>
<b>Média Geral</b>	<b>30,92</b>	<b>3,17</b>	<b>27,10</b>	<b>4,30</b>	<b>4,39</b>	<b>1,66</b>

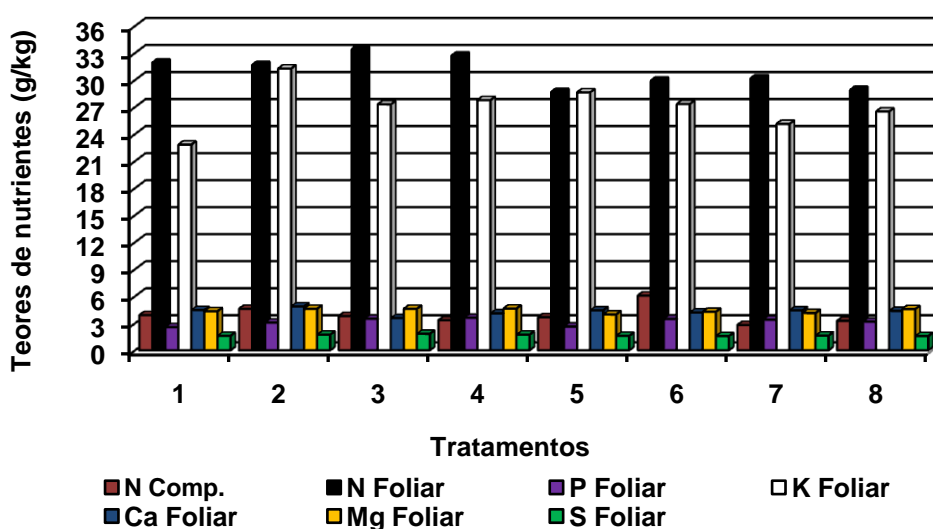
Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.

O resultado mostrou também que os teores dos macronutrientes foliares apresentados foram superiores aos valores dos respectivos nutrientes

encontrados nos compostos orgânicos utilizados como substratos, em todos os tratamentos, fator que pode estar vinculado ao processo de maturação dos substratos e sua mineralização, com a liberação de nutrientes a partir do contato com condições ambientais favoráveis (KIEHL, 1985). Além disso, deve-se considerar a grande capacidade de extração de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, atribuída à cultura do sorgo (COELHO, 2008).

Desses resultados, observou-se alta correlação linear positiva do nitrogênio dos compostos com o N e o S foliares das plantas de sorgo, indicando assim que o teor de nitrogênio nos compostos influenciaram significativamente para o teor de nitrogênio e enxofre nas folhas do sorgo. Houve também correlação positiva altamente significativa do N foliar com o P e o S das folhas, mostrando que estes elementos apresentaram comportamento diretamente proporcional nas folhas de sorgo.

Na figura 2.3. estão apresentados graficamente os teores de nitrogênio dos compostos orgânicos, e do nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre foliares das plantas de sorgo, exemplificando a superioridade do teor desses nutrientes nas folhas das plantas em comparação com os teores determinados nos compostos utilizados como substratos, com significativo destaque para os macronutrientes nitrogênio e fósforo foliares.



**Figura 2.3.** Teores de N dos compostos, e N, P, K, Ca, Mg e S foliares das plantas de sorgo, em função dos diferentes tratamentos.

Não houve, porém, correlação linear entre o teor de matéria orgânica dos substratos utilizados e os nutrientes foliares encontrados. Dos macronutrientes foliares, observou-se correlação significativa entre N, P e S.

Na sequência, tem-se a tabela 2.5., onde se encontram os teores foliares de micronutrientes e carbono orgânico, com efeito significativo do substrato 2-RS70%+EM15%+FR15% para o nutriente boro. Para o micronutriente zinco, observou-se efeito significativo dos substratos 3-RF70%+EF15%+FR15%, 4-RS70%+EF15%+FR15% e 6-RS90%+FR10%. Para ferro e manganês, não se observou efeito de qualquer dos tratamentos. Já para o cobre, também os substratos 3-RF70%+EF15%+FR15% e 4-RS70%+EF15%+FR15% influenciaram para teores significativamente superiores desse micronutriente nas folhas. Observou-se, ainda, que a percentagem de carbono orgânico nas folhas de sorgo foi influenciada significativamente pelos substratos 5-RF90%+FR10%, 6-RS90%+FR10% e 7-RF70%+FR30%, ratificando, mais uma vez, a importância do resíduo de sisal para o fornecimento desse nutriente.

Quando comparados com os teores de micronutrientes foliares referenciados por Coelho (2008) como adequados (B=20mg/dm<sup>3</sup>, Cu=10-30 mg/dm<sup>3</sup>, Fe=68-84 mg/dm<sup>3</sup>, Mn=34-72 mg/dm<sup>3</sup> e Zn=12-22 mg/dm<sup>3</sup>) para a cultura do sorgo, observou-se que os valores de B, Zn, e Cu foram encontrados, na maioria das plantas, dentro da faixa recomendada pelo mesmo autor, ficando o Fe em concentrações foliares um pouco acima e o Mn com teores um pouco abaixo do citado como adequado, apesar de não estar muito aquém do recomendado. De acordo também com o Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, da Embrapa Solos (SILVA, 1999), os micronutrientes Ferro e Boro foram encontrados em níveis foliares acima do recomendado para a cultura do sorgo.

Os teores de Zn e Fe aqui encontrados estão também condizentes com resultados apresentados por Fageria (2000). Este autor concluiu, em trabalho com arroz, feijão, milho, soja e trigo, que os teores adequados de Zn nas plantas variaram de 18 a 67 mg kg<sup>-1</sup> da matéria seca da parte aérea, com influência significativa desse nutriente sobre a matéria seca.



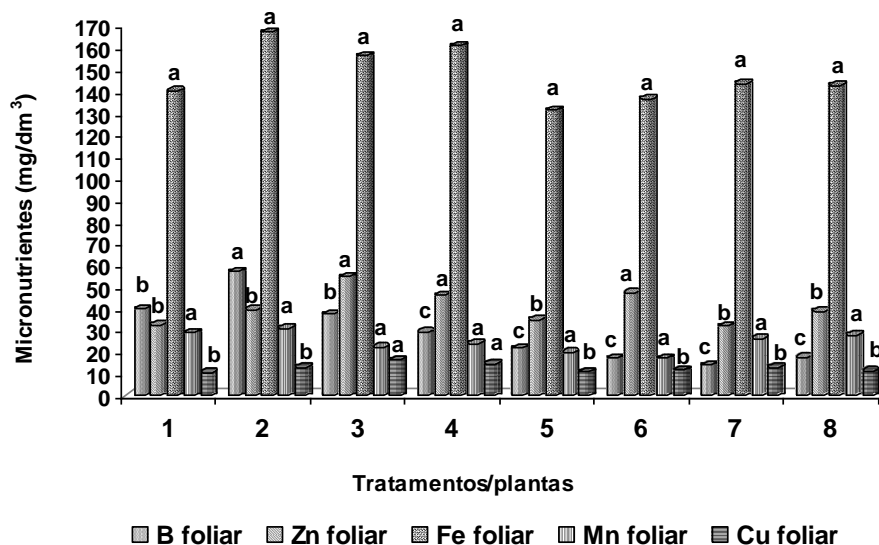
**Tabela 2.5.** Teores médios de micronutrientes e carbono orgânico foliares do Sorgo

TRATAMENTOS	B	Zn	Fe	Mn	Cu	C. O. <sup>1</sup>
						(%)
..... mg Kg <sup>-1</sup> .....						
1-RF70%+EM15%+FR15%	39,67 b	32,33 b	140,00 a	28,67 a	10,33 b	40,03 b
2-RS70%+EM15%+FR15%	56,67 a	39,33 b	167,00 a	30,67 a	12,67 b	39,93 b
3-RF70%+EF15%+FR15%	37,33 b	54,67 a	156,33 a	22,00 a	16,33 a	41,17 b
4-RS70%+EF15%+FR15%	29,00 c	46,00 a	160,67 a	23,67 a	14,33 a	40,37 b
5-RF90% +FR10%	21,67 c	34,67 b	131,00 a	19,67 a	10,67 b	42,57 a
6-RS90% +FR10%	17,00 c	47,00 a	136,33 a	17,00 a	11,67 b	42,30 a
7-RF70% +FR30%	14,00 c	32,00 b	143,33 a	26,00 a	12,67 b	42,63 a
8-RS70% +FR30%	17,33 c	38,67 b	142,67 a	27,67 a	11,00 b	40,20 b
<b>CV (%)</b>	<b>20,62</b>	<b>14,65</b>	<b>17,45</b>	<b>27,65</b>	<b>15,89</b>	<b>2,06</b>
<b>Média Geral</b>	<b>29,08</b>	<b>40,58</b>	<b>147,17</b>	<b>24,42</b>	<b>12,46</b>	<b>41,15</b>

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> = Carbono orgânico foliar

Considera-se importante o conhecimento sobre o teor de carbono orgânico das folhas do sorgo, por esse fator expressar o equilíbrio fisiológico desse importante elemento (C) e seu armazenamento em concentrações significativas nas plantas (Weber *et al.*, 2009), considerando-se também sua importância para a ciclagem de nutrientes, já que se trata de material vegetal comumente utilizado para incorporação no solo. Em estudo com seis espécies de floresta, Weber *et al.* (2009) encontraram as médias de 46,1%, 45,8%, 44,9%, 44,4%, 42,7% e 41,4% em teores de carbono orgânico foliares. Portanto, quando comparados com os teores de carbono encontrados nas plantas de sorgo do presente trabalho, vê-se o importante equilíbrio desse nutriente no sorgo

Semelhante ao observado quando da análise foliar para os macronutrientes foliares, os micronutrientes foram encontrados em maiores concentrações foliares do que os seus teores determinados nos substratos/tratamentos, com exceção do manganês, o qual encontrou-se com teores foliares abaixo dos encontrados nos substratos (Figura 2.4.).



**Figura 2.4.** Teores foliares dos micronutrientes boro, zinco, ferro, manganês e cobre nas plantas de sorgo, em função dos diferentes tratamentos.

Observou-se alta correlação linear positiva dos micronutrientes B, Zn, Fe e Cu dos substratos, além dos macronutrientes P, K, Ca e Mg destes materiais, com o Fe foliar, indicando que o substrato é uma fonte confiável de fornecimento destes elementos. Além dessas relações, correlacionaram-se positivamente: Fe e S, Cu e S, Zn e Cu e, Mn e Ca, todos em concentrações foliares, com altos coeficientes de correlação ( $r$ ).

#### 4. CONCLUSÕES

1. Os compostos à base de resíduo de sisal foram ineficientes como substratos puros para o cultivo do feijoeiro Var. Carioca, sob as condições em casa de vegetação.

2. Os compostos apresentaram-se como alternativa viável para serem utilizados como substratos orgânicos no desenvolvimento da cultura do sorgo, no período e sob as condições experimentados no presente estudo.

3. As plantas de sorgo cultivadas nos substratos 3-RF70%+EF15%+FR15% e 4-RS70%+EF15%+FR15% apresentaram desenvolvimento vegetativo superior, em comparação às demais.

4. Os substratos dos compostos 2-RS70%+EM15%+FR15%, 3-RF70%+EF15%+FR15%, 4-RS70%+EF15%+FR15% e 6-RS90%+FR10% apresentaram potencial comum e superior para o fornecimento de macro e micronutrientes à cultura do sorgo no presente estudo.

## 5. REFERÊNCIAS

ANDREOTTI, M.; NAVA, I.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V.; FURLANI JUNIOR, E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na "safra das águas" - DOI: 10.4025/actasciagron.v27i4.1306. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 595-602, Oct./Dec., 2005. Brasil, 27 abr. 2008.

AZEVEDO FILHO, J. A. de; FAZUOLI, L. C.; THOMAZIELLO, R. A. **Efeito de substratos orgânicos no crescimento das mudas**. Artigos e Projetos. Setembro de 2001. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=446>>. Acesso em: 28 Out 2009.

BOARO, C. S. F; RODRIGUES, J. D; PEDRAS, J. F; RODRIGUES, S.D; DELACHIAVE, M. E; MISCHAN, M. M. Níveis de magnésio em solução nutritiva e o desenvolvimento do feijoeiro (*phaseolus vulgaris* l. cv carioca): avaliação de parâmetros biométricos. **Scientia Agricola**. vol. 53 n. 2-3 Piracicaba May/Dec. 1996.

CAMARGOS, S. L. **Métodos para avaliar a fertilidade do solo e o estado nutricional da planta**. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá MT: 2005. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/metodos-para-avaliar-a-fertilidade-do-solo-e-o-estado-nutricional-da-planta-pdf-a43947.html>>. Acesso em: 19 Abr 2010.

COELHO, A. M. **Cultivo do Sorgo: Nutrição e adubação**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção 2, Versão Eletrônica - 4<sup>a</sup> edição. Set./2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/adubacao.htm>>. Acesso em: 15 Mar 2010.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.390-395, 2000 Campina Grande, PB, EAq/UFPB.

FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos**. Universidade Federal de Lavras, 2003.

FUKUDA C.; OTSUBO, A. A. **Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Sistemas de Produção, 7, Versão eletrônica. Jan/2003. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_centrosul/solos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_centrosul/solos.htm)>. Acesso em: 05 Mar 2010.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1985. 492p.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. **Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças**. Seropédica-RJ, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v25n3/a14v25n3.pdf>>. Acesso em: 29 Out 2009.

LEAL, R. M. e PRADO, R. de M. Desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de macronutrientes, boro e zinco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p.301-306, out.-dez., 2008. Recife, PE, UFRPE.

PEITER, M. X. & CARLESSO, R. Comportamento do sorgo granífero em função de diferentes frações da água disponível no solo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 51-55, 1996.

PEIXOTO, R. T. dos G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo**. Londrina, IAPAR, 1988. 48p.

PITTA, G. V. E.; COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C.; FRANÇA, G. E. de; MAGALHÃES, J. V. de. **Adubação de plantio e cobertura**. In: **Cultivo do sorgo**. Sistema de Produção, 2. Embrapa Milho e Sorgo. 2000. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/aadubac.htm>>. Acesso em: 02 Fev 2010.

PRIMAVESI, A.M. **A agricultura em regiões tropicais: manejo ecológico do solo**. Nobel, 1986. 536p.

RIBEIRO, A. C.; ALVAREZ V. V. H.; GUIMARÃES, P. T. G. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359p.

SANTOS, D. M. dos; FREITAS, R. A.; NASCIMENTO, W. M. Produção de mudas de *Capsicum* em substrato orgânico. In: **VI Encontro Nacional Sobre Substratos Para Plantas. Fortaleza – CE, 2008. Disponível em:** <[http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab\\_PDF/sub\\_54.pdf](http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_54.pdf)>. Acesso em: 29 Out 2009.

SANTOS, J. O.; ARAÚJO, A. S. F.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. A.; FIGUEIREDO, M. V. B. Ontogenia da nodulação em feijão-fava (*Phaseolus lunatus*). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.4, p.426-429, out.-dez., 2009. Recife, PE, UFRPE.

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. de L. S. de; BELTRÃO, N. E. de M. **Composição Química de Onze Materiais Orgânicos Utilizados em Substratos para Produção de Mudas**. Comunicado Técnico 278. Campina Grande/PB, agosto de 2006. Disponível em: <[http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2006/COMTEC\\_278.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2006/COMTEC_278.pdf)>. Acesso em: 23 Out 2008.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

SILVA, L. M. da; LEMOS, L. B.; CRUSCIOL, C. A. C.; FELTRAN, J. C. Sistema radicular de cultivares de feijão em resposta à calagem. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.39, n.7, p.701-707, jul. 2004.

SILVA, F. A. de M.; GUERRERO LOPEZ, F.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. da. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. **Rev. Bras. de Agroecologia**. 4(1):59-66 (2009).

STRALIOTTO, R. **A Importância Da Inoculação Com Rizóbio Na Cultura Do Feijoeiro**. Embrapa Agrobiologia. Seropédica, RJ. Novembro de 2002. Disponível em: <[http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbni\\_inocula\\_feijoeiro.html](http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbni_inocula_feijoeiro.html)>. Acesso em: 03 Abr 2010.

VIEIRA, R. F.; TSAI, S. M.; TEIXEIRA, M. A. Nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro com estirpes nativas de rizóbio, em solo tratado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** vol.40 n.10, Brasília Oct., 2005.

WEBER, K., BALBINOT, R., WATZLAWICK, L., SANQUETA, C. **Teores de Carbono Orgânico de Seis Espécies Naturais do Ecossistema da Floresta Ombrófila Mista**. AMBIÊNCIA, América do Norte, 2, nov. 2009. Disponível em: <http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/326/455>. Acesso em: 12 Abr. 2010.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A histórica e nômade forma da prática agrícola, baseada apenas na exploração, tem provocado desequilíbrios muito graves em agroecossistemas inteiros, comprometendo a sustentabilidade dos recursos naturais e da produção agrícola de um modo geral. A utilização de altos níveis de insumos externos como agroquímicos e adubos minerais solúveis, tem deixado os solos cada vez mais pobres do ponto de vista da nutrição, e provocado a expansão desordenada sobre áreas que deveriam ser preservadas para um melhor equilíbrio entre o homem, o trabalho e o ambiente.

Essas práticas vêm produzindo resultados negativos, com reflexos claros sobre a produção e a produtividade de alimentos. Além dos problemas com a segurança alimentar, a prática da agricultura convencional vem provocando uma crise de produção, pois a necessidade de fertilizantes químicos é cada vez maior, aumentando também os custos de produção e encarecendo o produto final ao consumidor.

Essas questões também foram motivadoras para a realização deste trabalho, porém, os resultados aqui obtidos e apresentados fazem parte de um ensaio inicial apenas, esperando-se que estes resultados possam colaborar para a realização de outros estudos com resíduo de sisal, uma vez que a finalidade do presente foi somente de fazer uma caracterização agrônômica desse tão importante produto do desfibramento do sisal. É necessário, portanto, que se desenvolvam pesquisas mais aprofundadas em busca da caracterização dos diversos processos de decomposição desses materiais e os respectivos

microrganismos neles envolvidos, para um aproveitamento cada vez mais eficiente desses resíduos, inclusive com o objetivo de colaborar para o desenvolvimento sócio-econômico do Território do Sisal.

Apesar dos poucos, ou quase nenhum, trabalhos desenvolvidos com a finalidade de aproveitamento do resíduo de sisal para a fertilização orgânica e/ou produção de fertilizantes orgânicos a partir de sub-produtos do desfibramento, foi confirmada neste trabalho de pesquisa a hipótese de que esse resíduo, fresco e seco, apresenta-se com potencial agronômico para a compostagem com outros materiais orgânicos, e, com base em suas características químicas e físicas, torna-se um importante objeto de estudo para novas descobertas e aplicações.

Foi observado também neste trabalho que o resíduo de sisal em compostagem isoladamente (sem adição de outros materiais orgânicos) apresenta altas concentrações de macro e micronutrientes, além de outros fatores químicos como alta percentagem de carbono orgânico e relação C/N ideal, porém, os teores de alguns micronutrientes como Ferro e Zinco são encontrados em níveis preocupantes, com potencial para causar toxidez às plantas e/ou inibição à absorção de outros nutrientes importantes, se utilizados isoladamente como substrato puro. Tem-se aqui um material que pode ser utilizado para aplicação em solos degradados, ou mesmo ser utilizado como fertilizante orgânico simples misturado a outros substratos, na produção de mudas, por exemplo.

Apesar dos resultados satisfatórios, com base no que o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento-MAPA define como características químicas e físicas para os fertilizantes orgânicos, simples ou compostos, se faz necessário o desenvolvimento de outros estudos específicos com o resíduo do sisal, para a sua caracterização microbiológica e à descoberta de novos potenciais de seu uso em atividades agronômicas, inclusive para o incremento da produção agrícola, através da incorporação do resíduo compostado em diferentes tipos de solos e nos diversos sistemas de produção.

O que se busca, portanto, é o desenvolvimento com sustentabilidade, pois, o desconhecimento da importância e sobre a necessidade de se construir e preservar o agroecossistema vivo, tem sido uma das causas principais da vulnerabilidade e insustentabilidade da agricultura como um todo, no mundo inteiro.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

D'ANDRÉA, P. A. **A importância dos ciclos fotobiogeoquímicos na agricultura sustentável.** Palestra proferida no Curso de Capacitação em Agricultura Orgânica. IAC, CATI, Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, APTA – Piracicaba / SP, 2005.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** São Paulo: Agronômica Ceres. 1985. 492p.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n. 25, 2009. In: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20542>>. Acesso: 04 Jun 2010.

PEIXOTO, R. T. dos G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo.** Londrina, IAPAR, 1988. 48p.

VASCONCELOS, Y. O que é revolução verde? **Revista Vida Simples - 2007.** Disponível em: <[http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteudo\\_244070.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteudo_244070.shtml)>. Acesso em: 05 Set 2009.