



**INSTITUTO
FEDERAL**

Sergipe

INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE

CORDENADORIA DO CURSO

LARISSA DOS SANTOS DUTRA

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE BIOFERTILIZANTE
PROVENIENTE DE RESÍDUO URBANO**

São Cristóvão – SE

2018

LARISSA DOS SANTOS DUTRA

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE BIOFERTILIZANTE
PROVENIENTE DE RESÍDUO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de Sergipe
como pré-requisito para a obtenção do
título de Tecnólogo em Agroecologia.

Orientadora: Prof. Mônica
Alixandrina da Silva Arruda Santos.

São Cristóvão – SE

2018

IFS - Biblioteca do Campus São Cristóvão

D978a Dutra , Larissa dos Santos
Avaliação qualitativa de biofertilizantes provenientes de resíduos
urbanos / Larissa dos Santos Dutra . – São Cristóvão, 2018.
44 f.; il.

Monografia (Graduação) Tecnologia em Agroecologia. Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe - IFS, 2018.

Orientadora: Professora. Dra .Mônica Alixandrina da Silva Arruda
Santos.

1. Lodo de esgoto. 2. Biofertilizante. 3. Agroecologia. 4. Agricultura
orgânica. 5. Biodigestor. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Sergipe IFS. II. Título.

CDU 631.86

LARISSA DOS SANTOS DUTRA

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE BIOFERTILIZANTE PROVENIENTE DE RESÍDUO URBANO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de Sergipe
como pré-requisito para a obtenção do
título de Tecnólogo em Agroecologia.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Mônica Alixandrina da Silva Arruda Santos
Instituto Federal de Sergipe - Doutora
(Orientadora)

Dr^a. Liamara Perin
Instituto Federal de Sergipe - Doutora
(Avaliadora)

Ms. Dinamarta Virginio Ferreira
(Avaliadora)

Dedicatória

Dedico esse trabalho aos meus filhos
Gustavo e Marina que são minha luz e
motivo que me faz persistir.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

A todos os professores que fizeram parte da minha graduação, especialmente a professora Mônica Alixandrina e seu grupo de pesquisa, responsáveis pela realização deste trabalho.

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Aos meus filhos Gustavo e Marina, que da forma mais terna possível sempre me ajudaram desde início e passaram por todos os momentos comigo. À minha mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Aos meus irmãos Athos e Hugo, suas presenças significaram segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada. À minha família que nunca me deixou desistir.

Ao meu companheiro Marcelo que me apoio incentivando sempre a seguir em frente nos estudos.

Ao curso de Agroecologia, ao IFS campus São Cristóvão a todas pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos. A experiência de uma produção compartilhada, na comunhão com amigos nesses espaços, foram a melhor experiência da minha formação acadêmica.

À todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

RESUMO

A agroecologia como ciência busca por metodologias para produções sustentáveis que visem encontrar soluções para reduzir os impactos ambientais e oferecer alimentos livres de agrotóxicos, além de uma substituição dos insumos inorgânicos convencionais por orgânicos. Uma possibilidade pode ser a utilização de lodo de esgoto que pode ser utilizado como insumo para a fertilização dos solos, desde que tratados de maneira correta. Nesse estudo, pretendeu-se mostrar a viabilidade do uso do biofertilizante (subproduto do lodo de esgoto) para adubação da planta forrageira *Panicum maximum* var. Tanzânia. Para isso, o lodo foi estabilizado via biodigestão e após isso o biofertilizante foi pulverizado nas plantas, durante 180 dias, variando a quantidade de dias aplicados (sem aplicação, a cada 30, 24, 15 e 8 dias). Para cada tratamento foram realizadas 10 repetições, totalizando 50 réplicas. A cada 30 dias as plantas foram analisadas considerando: as variáveis morfológicas (altura da planta e lâmina foliar), cobertura do solo, estágio sanitário das plantas. O processo de transformação do lodo em biofertilizante reduziu o número de coliformes fecais (biofertilizante e na lâmina foliar), diminuiu a quantidade de micronutrientes no produto final (biofertilizante) e metais pesados. O biofertilizante não apresenta efeito direto na alteração química dos solos e consequentemente na absorção pelas plantas. A concentração macronutrientes no solo foram aumentados ou considerados adequados, indicando que não haverá problemas de absorção pelo vegetal. Por outro lado, os micronutrientes apresentaram variação quanto aos seus teores, porém no solo apresentaram valores superiores ao do biofertilizante. As plantas de *P. maximum* variaram morfológicamente e as plantas que tiveram menores intervalos de aplicações alcançaram maiores alturas. Os índices de coliformes fecais apresentaram-se ainda mais reduzidos na lâmina foliar. As plantas que se desenvolveram nos tratamentos com adubação foliar a base do biofertilizante, independente de sua concentração na folha, apresentaram maiores teores de micronutrientes e macronutrientes que as plantas testemunha, indicando que o biofertilizante contribuiu para o aumento de alguns dos nutrientes nas plantas. Essas conjunto de informações apontam que, o biofertilizante é um resíduo em potencial para uso na agricultura como preconizado pelo CONAMA para adubação foliar e dos solos.

Palavras-chave: Lodo de esgoto, biofertilizante, agroecologia, agricultura orgânica, biodigestor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura.1- Sistema de biodigestor construído para a produção do biofertilizante a partir da biodigestão do lodo.	21
Figura 2- Semeadura de <i>Panicum maximum</i> var. Tanzânia.	23
Figura 3- Plantas de <i>Panicum maximum</i> var. Tanzânia.	24
Figura 4- Determinação da altura das plantas de <i>Panicum maximum</i> , em função do tempo, adubadas com biofertilizante a base de resíduos urbanos.	31
Figura 5- Determinação do percentual de cobertura do solo (%) das plantas de <i>Panicum maximum</i> , em função do tempo, adubadas com biofertilizante a base de resíduos urbanos.	32
Figura 6- Determinação do estágio sanitário em plantas de <i>Panicum maximum</i> , em função do tempo, adubadas com biofertilizante a base de resíduos urbanos.	33
Figura 7- Teores de N, P, K (g/Kg) e Cu, Zn, Fe (mg/Kg) em plantas de <i>Panicum maximum</i> , adubadas com lodo.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Componentes químicos do resíduo urbano e do biofertilizante.	25
Tabela 2. Número de coliformes fecais no biofertilizante, no resíduo urbano e na lâmina foliar do <i>Panicum maximum</i> .	26
Tabela 3. Componentes químicos do solo testemunha (sem adubação).	28
Tabela 4. Teores médios de macronutrientes no solo adubado com biofertilizante.	29
Tabela 5. Teores médios de micronutrientes no solo adubado com biofertilizante.	30

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DESO - Companhia de Saneamento de Sergipe

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETE- Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário

IFS - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe

NMP - Número Mais Provável

NNP- Nitrogênio não Proteico

OGM – Organismos Geneticamente Modificados

LISTA DE SÍMBOLOS

N-Nitrogênio

P-Fósforo

K-Potássio

Cu-Cobre

Zn-Zinco

Fe- Ferro

Mg – Magnésio

Ca- Cálcio

Cr – Cromo

Al – Alumínio

Ni- Níquel

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

Ph - Potencial hidrogeniônico

MO - Matéria Orgânica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
HIPÓTESE	15
OBJETIVO GERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
A IMPORTÂNCIA DA AGROECOLOGIA	16
ADUBAÇÃO ORGÂNICA	18
RESÍDUOS URBANOS, ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS	19
METODOLOGIA	21
RESULTADOS & DISCUSSÃO	25
CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

INTRODUÇÃO

A agroecologia é uma ciência prática em franca expansão de produção agrícola que tem se consolidado no Brasil. Os princípios básicos da agroecologia visam a produção de alimentos saudáveis livres de agrotóxicos, com o menor impacto possível ao meio ambiente, promovendo a inclusão social. Diversas metodologias e técnicas são utilizadas para implementar e melhorar a produtividade dentro dos princípios permitidos, incluindo a substituição dos insumos inorgânicos convencionais por orgânicos. Os métodos de adubação de solos para cultivos agroecológicos tem sido desafiadores de modo que não causem danos aos solos (químicos e/ou biológicos), aos cultivos ou que possam contaminar os lençóis freáticos. A degradação de resíduos orgânicos para posterior devolução aos solos pode ser realizada através da biodigestão pode ser uma alternativa agroecológica interessante para a agricultura familiar. Essa tecnologia é economicamente viável e ecologicamente sustentável isso por que o agricultor conseguirá produzir insumos para a fertilização dos solos, sem custos adicionais.

O aumento crescente da população nas grandes cidades têm gerado grandes problemas ambientais urbanos, em decorrência da geração da grande quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. O tratamento das águas residuárias minimiza os impactos ambientais, com a função de tratar os esgotos e transforma-los em águas de qualidade compatível com seu uso previsto, para isso são criadas as estações de tratamento de esgoto (ETE's). No entanto, com crescimento da zona urbana o número de ETE's tem aumentado e o tratamento gera um volume significativo de lodo de esgoto, onde nele são concentradas as impurezas do esgoto tratado sendo, portanto, o último subproduto do ciclo urbano da água.

O lodo de esgoto quando processado e tratado de uma maneira adequada pode ser utilizado para diversas finalidades, incluindo o uso agrícola (aplicação no solo, como fertilizante). Diversas pesquisas tem utilizado o lodo como modelo para a adubação de solos, pois a utilização evidencia o aumento na absorção de nutrientes pelas plantas melhorando a produtividade, e em alguns casos a adubação pode ser igual ou superior à

adubação química. Contudo, o lodo pode apresentar em sua composição metais pesados, compostos orgânicos persistentes e organismos patogênicos causadores de doenças, que devem ser avaliados cuidadosamente. Logo, é importante o estabelecimento de estudos que verifiquem a existência de resíduos de coliformes fecais e metais pesados tanto nos vegetais, quanto nos solos de modo que sugiram quais as metodologias adequadas para a redução destes materiais indesejados ou que possam reduzi-los, de acordo com o limite estabelecido pelas normas do Conama (CONAMA, 2006).

Para a estabilização do lodo um dos processos mais utilizados é o biológico, realizado através da fermentação anaeróbica. Este processo é realizado através da ação dos microorganismos na ausência de oxigênio, que vai gerar redução de substâncias orgânicas complexas, via biodigestor. Por ser uma técnica relativamente simples e de baixo custo operacional e de implantação, o biodigestor apresenta eficiência na remoção das diversas categorias de poluentes e reduz a quantidade de organismos patogênicos. Essa metodologia pode ser utilizada por agricultores, onde em uma câmara fechada o lodo é colocado para ser degradado na ausência de oxigênio molecular, tendo como produto a formação do biogás e um líquido rico em nutrientes (biofertilizante).

Nesse sentido, a utilização do biodigestor para a estabilização do lodo pode ser uma alternativa importante na redução de metais pesados e de microorganismos patogênicos, possibilitando a utilização do lodo na agricultura de acordo com as leis nacionais.

HIPÓTESE

Neste trabalho foi levantada a hipótese que, o lodo urbano pode ser utilizado como insumo alternativo na agricultura, de forma segura, reduzindo gastos dos produtores rurais e como forma de otimizar o escoamento desse material nos centros urbanos.

OBJETIVO GERAL

Logo, o objetivo geral desse estudo foi analisar quimicamente e microbiologicamente o resíduo urbano, para uso como adubação na agricultura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar quimicamente o lodo;
- Analisar quimicamente o lodo após a biodigestão (biofertilizante);
- Determinar os níveis de coliformes fecais no resíduo urbano, no biofertilizante e nas laminais foliares das plantas adubadas;
- Analisar o crescimento, taxa de cobertura do solo e o estágio sanitário das plantas forrageiras adubadas com o biofertilizante;
- Analisar o teor de nutrientes no solo adubado com o biofertilizante.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A IMPORTÂNCIA DA AGROECOLOGIA

O sistema de produção de alimentos atual busca um novo modelo de agricultura, baseado na sustentabilidade. As características de agricultura utilizadas após a “Revolução Verde” no Brasil não satisfazem as necessidades atuais, justamente pelo uso excessivo de recursos naturais nos processos produtivos. Consequente geram degradação ambiental, evidenciada pela contaminação dos rios, pela erosão e pelo empobrecimento do solo, bem como pela poluição do ar. Neste sentido, a necessidade de adoção de novas práticas agrícolas é essencial para o desenvolvimento sustentável (GLIESSMAN; ROSEMEYER, 2009). Os critérios de sustentabilidade norteiam as discussões sobre uma agricultura sustentável, que possam garantir a preservação do solo, dos recursos hídricos, da vida silvestre e dos ecossistemas naturais, e ao mesmo tempo assegurando a segurança alimentar (SOUSA JUNIOR et al., 2015). A transição de uma agricultura convencional para a orgânica exige basicamente três etapas, incluindo a redução e racionalização do uso de insumos químicos e de práticas nocivas ao ambiente e ao homem (FONSECA, 2009). Os sistemas de produção orgânicos atualmente têm ganhado forças e visa a produção de alimentos (animais e vegetais) de forma ecologicamente sustentável, economicamente viável e socialmente justa (SANTOS; MONTEIRO, 2004). A agricultura sustentável, para Altieri (1994), busca proporcionar rendimentos sustentáveis em longo prazo pelo uso de tecnologias de manejo que integrem os componentes do imóvel rural, melhorando a eficiência biológica.

A produção de alimentos através da agricultura orgânica incluem diversos modos de agriculturas naturais, incluindo o ecológico, o biodinâmico, o natural, o sustentável, o regenerativo, o biológico, o agroecológico e a permacultura (BRASIL, 2003). Todos esses sistemas possuem uma característica em comum, que é direcionar suas ações para o alcance do desenvolvimento sustentável, no entanto cada um com suas

particularidades. No Brasil a legislação define a produção orgânica, indicando claramente a necessidade de integração ecossistêmica em suas técnicas. A Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, em seu art. 1º, define o que é a produção orgânica:

Art. 1º Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).

O sistema agroecológico de produção agrícola tem se consolidado no Brasil e é considerado uma ciência e uma prática em franca expansão. Os princípios básicos da agroecologia visam reduzir os danos ambientais, promover a inclusão social e garantir a segurança alimentar por meio de alimentos livres de agrotóxicos (CAPORAL, 2009). Outra característica da agroecologia é a aplicação de uma abordagem sistêmica e participativa para a produção de conhecimentos científicos em um agroecossistema, que podem ser úteis, interna e externamente, para a preservação da natureza (GUZMÁN; NAVARRO, 1996). De fato, a agroecologia deve ser considerada em várias áreas da vida, pois é uma ciência em desenvolvimento, que estuda e procura relacionar conhecimentos de ecologia, agronomia, sociologia, política, ética e economia ao conhecimento tradicional (ALTIERI, 1989). Nesse sentido, a agroecologia não existe isoladamente, mas é uma ciência integradora, de caráter multidisciplinar que agrega conhecimentos de outras ciências, além de agregar também saberes populares e tradicionais provenientes das experiências de agricultores familiares de comunidades indígenas e camponesas (CAPORAL, 2006; CAPORAL; COSTABEBER, 2001).

A agroecologia tem sido bastante positiva no sentido de ser uma agricultura menos agressiva ao meio ambiente, mas também que promove a inclusão social, de modo que proporciona melhores condições econômicas aos agricultores (ASSIS et al.,

2007). De fato, é capaz de fazer bem ao homem e ao meio ambiente, reconhecendo a realidade da agricultura familiar uma vez que, possui estruturas de produção diversificadas e com um nível de complexidade desejado, sem prejuízo das atividades de supervisão e controle do processo de trabalho. Logo, esse modelo agroecológico de produção apresenta-se importante instrumento para o desenvolvimento de agricultores familiares, especialmente os de menor nível de capitalização.

A agroecologia como ciência busca por metodologias para produções sustentáveis que visem encontrar soluções para reduzir os impactos ambientais e oferecer alimentos livres de agrotóxicos, além de uma substituição dos insumos inorgânicos convencionais por orgânicos (FEIDEN, 2005). Entre essas metodologias é preciso investir na aplicação dos princípios e no melhoramento dos métodos de produção orgânica (SOARES; CAVALCANTE; HOLANDA JUNIOR, 2006).

ADUBAÇÃO ORGÂNICA

O sistema de produção agroecológico prevê a preservação, conservação e manejo dos solos. A fertilidade natural do solo potencializada mediante técnicas que elevem a atividade microbiana e proteja as estruturas do solo (SAQUET; SPOSITO, 2008). O manejo agroecológico do solo abrange uma diversidade de tecnologias que favorecem a utilização agrícola sustentável dos solos e a preservação do meio ambiente (CARVALHO; SILVA, 2008). Em doses adequadas a adubação orgânica fornece nutrientes ao solo e às culturas, através de matérias primas de base animal e vegetal. Dentre as vantagens da utilização dos adubos orgânicos está a melhoria das características químicas do solo por serem fontes de nutrientes para as plantas, nas características físicas do solo por atuar na formação e estabilização dos agregados do solo e também nas características biológicas intensificando a atividade dos microorganismos (GLIESSMAN, 2006).

A lei Brasileira prevê o estabelecimento de normas para a produção de alimentos de origem orgânica (animal e vegetal), incluindo os principais adubos e condicionadores de solos permitidos: composto orgânico; vermicomposto; restos orgânicos; esterco (sólido ou líquido); restos de cultura; adubação verde; biofertilizantes; microorganismos benéficos ou enzimas, desde que não sejam

OGM/transgênicos; resíduos de agroindústrias (sangue, pó de osso, penas, tortas, vinhaça e sementes); algas, peixes e derivados; pó de serra, cascas e derivados (sem conservantes); cinzas e carvões vegetais; pó de rocha; vermiculita; compostagem urbana de coleta seletiva e livre de substâncias tóxicas, de acordo com a Instrução Normativa 46, de 6/10/2011 (BRASIL, 2011), complementada pela Instrução Normativa 17 de 18/06/2014 (BRASIL, 2014).

Dentre os mais diversos insumos que podem ser utilizados para a adubação de solos destinados a produção orgânica a lei brasileira considera que, o lodo de esgoto sanitário constitui fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas e que sua aplicação no solo pode trazer benefícios à agricultura (CONAMA, 2006). O lodo de esgoto é um resíduo sólido, rico em matéria orgânica e possui composição química variável dependendo da sua origem (BETTIOL; CAMARGO, 2000). A utilização do lodo foi normatizada por lei, prescrita pela resolução nº 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (CONAMA, 2006), sendo válida desde que, tratados de maneira adequada inibindo a presença de metais pesados e agentes patogênicos (NASCIMENTO et al., 2004). Segundo o Art 3º de CONAMA (2006), os lodos gerados em sistemas de tratamento de esgoto, para terem aplicação agrícola, deverão ser submetidos a processo de redução de patógenos e da atratividade de vetores. Nesse sentido, torna-se essencial o processo de higienização de acordo com os parâmetros estabelecidos para sua utilização (ROCHA, 2009). Quando processado e tratado de uma maneira adequada pode ser utilizado para diversas finalidades. O destino final do lodo ou o seu aproveitamento pode variar e ser depositado em aterro sanitário, no reuso industrial (fabricação de agregado leve, cimento, tijolos e cerâmica), incineração, conversão em óleo combustível, recuperação de solos (em áreas degradadas e de mineração) e uso agrícola e florestal (aplicação no solo, como fertilizante) (FERNANDES; SILVA, 1999; SAMPAIO et al., 2012).

RESÍDUOS URBANOS, ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS

A viabilidade do uso de lodo de esgoto como resíduo orgânico na agricultura esta relacionado com o tratamento que este é submetido. O tratamento pode ser realizado através da fermentação anaeróbica (FERNANDES; SOUZA, 2001) e transformado em biofertilizante. No entanto, é necessário o conhecimento das

características químicas do subproduto como, a disponibilidade de nutrientes. A utilização de biofertilizantes provenientes do lodo em terras agriculturáveis pode ser uma alternativa de fertilizante, em consequência de sua riqueza nutricional (macro e micronutriente), principalmente N e P. Por atuar diretamente na melhoria da qualidade química, física e biológica do solo, pode resultar em aumentos na produtividade das culturas. Na literatura existem poucas informações que relacionam a fertilidade dos solos e o crescimento de algumas culturas, com a aplicação deste resíduo (VIEIRA; CARDOSO, 2003). Apesar de ser considerado com fonte de nutrientes o lodo deve ser analisado quanto a presença de metais pesados, agentes patogênicos e contaminantes, que possam comprometer a sanidade das plantas, a saúde humana e animal (FRIGO et al., 2015; SAMULAK et al., 2010).

Aplicação do lodo de esgoto para a fertilização dos solos tem avançando aos poucos, e alguns trabalhos já mostraram os benefícios da aplicação do lodo de esgoto no aumento do teor de nutrientes em algumas culturas (CAMARGO; PIRES; BETTIOL, 2008; NASCIMENTO et al., 2014; RIGO et al., 2014), incluindo observações quanto aos teores de carbono orgânico e da CTC (capacidade de troca catiônica) (MELO; MARQUES; MELO, 2001). O novo destino do lodo de esgoto é uma alternativa como adubo agrícola, podendo representar grandes ganhos econômicos e ambientais. O uso do biossólido como adubo vem sendo estudado por um conjunto de instituições no Brasil, incluindo as diversas Embrapa's do país. A utilização do lodo de esgoto como insumo alternativo na produção rural é um fator importante para uma maior qualidade da gestão ambiental e, simultaneamente, apresenta um menor custo em termos de economia agrícola (ZAPPAROLI; FERNANDES, 2007).

METODOLOGIA

O experimento foi realizado no setor agroecológico do *Campus* São Cristóvão - Instituto Federal de Sergipe, situado no Município de São Cristóvão, Território Sul Sergipano, coordenadas geográficas 10°54'48"S 37°11'3"W. Essa região apresenta uma estação chuvosa, de março a agosto e uma estação seca, de setembro a fevereiro, com precipitação média anual de 1500 mm e temperatura média anual de 27 °C.

Para a produção do biofertilizante foram confeccionados dois biodigestores, com tambores com capacidade para 350 litros. Para garantir que o sistema estaria totalmente vedado (na ausência de oxigênio) cada tambor possuía uma tampa rosqueável e mangueira de escape do gás, acopladas em recipiente com água (Figura. 1).

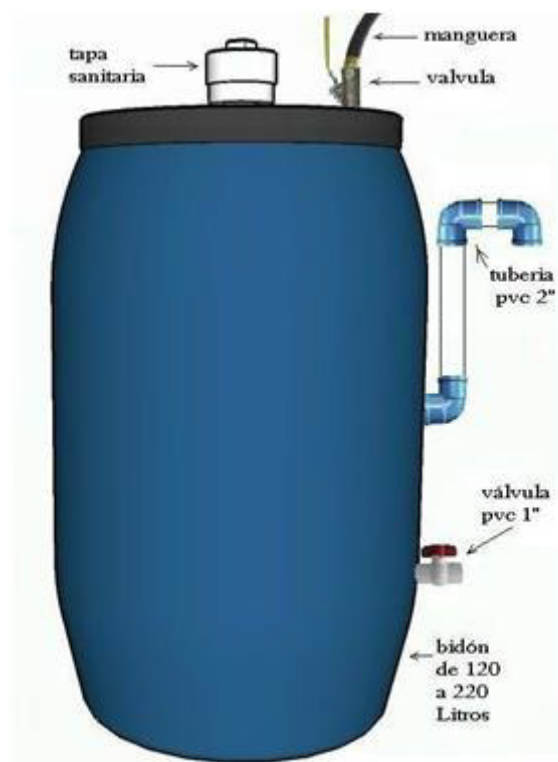


Figura.1: Sistema de biodigestor construído para a produção do biofertilizante a partir da biodigestão do lodo.

Em cada tambor (biodigestor) foram colocados os materiais utilizados para a produção do biofertilizante. A base da matéria prima para a produção do biofertilizante foi 50 kg de resíduo urbano (provenientes empresa DESO em Aracaju-se). Esse material inicialmente foi processado visando reduzir agentes patógenos e atratividade de

vetores, com cal e durante um período de sete dias foi seco ao sol. Para o biofertilizante, foi utilizado o lodo processado e também 10 kg de esterco bovino fresco oriundo do setor de bovinocultura no *Campus* São Cristóvão e 50 litros de água. A manipulação do material dentro dos biodigestores foi realizada a cada oito dias, a fim de promover a ativação do biofertilizante, através do revolvimento do material dentro do biodigestor, objetivando acelerar o processo de fermentação, que durou em torno de 35 dias em condições anaeróbica. Após esse período cessou a produção de gás, etapa final da produção do biofertilizante.

Foi realizada a análise química do lodo e do biofertilizante, a fim de determinar as características químicas e microbiológicas dos materiais. A análise do biofertilizante foi realizada através da retirada de uma amostra composta dos dois biodigestores, colocadas em recipientes esterilizados e levados ao laboratório do Instituto Tecnológico de Pesquisas do Estado Sergipe – ITPS. Além dessa análise também se determinou as características químicas do resíduo urbano (lodo) não processado (Tabela 1). Foram realizadas também análises químicas de solo antes e após o início dos experimentos, objetivando perceber alterações nos solos, devido à utilização do biofertilizante.

Após análise laboratorial o biofertilizante foi diluído em água na proporção de 1:9 para a aplicação da adubação foliar. A planta utilizada para testar o biofertilizante foi a forrageira *Panicum maximum* var. Tanzânia. O cultivo da forrageira *P. maximum* foi realizado em solo composto de 40% areia e 60% argila, em vasos plásticos com capacidade para 8 kg, estabelecidos na estufa agrícola, onde posteriormente a preparação do solo, foram plantadas as sementes (Figura. 2). Após 30 dias do plantio iniciou-se o experimento, casualizou-se as plantas em cada tratamento, de acordo com os intervalos entre adubações. Para a adubação foliar foi pulverizado a mesma concentrações do biofertilizante (1:9) durante 180 dias, variando a quantidade de dias aplicados, que foram os seguintes tratamentos: sem aplicação (testemunha) (T0); a cada 30 dias (T1); a cada 24 dias (T2); a cada 15 dias (T3); a cada 8 dias (T4). Para cada tratamento foram realizadas 10 repetições, totalizando 50 réplicas.



Figura 2. Semeadura de *Panicum maximum* var. Tanzânia.

Cada planta dentro dos seus respectivos tratamentos recebeu uma mistura de 100 ml do biofertilizante diluído em 900 ml de água, totalizando 1 litro de adubo foliar em cada aplicação. Todas as plantas diariamente foram irrigadas por aspersão, no período da manhã e da tarde, dentro da estufa agrícola. Adicionalmente, além dos 50 vasos contendo as plantas forrageiras que estavam nos tratamentos também foram mantidos 18 vasos plásticos com o mesmo solo, com capacidade para 2 kg, onde foram aplicados 100 ml do biofertilizante puro, para determinar a composição química do solo a cada 30 dias, durante seis meses.

Foram analisadas as variáveis morfológicas das plantas dentro dos seus respectivos tratamentos, para observância da resposta da planta à aplicação do biofertilizante (Figura 3). As variáveis analisadas foram altura da planta - mensurada através de uma régua graduada colocada na base da planta até o ponto de curvatura da lamina foliar; cobertura do solo - atribuindo-se um índice de cobertura das plantas na parcela experimental, onde 50% correspondiam à metade da ocupação do vaso e 100 %, a total ocupação do vaso e o estágio sanitário nas plantas - determinou uma nota de 0 a 5 para o surgimento de doenças nas parcelas experimentais, onde 0 foi ausência de doenças, 3 comprometimento de 50% de plantas doentes na parcela e nota 5 sendo 100% de

comprometimento de plantas doentes, em estágio de senescência, conforme metodologia de Silva (2007).



Fig. 3: Plantas de *Panicum maximum* var. Tanzânia.

Durante o experimento também foi acompanhado a presença de coliformes fecais totais e termotolerantes através da análise química do material, em três momentos: inicialmente quando recebeu o resíduo urbano da empresa DESO; no decorrer do trabalho com a finalização da fermentação do biofertilizante; e no final do experimento, com a coleta de amostras compostas das lâminas foliares (Tabela 2). No resíduo urbano e no biofertilizante foram realizadas contagens de coliformes a 45°C (NMP/g) e nas lâminas foliares determinou-se o número mais provável de coliformes a 35°C e a 45°C. Em todas as coletas utilizaram-se recipientes esterilizados cedidos pelo laboratório ITPS.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo programa computacional SAEG (Viçosa, 2004).

RESULTADOS & DISCUSSÃO

O processo de bioestabilização do resíduo urbano através da biodigestão do material é um método eficiente na transformação em biofertilizante. A modificação das características químicas possibilita a utilização do biofertilizante na agricultura de acordo com as normas exigidas pelo CONAMA. A biodigestão gerou a redução da quantidade de micronutrientes no produto final, que podem reduzir os problemas relacionados à fitotoxicidade. Todos os teores foram superiores no resíduo urbano (Tabela 1), antes do processo de fermentação, caindo drasticamente no biofertilizante. Por outro lado, a biodigestão possibilitou a manutenção ou aumento dos macronutrientes no produto final.

Tabela 1. Componentes químicos do resíduo urbano e do biofertilizante.

	Resíduo Urbano	Biofertilizante
Elemento Químico		
<i>Macronutrientes</i>		
P*	1290	1440
K*	311	550
Ca**	13,20	11,1
Mg**	5,70	8,3
Ca/Mg		
<i>Micronutrientes</i>		
Fe*	682,50	18,61
Cu*	11,90	0,386
Mn*	34,0	8,61
Zn*	344,50	35,6
Al**	0,08	0,08
Al + H		
<i>Outros componentes</i>		
PH	5,60	7,07
MO*** (g/dm ³)	165	79,6
CTC*** (cmolc/dm ³)	23,80	22,5
SB*** (cmolc/dm ³)	20,30	21,30

*(mg/dm³) ** (cmolc/dm³) ***MO – Matéria orgânica; CTC – Capacidade de troca Catiônica; SB – Soma de Bases

O número de coliformes fecais encontrados após análise química dos materiais foi reduzido após o processo de estabilização do resíduo urbano obtido após biodigestão. O índice de coliformes diminuiu mais de 50%, entre a matéria prima e o produto fermentado (biofertilizante) e também na lâmina foliar, após os processos de pulverização (Tabela 2), tornando o biofertilizante próprio para uso na irrigação de plantas forrageiras, não ficando o índice próximo do teto máximo preconizado pelo CONAMA. De acordo com o decreto 88.351 de 10 de julho de 1983 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, a água classificada para irrigação de plantas forrageiras é a classe 3, cuja tolerância para coliformes é de 4.000 por 100 ml com limite máximo de 20.000 por 100 ml.

Tabela 2. Número de coliformes fecais no biofertilizante, no resíduo urbano e na lâmina foliar do *Panicum maximum*

Número de coliformes fecais		
<i>Biofertilizante</i>		
Coliformes fecais	9.200	NMP/100 ml*
Coliformes termotolerantes	4.600	NMP/100 ml
<i>Resíduo urbano</i>		
Coliformes fecais	>16.000	NMP/100 ml
Coliformes termotolerantes	>16.000	NMP/100 ml
<i>Lâmina foliar</i>		
Coliformes a 35°C (Com adubação)	42	NMP/g**
Coliformes a 45°C (Com adubação)	<3,0	NMP/g
Coliformes a 35°C (Sem adubação)	46	NMP/g
Coliformes a 45°C (Sem adubação)	<3,0	NMP/g

*Número mais provável por 100 ml **Número mais provável por grama.

Uma das características que pode ser encontrada no resíduo urbano é a presença de coliformes fecais, que se tornam agentes contaminantes para uso doméstico. Está preocupação com a contaminação dos coliformes fecais na agropecuária é antiga, visto que Chagas et al. (1981) já relatava que as principais bactérias usadas como indicadores de poluição fecal eram os coliformes fecais. Estes autores relataram que a determinação da presença de coliformes fecais assume grande importância, não somente como um

parâmetro indicador da presença de microrganismos patogênicos, mas também da presença de qualquer outro componente de esgotos de origem doméstica.

Nas lâminas foliares observou-se a presença de coliformes fecais abaixo de três NMP/g a 35°C, indicando está abaixo dos dados preconizados pela ANVISA, para alimentos destinados a consumo humano, conforme relato de Barbosa et. al (2006), que encontrou valores semelhantes em folhas de erva mate. Porém, estudos quantificando esses microrganismos em alimentos destinados a alimentação animal, são escassos na literatura. Desta forma, os resultados encontrados nas lâminas foliares são indicativos da não contaminação das mesmas da gramínea, embora sejam necessários estudos mais aprofundados para verificar o efeito destes microrganismos na alimentação animal.

Apesar de o biofertilizante ser um produto orgânico que pode ser usado de várias formas na adubação de plantas forrageiras. A redução dos coliformes fecais e termotolerantes ocorreram devido ao processo de fermentação láctica provocada pelas fezes dos bovinos, concomitantemente com os coliformes termotolerantes que em ambientes acima de 44°C podem realizar este processo, originando ácido e energia. Os dados encontrados neste trabalho foram inferiores aos encontrados por Quadro et al. (2010), trabalhando com biofertilizante a base de esterco de caprinos e ovinos acharam em média 430×10^5 NMP para presença de coliformes fecais.

Os teores de macronutrientes observados neste estudo para o solo testemunha foram considerados baixos (Tabela 3), no entanto para os solos que foram adubados com o biofertilizante os valores foram considerados de média a alta concentração (Tabela 4). Segundo Mendonça (2010) relatou que em solos com argila superior a 60%, a média de fósforo de se encontra superior a 3 mg/DM e no presente estudo o valor encontrado foi de 54,2 mg/dm³ e esse valor é considerado adequado.

Tabela 3. Componentes químicos do solo testemunha (sem adubação).

Solo testemunha	
Elemento Químico	
<i>Macronutrientes</i>	
P*	6,0
K*	3,9
Ca**	0,51
Mg**	0,57
Ca+Mg	1,08
<i>Micronutrientes</i>	
Al**	<0,08
Al + H	
<i>Outros componentes</i>	
PH	5,09
MO*** (g/dm ³)	9,46
CTC*** (cmolc/dm ³)	4,41
SB*** (cmolc/dm ³)	1,10
*(mg/dm ³) ** (cmolc/dm ³) ***MO – Matéria orgânica; CTC – Capacidade de troca Catiônica; SB – Soma de Bases	

Os valores de potássio observado no solo antes e após a adubação variaram, sendo que o valor após adubação foi de 54,6 mg/dm³, este valor está de acordo com os trabalhos direcionados na literatura para gramíneas. Ferreira et al. (2009) encontraram valores para o solo em integração lavoura pecuária de 60 a 200 mg/dm³ de K. De acordo com a Tabela 1, os teores de K foram superiores no resíduo urbano e no biofertilizante, indicando a adubação com o biofertilizante não teve ação direta desse nutriente. Este resultado não se assemelha aos dados expostos por Ferreira et al. (2005), que ao elevarem as doses de adubação com K, houve um aumento linear da sua concentração no solo. Esta discrepância pode ser resultado do uso excessivo de irrigação no solo estudado, que lixiviou os nutrientes, ocasionado essa baixa concentração.

Tabela 4. Teores médios de macronutrientes no solo adubado com biofertilizante

	P	K	Ca	Mg	Ca/Mg
	mg/dm ³	mg/dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	-
Média	54,2	54,6	2,4	1,6	1,4
Máximo	98,0	89,7	3,1	2,2	1,8
Mínimo	11,0	32,1	0,9	1,0	0,9
S	35,96	26,22	1,01	0,52	0,39
CV	66,4	48,1	42,4	32,4	27,0

Os macronutrientes secundários cálcio e magnésio apresentaram de média a alta concentração no solo adubado com biofertilizante, com valores de 960 e 388,9 kg/ha, respectivamente (Tabela 4). A relação Ca e Mg encontrado é de 1,4 cmol_c/dm³ situando-se no intervalo de 1:1 e até no máximo 10:1, indicando que não haverá problemas de absorção pelo vegetal. Estes resultados são importantes, pois o cálcio é absorvido pela planta na faixa de 10 a 200 kg/ha, já o magnésio varia de 10 a 40 kg/ha, conforme Mendonça (2010). Os valores altos de cálcio no solo indicam que não haverá deficiência deste nutriente para a planta, não comprometendo o crescimento dos tecidos meristemáticos, bem como, não causando atrofiamento, deformidade e clorose nas folhas novas da planta. Já o magnésio é importante, pois, seu efeito sinérgico com alguns macronutrientes como o fósforo, resulta em maior absorção e acumulação deste, ou seja, o magnésio nos biofertilizante proporciona incremento na absorção do fósforo (PRADO, 2008).

Os valores de micronutrientes foram superiores no resíduo urbano (Tabela 1), antes do processo de fermentação, caindo drasticamente no biofertilizante. Após seis meses de avaliação se determinou a curva de nutriente e com exceção do zinco todos os micronutrientes no solo apresentaram valores superiores aos solos testemunha (Tabela 3 e 5). Esses nutrientes são importantes não só para o solo, como também para o auxílio direto e indireto do crescimento das plantas forrageiras. Com a análise do solo adubado foi possível perceber que alguns componentes químicos se apresentam naturalmente no solo, como é o caso do ferro e do manganês, ou seja, o biofertilizante não apresenta

efeito direto na alteração química dos solos e consequentemente na absorção pelas plantas (Tabela 4 e Tabela 5) (Figura 7).

Tabela 5. Teores médios de micronutrientes no solo adubado com biofertilizante

	Fe	Cu	Mn	Zn	Al	Al + H
	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	cmolc/dm ³	-
Média	106,5	2,32	134,05	5,845	0,08	1,725
Máximo	123,6	3,9	262	6,96	0,08	1,82
Mínimo	89,4	0,74	6,1	4,73	0,08	1,63
S	24,18	2,23	180,95	1,58	0	0,13
CV	22,7	96,3	134,9	26,9	0	7,7

Os micronutrientes do solo encontrados neste trabalho foram superiores as faixas de absorção pela planta preconizada por Malavolta (1980), indicando que o vegetal não teria deficiência para esses nutrientes. Com valores de 213 kg/ha, 4,64 kg/ha, 268,1 kg/ha e 11,67 kg/ha de Fe, Cu, Mg e Zn, respectivamente, podem causar ao vegetal problemas relacionados a fitotoxicidade.

As plantas de *Panicum maximum* var. Tanzânia variaram morfológicamente de acordo com os tratamentos de aplicados (biofertilizante pulverizado). A altura das plantas variou entre os tratamentos, mostrando que as plantas que tiveram menores intervalos de aplicações alcançaram maiores alturas (Figura 4). A porcentagem de cobertura em todos os tratamentos foi reduzida em função do desenvolvimento da planta forrageira. Isso é muito comum fisiologicamente, pois à medida que a planta amadurece ela aumenta em tamanho e reduz em proporção de cobertura.

Após 90 dias do início do experimento houve uma falha no sistema de irrigação por aspersão, resultando na variação de todos os parâmetros morfológicos analisados e dentro de todos os tratamentos. Sendo que, no geral a altura das plantas diminuiu após 90 dias (Figura 4); a cobertura do solo variou entre 80 e 100%, com até 60 dias e após 90 dias caiu esse percentual (Figura 5); e o estágio sanitário das plantas foi comprometido ou subiu com 90 dias (Figura 6). Contudo, os tratamentos não tiveram influência nesse descontrol.

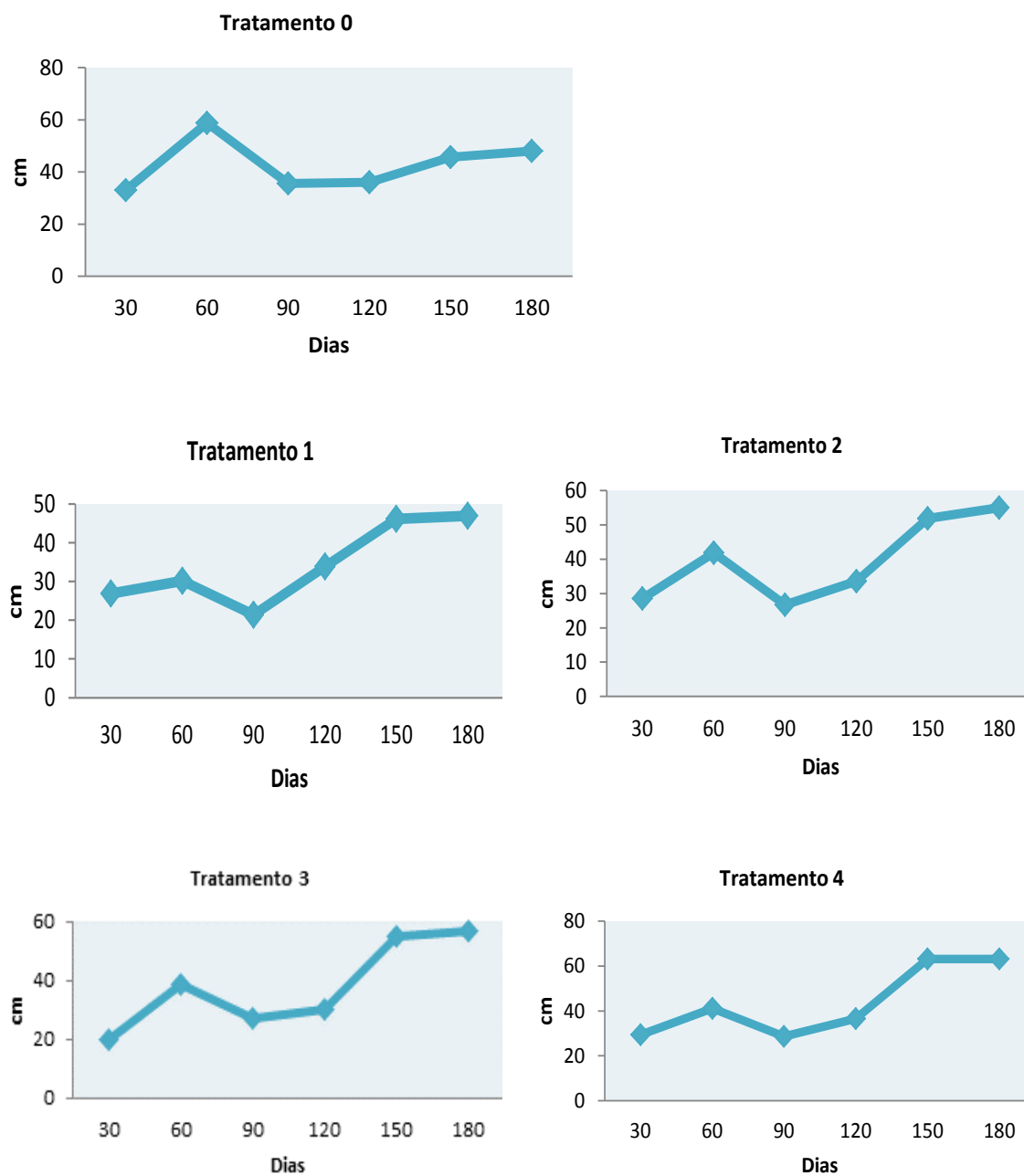


Figura 4. Determinação da altura das plantas de *Panicum maximum*, em função do tempo, adubadas com biofertilizante a base de resíduos urbanos.

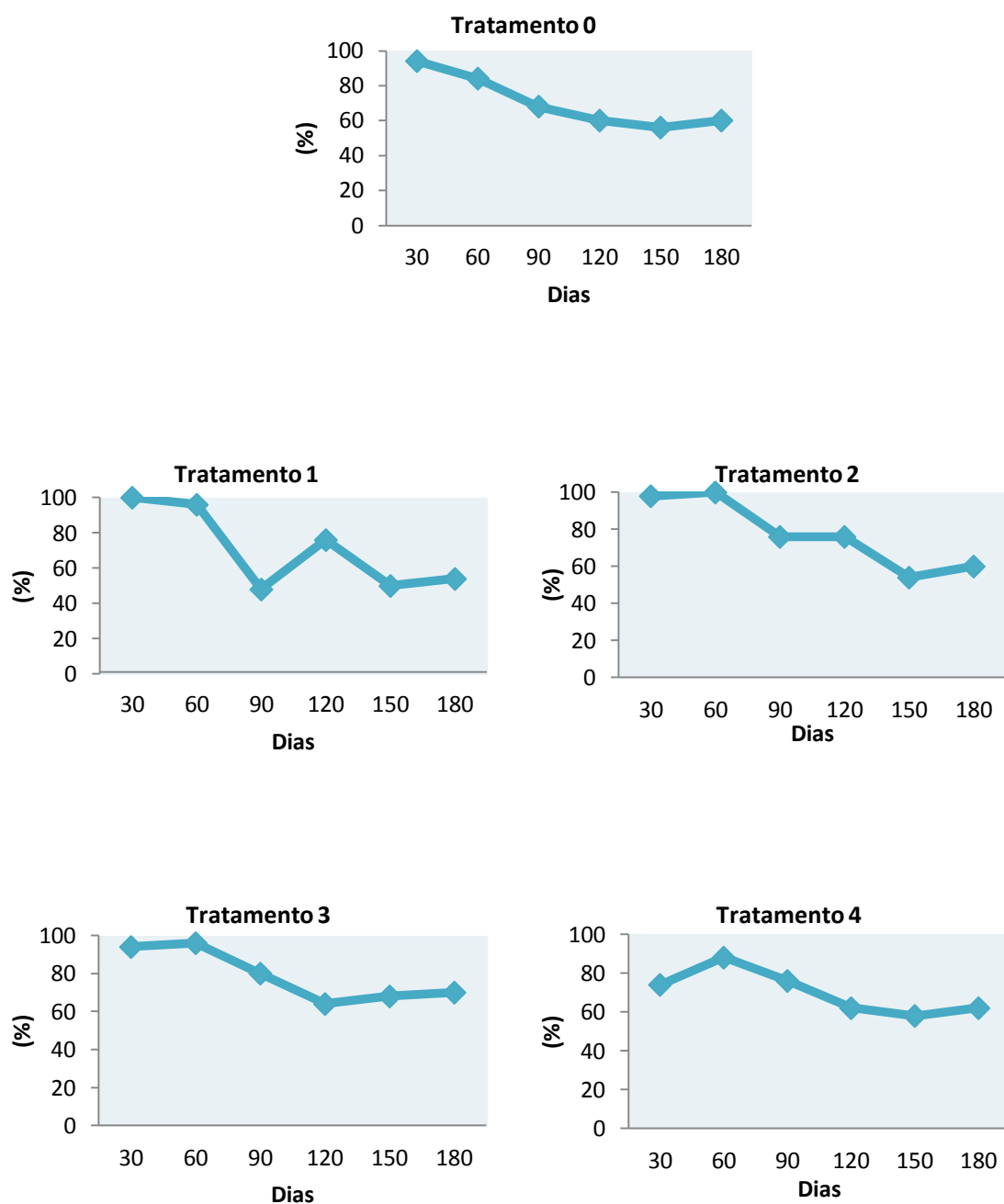


Figura 5. Determinação do percentual de cobertura do solo (%) das plantas de *Panicum maximum*, em função do tempo, adubadas com biofertilizante a base de resíduos urbanos.

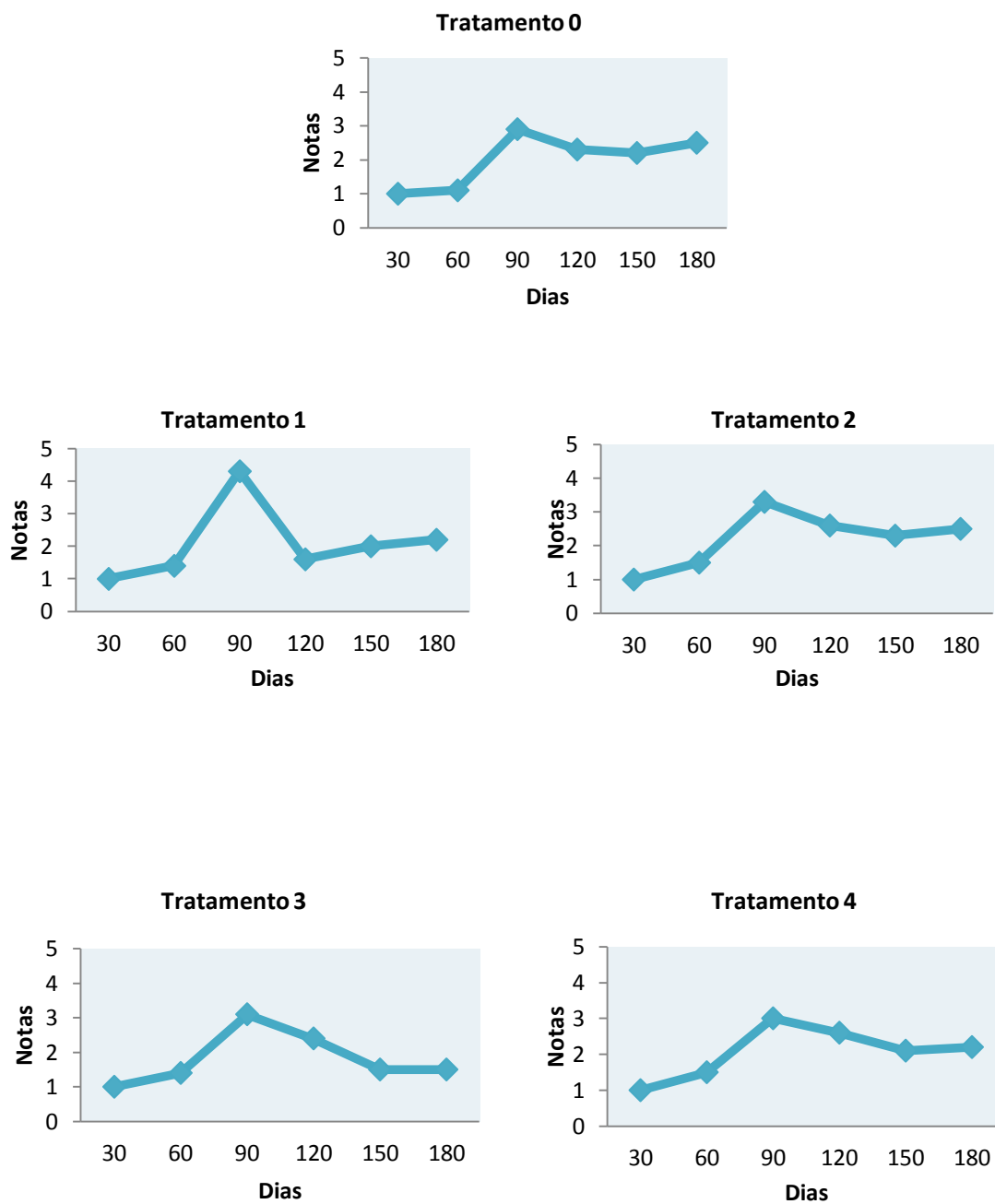


Figura 6. Determinação do nível de estágio sanitário das plantas de *Panicum maximum*, em função do tempo, adubadas com biofertilizante a base de resíduos urbanos.

Os efeitos do biofertilizante a partir do lodo de esgoto pode trazer uma série de benefícios para as plantas, com relação à nutrição. No entanto, ainda há uma carência de estudos que apontem sobre a sanidade das plantas. O lodo pode auxiliar no controle de algumas doenças e fitopatógenos em plantas veiculados pelo solo, que ocasionam tombamento e lesões de raízes e colo de plantas (Bettiol, 2006). No presente estudo, as plantas com ou sem adubação não tiveram diferenças significativas quanto a problemas relacionados à fitossanidade. E a utilização do biofertilizante não aumentou a presença de coliformes presentes nas folhas, que nesse sentido foram reduzidos mesmo em plantas com pulverização foliar.

As plantas que se desenvolveram nos tratamentos com adubação foliar a base do biofertilizante, independente de sua concentração, apresentaram maiores teores de micronutrientes e macronutrientes do que as plantas testemunha (Figura7), indicando que os nutrientes adicionados via biofertilizante, contribuíram para aumentar os teores desses elementos nas partes da planta, como folha e colmo. Este comportamento foi observado por diversos autores que trabalharam com biossólidos (LOGAN et al. 1997; ANJOS e MATIAZZO, 2000).

Os teores médio de cobre encontrados nas folhas e colmos dos tratamentos com e sem adubação encontram-se abaixo do intervalo considerado adequado para o desenvolvimento da planta (6 a 20 mg/kg), relatado por Malavolta et al. (1989). Indicando que a falta deste micronutriente pode reduzir drasticamente atividades como fotossíntese, respiração, desintoxicação de radicais superóxido e lignificação. Os valores observados nas plantas de *Panicum maximum* foram 1,97 e 3,43 mg/kg de cobre para tratamentos sem e com adubação. Apesar desse resultado está abaixo do preconizado na literatura foi semelhante aos observados por Reddy et al. (1989) que encontraram de 2 a 7 mg/kg em plantas de milho. Inferindo que além da adubação, as características bióticas podem interferir na absorção desse micronutriente.

O teor de zinco representou 10% da adicionada em ambos os tratamentos com o biofertilizante, em relação ao teor de zinco no resíduo urbano, e aproximadamente 97% do teor de zinco no biofertilizante, indicando que as folhas do *Panicum maximum* absorveram em sua totalidade esse elemento. Desta forma se tornando imprescindível a ação da fermentação para baixar o teor desse elemento no composto, evitando a fitotoxicidade da planta.

Estudando a cultura do milho através de seu desenvolvimento a partir do

biossólido adubado no solo, Anjos e Mattiazzo (2000) observaram um teor de zinco de 33,43 mg/kg em folhas dessa cultura. Esses valores foram próximos dos encontrados neste trabalho. Segundo esses autores o tipo de solo influencia a absorção desse elemento, devido às relações positivas e significativas entre os teores de argila e óxidos e hidróxidos de Fe e Al com a adsorção do zinco. Pois o padrão de acúmulo de metais em plantas cultivadas adubadas com lodo de esgoto inclui respostas negativas, positivas ou ausência de resposta ao acréscimo dos teores de metais, devido a esses teores de metais pesados nos tecidos das plantas dependerem do pH do solo, da natureza do metal, do teor de matéria orgânica e da capacidade do solo em reter cátions, conforme descrito por Rangel et al. (2006).

Quanto ao teor de ferro a maior fonte foi o solo e não o biofertilizante, os teores de ferro observados nas folhas e colmos do *Panicum* foram superiores aos disponibilizados pelo resíduo urbano (682,50 mg/dm³) e pelo biofertilizante (18,61mg/dm³). Os teores de nitrogênio e fósforo apresentaram-se distintos entre as plantas de *Panicum maximum* que receberam adubação e as que não receberam. Indicando que o biofertilizante contribuiu para o aumento do teor destes macronutrientes. Por outro lado, os valores de potássio encontrado também foram heterogêneos entre os tratamentos, porém baixos. O teor máximo observado foi de 4,57 g/kg para as plantas que receberam adubação foliar com o biofertilizante, entretanto, não foi o suficiente para suprir as necessidades desse macronutriente na planta (Figura7).

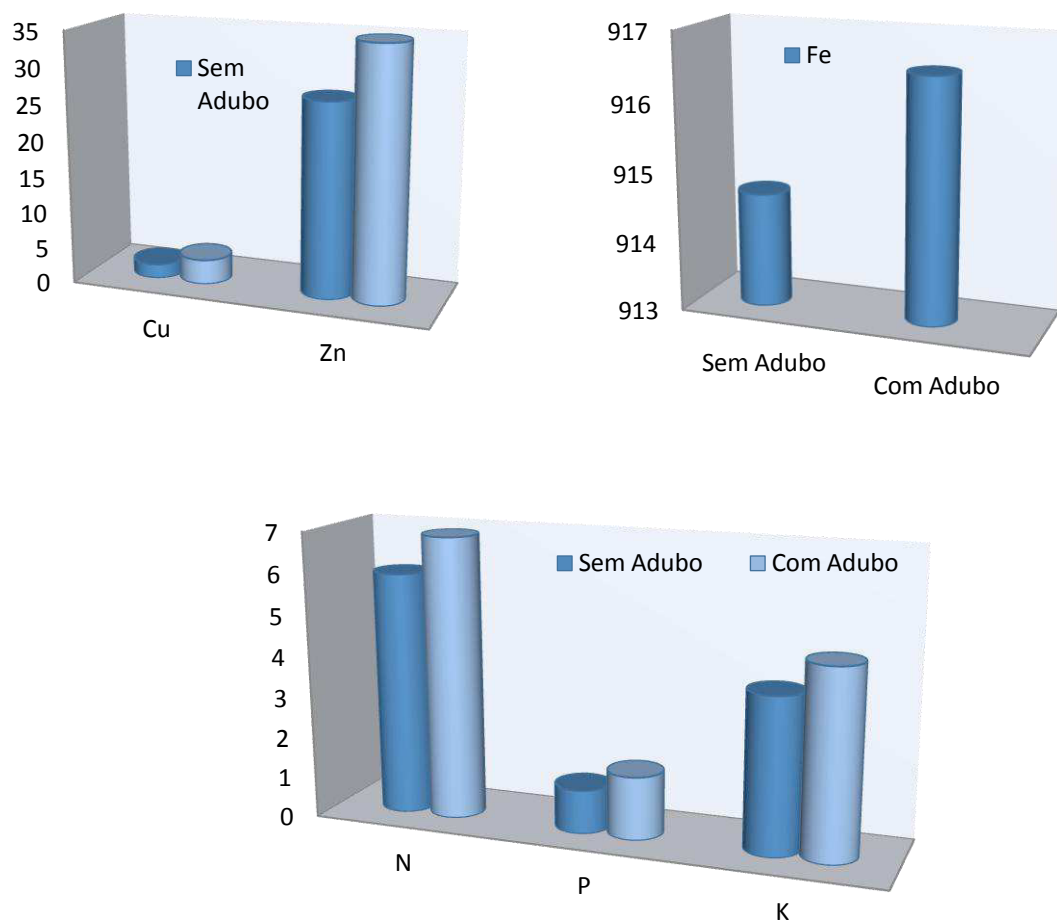


Figura 7. Teores de N, P, K (g/Kg) e Cu, Zn, Fe (mg/Kg) em plantas de *Panicum maximum*, adubadas com lodo.

A presença de metais pesados oriundo do lodo de esgoto é uma das principais restrições para a utilização deste produto na agricultura. Estes metais podem ser fitotóxico para as plantas e podem causar problemas no solo e saúde humana. Dentre os critérios avaliativos recomendados pelo CONAMA, considerando os metais pesados (total de 11), quatro deles analisados no presente trabalho estão abaixo do limite estabelecido pela norma. Em um estudo com a cultura do girassol foi possível observar que, a utilização do lodo independente da forma de estabilização, não influenciou os teores de Cu, Cr, Cd e Ni no solo, porém aumentou os teores de Zn. De modo geral, os teores de metais pesados na folha e no pecíolo do girassol não foram influenciados pela aplicação de lodo de esgoto (NASCIMENTO et al., 2014). No entanto, é importante perceber que esses teores de metais pesados estão de acordo com o estabelecido pela lei.

Esta situação pode ter ocorrido com o ferro, pois a diferença entre os tratamentos que receberam adubação e o que não foi adubado foi muito baixa, indicando que a maior fonte de ferro foi o solo e não o biofertilizante. Os teores de ferro observados nas folhas e colmos do *Panicum* foram superiores aos disponibilizados pelo resíduo urbano ($682,50 \text{ mg/dm}^3$) e pelo biofertilizante ($18,61 \text{ mg/dm}^3$). Conforme descrito acima, esta falta de disponibilidade do metal para a planta via adubo, pode ser devido a diversos fatores ligado ao solo. Pois, os nutrientes devem ser mineralizados para que possa ser disponibilizado a planta. Resultados semelhantes da baixa adsorção do ferro pelas culturas foi observado por Gomes et al. (2007) e Nascimento et al. (2004), ao observarem baixa recuperação do ferro por plantas de milho adubadas com lodo.

Os teores de nitrogênio apresentaram-se distintos entre as plantas de *Panicum maximum* que receberam adubação e as que não receberam. Indicando que o biofertilizante contribuiu para o aumento do teor deste macronutriente. Entretanto, os valores encontrados nos tratamentos sem e com adubação (5,93 e 6,88 mg/kg, respectivamente) são inferiores a faixa considerada adequada para a cultura do *Panicum maximum* que é de 15 a 25 g/kg. Dessa forma se faz necessário diminuir a diluição do biofertilizante na adubação foliar para que se aumente a concentração desse macronutriente. Os valores encontrados neste trabalho foram inferiores aos reportados por Freitas et al., (2011) que trabalhando com adubação orgânica em plantas de *Panicum* observaram teores médios de 16,3 g/kg de nitrogênio e Gomes et al. (2007) trabalhando com lodo na adubação de milho observaram teores de nitrogênio de 11 a 15 g/kg.

Os resultados verificados por esses autores e também observados no presente ensaio indicam a necessidade de avanços no entendimento dos processos envolvidos na mineralização do N orgânico em solos adubados com lodo de esgoto.

Constata-se também pelos dados da Figura 7, que os teores de fósforo foram heterogêneos entre os tratamentos, indicando que o biofertilizante contribuiu para o aumento desses macronutriente nas plantas. Os valores de fósforo encontrados nas plantas adubadas e não adubadas (1,54 e 1,07 g/kg) foram inferiores a trabalhos reportados na literatura, como Freitas et al. (2011), que acharam em média 4,95 g/kg de P e Rosa et al. (2004) que encontraram teores de fósforo de 3 g/kg no capim Marandu. Mas superiores aos encontrados por Gomes et al. (2007) que estudando a adubação com lodo na cultura do milho acharam valores de 0,51 g/kg. Desta forma verifica-se que a composição do adubo orgânico é um fator preponderante para se disponibilizar o nutriente para a cultura. Apesar dos valores de fósforo observados neste estudo indicarem oscilações entre autores na literatura, estão de acordo com a faixa considerada adequada para a cultura do *Panicum* que é de 1 a 3 g/kg conforme descrição de Oliveira (2004).

Os teores de potássio apresentados pela cultura do *Panicum* neste trabalho forma baixos comparados à literatura, onde a faixa considerada ideal para esta cultura é de 15 a 30 g/kg. Observaram-se teores máximo de 4,57 g/kg para aquelas plantas que receberam adubação foliar com o biofertilizante, entretanto, não foi o suficiente para suprir as necessidades desse macronutriente na planta. Assim, se faz necessário diminuir o fator diluição do biofertilizante para tentar potencializar a disponibilidade de potássio na planta. Como as plantas estavam em estado vegetativo, os baixos teores encontrados neste trabalho pode ser reflexo do fator diluição do nutriente no tecido foliar.

Estudos com lodo em culturas destinadas a alimentação animal ainda são incipientes, /mas já retratam a grande importância dessa matéria prima na adubação orgânica como fins alternativos. O lodo de esgoto promove o aumento de cargas negativas devido à sua alta concentração de MO, além de enriquecer o meio principalmente com Ca^{2+} e Mg^{2+} , fato que contribui para o aumento da CTC e V % (BARBOSA et al. 2007). É necessário conhecer o efeito direto da disponibilidade dos nutrientes de forma adequada e seu meio de aplicação mais eficiente.

CONCLUSÃO

O teor de macro e micronutrientes no biofertilizante reduziu em relação ao lodo, indicando que a biodigestão é um processo seguro para o uso do lodo de esgoto na agricultura.

O número de coliformes fecais no biofertilizante e nas folhas reduziu em relação ao lodo estando seguro para o uso na agricultura.

A maior dosagem das aplicações foi o que contribuiu com maior significância para o desenvolvimento das plantas.

O teor de macronutrientes no solo que recebeu biofertilizante foi considerado médio a alto, sendo dessa forma considerado ótimo produto para adubação.

O teor de micronutrientes no solo que recebeu o biofertilizante foi considerando alto a muito alto, indicando cautela no uso deste produto para não provoca toxicidade ou excesso desses elementos no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE Rio de Janeiro, 1989.
- ALTIERI, M. A. Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. **Agricultura técnica**, v. 54, n. 4, p. 371–386, 1994.
- ASSIS, G. C. DE et al. A agroecologia como instrumento de inclusão social e segurança alimentar. **Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 1475–1478, 2007.
- BARBOSA, L.M.V; WASZCZYNSKYJ, N; FREITAS, R.J.S. Avaliação microbiológica de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) **Revista Instituto Adolfo Luiz**, v.62, n.2, p.123-126, 2006.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. DE. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. **Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE)**, p. 24, 2000.
- BETTIOL, W.; SANTOS, I. dos. Efeito de lodo de esgoto em doenças de plantas. In: **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 32, sup.: p. 157-162, fev. 2006.
- BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa/Sarc nº 001, de 20 de janeiro de 2005**.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011**.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 17, de 18 de junho de 2014**.
- CAMARGO, O. A. DE; PIRES, A. M. M.; BETTIOL, W. Lodo na agricultura. **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

CAPORAL, F. R. Agroecologia: matriz disciplinar ou novo paradigma para o desenvolvimento rural sustentável 4. n. 2002, 2006.

CAPORAL, F. R. Agroecologia : uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis . **Embrapa Caprinos e Ovinos-Outras publicações científicas (ALICE)**, p. 1–27, 2009.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e sustentabilidade. Base conceptual para uma nova Extensão Rural**. WORLD CONGRESS OF RURAL SOCIOLOGY. **Anais...**2001

CARVALHO, F. G.; SILVA, A. J. N. DA. Manejo agroecológico do solo. In: **Introdução à agroecologia**. [s.l: s.n.]. p. 69–80.

CONAMA. Resolução n. 375, de 29 de agosto de 2006. 2006.

FEIDEN, A. Agroecologia: introdução e conceitos. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 51–70, 2005.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. DA. **Manual prático para a compostagem de bio sólidos**. [s.l: s.n.].

FERREIRA, J.C.B; SILVA, J.N; **Biodigestor: aplicações e potencialidades. Um estudo de caso do IFMG – Campus Bambuí**. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG CAMPUS BAMBUÍ. II JORNADA CIENTÍFICA, 2, Bambuí, 2009. **Anais...** Bambuí: IFMG. 2009.

FERNANDES, F.; SOUZA, S. G. Estabilização de Lodo de Esgoto. In: **Resíduos sólidos do saneamento: Processamento, reciclagem e disposição final**. [s.l: s.n.]. p. 29.

FONSECA, M. F. DE A. C. **Agricultura Orgânica**. Empresa de ed. Niterói-RJ: PESAGRO-RIO, 2009.

FRIGO, K. D. D. A. et al. Biodigestores: seus modelos e aplicações. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 1, p. 57–65, 2015.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. [s.l.] Ed. da Univ. Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2006.

GLIESSMAN, S. R.; ROSEMEYER, M. **The conversion to sustainable agriculture: principles, processes, and practices.** [s.l.] CRC Press, 2009.

GUZMÁN, E. S.; NAVARRO, M. L. G. DE M. **Sobre la agroecología: algunas reflexiones en torno a la agricultura familiar en España.** El campo y la ciudad:(sociedad rural y cambio social). **Anais...**Servicio de Extensión Agraria. Publicaciones, 1996.

LOGAN, T.J.; LINDSAY, B.J.; GOINS, L.E.; RYAN, J.A. Field assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. **Journal of Environmental Quality**, v.26, p.534-550, 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação.** [s.l.] Editora Agronômica Ceres, 1959.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.: Instrução Normativa nº 7, de 17 de maio de 1999. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, 1999.

MELO, W. J. DE; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. DE. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. **Tsutiya, MT; Comparini, JB; Alem Sobrinho, P.; Hespanhol, I**, p. 289–363, 2001.

NASCIMENTO, A. L. et al. Teores de metais pesados no solo e em girassol adubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 294–300, 2014.

NASCIMENTO, C. W. A. et al. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 28, n. 1, p. 385–392, 2004.

QUADROS, D.G; OLIVER, A.P.M; REGIS, U; VALLADARES, R; SOUZA, P.H.F; FERREIRA, E.J. Biodigestão anaeróbica de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.14, n.3, p.326-332. 2010.

RANGEL, O.J.P; SILVA, C.A; BETTIOL, W; DYNIA, J.F. Efeito de aplicações de lodo de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.30, p.583-594, 2006.

REDDY, M.R.; LAMECK, D.; REZANIA, M.E. Uptake and distribution of copper and zinc by soybean and corn from soil treated with sewage sludge. **Plant and Soil**, v.113, p.271-274, 1989.

RIGO, M. M. et al. Destinação e reuso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, p. 174–186, 2014.

ROCHA, A. L. C. L. Higienização de lodo anaeróbio de esgoto por meio alcalino estudo de caso da ETE Lages Aparecida De Goiânia-Go. 2009.

SAMPAIO, T. F. et al. Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas : efeito nas características físicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 36, n. 1, p. 1637–1645, 2012.

SAMULAK, R. et al. Biodigestor como opção para tratamento de resíduos agroindustriais. **Encontro Paranaense de Empreendedorismo e Gestão Empresarial. Ponta Grossa**, p. 1–10, 2010.

SANTOS, G. C. DOS; MONTEIRO, M. Sistema orgânico de produção de alimentos. **Alim. Nutr**, v. 15, n. 1, p. 73–86, 2004.

SAQUET, M. A.; SPOSITO, E. S. Território, territorialidade e desenvolvimento: diferentes perspectivas no nível internacional e no Brasil. **Desenvolvimento territorial e agroecologia. São Paulo: Expressão popular**, p. 15–31, 2008.

SOARES, J. P. G.; CAVALCANTE, A. C. R.; HOLANDA JUNIOR, E. V. Agroecologia e sistemas de produção orgânica para pequenos ruminantes. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**, p. 40, 2006.

SOUSA JUNIOR, L. A. F. DE et al. Práticas agroecológicas e a percepção ambiental das agricultoras do assentamento da reforma agrária vale da esperança – Teresina-PI. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, p. 1158–1162, 2015.

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

ZAPPAROLI, I. D.; FERNANDES, F. Biossólido : reciclagem do lodo de esgoto em Londrina e e região. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia**

Rural, n. 1, p. 1–16, 2007.

ZAPPAROLI, I.O; PIZAIA,M.G. **O adubo orgânico proveniente de estações de tratamento de esgoto: Questões técnicas e tendências de mercado**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco – AC. 2008. Anais...

WEBBER, M.D. & A . SHAMESS (1984) - **Land utilization of sewage sludge: a Discussion Paper**. Toronto: Expert Committee on Soil and Water Management. 48 pp.