

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E
MUCURI – UFVJM

FRANCINE APARECIDA SOUSA

**TRATAMENTO E REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE SUÍNOS
COMO BIOFERTILIZANTE NA CAFEICULTURA**

DIAMANTINA
2010

FRANCINE APARECIDA SOUSA

**TRATAMENTO E REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE SUÍNOS
COMO BIOFERTILIZANTE NA CAFEICULTURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador:

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva - UFVJM

Coorientador:

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos - UFLA

DIAMANTINA
2010

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Viviane Pedrosa de Melo CRB6 2641

S725t
2010

Sousa, Francine Aparecida

Tratamento e reaproveitamento de resíduos de suínos como biofertilizante na cafeicultura /Francine Aparecida Sousa– Diamantina: UFVJM, 2010.

38p.

Dissertação (Dissertação apresentada ao Curso de Pós- Graduação Stricto Sensu em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. Enilson de Barros Silva

1. Atividade microbiológica 2. Contaminação 3. Dejetos de suínos 4. Lagoas de estabilização 5. Resíduo orgânico 6. Sistemas de tratamento.

CDD 636.4

**TRATAMENTO E REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE SUÍNOS COMO
BIOFERTILIZANTE NA CAFEICULTURA**

Francine Aparecida Sousa

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, nível de Mestrado, com parte do requisito para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 16/07/2010

Prof. Alessandro Torres Campos - UFLA

Prof. Paulo Henrique Graziotti - UFVJM


Prof. Enilson de Barros Silva – UFVJM
Orientador

DIAMANTINA
2010

DEDICO

Aos meus pais, Francisco e Neusa;
A minha irmã Daniela.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, esperança, bênção e proteção;

Aos meus pais, Francisco e Neusa, que me ensinaram os primeiros passos com sabedoria, me mostraram o caminho da honestidade, do caráter e da humildade; pela força durante os momentos difíceis que enfrentamos no desenvolvimento deste trabalho;

A minha irmã, pelo apoio e confiança;

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realização do curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro e fornecimento de bolsa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial DTI-3 (edital n.º. 44/2008) que possibilitou a execução dos experimentos;

Ao professor Enilson de Barros Silva, pela orientação, apoio e compreensão;

Ao professor Alessandro Torres Campos, pela dedicação, incentivo, amizade e, principalmente, pela compreensão das dificuldades enfrentadas por um mestrando;

A Andrezza por me ensinar os primeiros passos das análises, e a Mariana, pela contribuição nas análises laboratoriais;

Ao meu amigo, José Ricardo, pela valiosa colaboração na coleta de campo;

Aos acadêmicos de Agronomia, Juliano, Talles, Renan, Renner, Nikolas, Marco Túlio e Thassio, pela grande ajuda na coleta e preparo das amostras.

Aos alunos do Curso Técnico em Agropecuária da E. E Jerônimo Pontello, em Couto de Magalhães de Minas;

Às amigas, Danielle, Mayara, Graciene e Jaqueline, pelos momentos compartilhados;

A Patrícia Duarte Andrade, por disponibilizar as instalações da Granja da Fazenda Campo Alegre para a realização desta pesquisa.

Aos senhores Antônio Yamaguchi e Eduardo Yamaguchi, por disponibilizarem a propriedade para a realização deste projeto;

Ao pessoal do setor de transporte da UFVJM pelas liberações intempestivas. E a Adriana, secretária da Pós-graduação.

Aos amigos e pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho, gostaria de expressar minha profunda gratidão

RESUMO

SOUSA, Francine Aparecida. **Tratamento e reaproveitamento de resíduos de suínos como biofertilizante na cafeicultura.** 2010. 49 p. (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

A distribuição como biofertilizantes é uma alternativa viável para a destinação dos dejetos produzidos na suinocultura, já que eles possuem nutrientes tais como fósforo, nitrogênio, entre outros. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os parâmetros físico-químicos de dejetos líquidos de suínos (DLS), tratados em sistema de lagoas em série e avaliar as alterações nos atributos microbiológicos de um solo cultivado com café após aplicação de diferentes doses de DLS. O estudo foi conduzido na Granja Campo Alegre e na Fazenda Yamaguchi, no Município de Diamantina, Minas Gerais. Os DLS foram coletados em vários pontos: saída das instalações, saída da lagoa anaeróbia, saída da primeira lagoa facultativa e saída da segunda lagoa facultativa, sendo analisados: Demanda Química de Oxigênio (DQO_t), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), Concentração de Sólidos Totais (ST), Nitrogênio Total (N-Total), Fósforo, Potássio, Zinco e Cobre. Após análise, os dejetos foram aplicados em um cafeeiro, em experimento, constituído por cinco tratamentos com cinco repetições. As amostras de solo foram coletadas, na camada de 0-10 cm, de profundidade. Foram avaliados a respiração basal, o carbono da biomassa microbiana e determinado o quociente metabólico. Os resultados permitiram constatar que o sistema de lagoas de estabilização em série apresenta 88% de eficiência na remoção de DQO_t e 91% na remoção de DBO_5 . As frações de sólidos apresentaram comportamento semelhante e a eficiência de remoção de N-Total correspondeu a 24,2%. O uso de dejetos líquidos de suínos no solo, antes e 30 dias após sua aplicação, aumentou a biomassa microbiana do solo e a atividade microbiana. Os resultados obtidos permitem concluir que o sistema lagoas de estabilização em série demonstra ser eficiente na remoção do excesso de nutrientes. Ressalte-se que o tratamento demonstrou características favoráveis ao reaproveitamento dos dejetos como biofertilizante.

Palavras-chave: Atividade microbiológica Contaminação. Dejetos de suínos. Lagoas de estabilização. Resíduo orgânico. Sistemas de tratamento.

ABSTRACT

SOUSA, Francine Aparecida. **Treatment and reuse of waste from pigs as biofertilizer in coffee production.** 2010. 49 p. (Dissertation - Master's degree in Plant Production) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

The distribution in biofertilizer form is a feasible alternative for disposal of waste produced by pigs, since they have nutrients such as phosphorus, nitrogen, among others. Therefore, the objective of this study was to characterize the physical and chemical parameters of pig slurry (DLS), treated in a system of ponds in series and evaluate the changes in the microbial soil of a coffee plantation after applying different doses of pig slurry. The study was conducted in the Campo Alegre Farm and Ranch Yamaguchi in the city of Diamantina, Minas Gerais. The DLS were collected at various points: exit of the facilities, exit of the anaerobic pond, exit of the first facultative pond, exit of the second facultative pond, and analyzed: Chemical Oxygen Demand (DQOt), Biochemical Oxygen Demand (BOD5) concentration Total Solids (DS), Total Nitrogen (Total-N), Phosphorus, Potassium, Zinc, and Copper. After anaerobic the pig manure were applied in a coffee plantation, in an experiment consisting of five treatments with five replications. Soil samples were collected at 0-10 cm depth. It was evaluated the basal respiration, microbial biomass carbon and metabolic quotient determined. The results show that the system of stabilization ponds in series showed 88% efficiency in removing DQOt and 91% for BOD5 removal. The fractions of solids showed similar behavior and the removal efficiency of Total-N accounted for 24.2%. Use of pig slurry in soil, before and 30 days after application, amplified the soil microbial biomass and microbial activity. The results showed that the system of stabilization ponds in series proves to be effective in removing excess nutrients. It is noteworthy that treatment showed favorable characteristics for reuse of wastes as biofertilizers.

Keywords: Microbiological activity. Contamination. Pig manure. Stabilization ponds. Organic waste. Treatment systems.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO CIENTÍFICO II

- Figura 1 Produtividade de grãos de café em função de doses de N na forma de dejetos líquidos de suínos (DLS) e adubação mineral com sulfato de amônio (SA) 34

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO I		Pág.
Tabela 1	Valores referentes às concentrações dos parâmetros físico-químicos e nutrientes avaliados nas fases de gestação, creche e terminação	13
Tabela 2	Valores referentes às concentrações dos parâmetros físico-químicos e nutrientes avaliados nos quatro pontos de amostragem no sistema de tratamento de dejetos líquidos de suínos	14
Tabela 3	Eficiência de redução total e por lagoa para cada parâmetro físico-químico e bioquímico avaliado em relação aos DLS na saída das instalações, dados em porcentagem (%)	17
ARTIGO CIENTÍFICO II		
Tabela 1	Precipitação (P), Temperatura máxima mensal (Tmax), Temperatura mínima mensal (Tmin) e Temperatura média mensal (Tmed), em Diamantina-MG, nos meses de novembro e dezembro de 2009 e janeiro e fevereiro de 2010	30
Tabela 2	Precipitação (P), Temperatura máxima mensal (Tmax), Temperatura mínima mensal (Tmin) e Temperatura média mensal (Tmed), em Diamantina-MG, nos meses de novembro e dezembro de 2009 e janeiro e fevereiro de 2010	32

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS	iv
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS	3
ARTIGO CIENTÍFICO1. UTILIZAÇÃO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO TRATAMENTO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4 CONCLUSÃO.....	20
5 AGRADECIMENTOS.....	21
REFERÊNCIAS.....	21
ARTIGO CIENTIFICO 2 ATIVIDADE MICROBIOLÓGICA DO SOLO APÓS APLICAÇÃO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS EM CAFÉ	25
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	27
1 INTRODUÇÃO.....	28
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4 CONCLUSÕES.....	34
5 AGRADECIMENTOS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35
CONCLUSÕES GERAIS.....	38

INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura é um dos setores que está em constante ascensão no Brasil e no mundo, contribuindo diretamente para a consolidação de uma economia forte e estável (MARCATO & LIMA, 2005). Atualmente, o plantel brasileiro é o quarto de suínos do mundo, o que contribui social e culturalmente para as regiões com tradição nessa atividade (ZORDAN et al., 2008).

Os dejetos suínos, compostos basicamente pelas fezes e urina do animal, misturados à água de lavagem dos galpões e à água desperdiçada nos bebedouros (SORENSEN & AMATO, 2002), possuem grande potencial poluidor, devido à sua elevada carga orgânica, às altas concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e sódio (GONÇALVES et al., 2006; FUKUMOTO & HAGA, 2004). Sendo assim, torna-se necessária a adoção de métodos e técnicas para manejar, estocar, tratar, utilizar e dispor os resíduos, objetivando a manutenção da qualidade ambiental e a reutilização dos resíduos em outros sistemas agrícolas, proporcionando com isso maior rentabilidade ao processo.

De acordo com Gartner & Gama (2005), existem diversos métodos para tratamento global de dejetos a fim de diminuir a carga poluente produzida e mitigar os efeitos da contaminação ambiental. As alternativas mais utilizadas referem-se à utilização de esterqueiras e bioesterqueiras (SANTOS et al., 2007; PEREIRA-RAMIREZ et al., 2003), lagoas de estabilização (MEDRI & MEDRI, 2004; MEDRI & COSTA, 2003) e processos de biodigestão anaeróbia (ANGONESE et al., 2007; IAMAMOTO et al., 2007). As lagoas são a forma mais simples de tratamento de dejetos, alternativa de baixo custo e elevada eficiência na redução dos impactos ambientais gerados por esses dejetos (JASPER et al., 2007).

Diversas alternativas têm sido propostas para utilização desses resíduos na agropecuária, sendo o uso como fertilizante no solo um dos mais promissores, desde que aplicado com critério (SEDIYAMA et al., 2005).

O efeito fertilizante das águas residuárias já foi comprovado em inúmeros estudos e em várias culturas como algodão (FERREIRA et al., 2005; FIDELES FILHO et al., 2005), mamona (NASCIMENTO et al., 2004), plantas forrageiras (ZEVEDO et al., 2007), cafeeiro (MEDEIROS et al., 2008), horticultura (BAUMGARTNER et al., 2007; SANDRI et al., 2006), fruticultura (REGO et al., 2005), milho (CERETTA, 2005a) e na produção de mudas de espécies florestais (AUGUSTO et al., 2003). Por outro lado, o uso de efluentes de lagoa de estabilização, *in natura* ou diluído, não interferiu significativamente no desenvolvimento, na produção de biomassa fresca e seca e na produção de grãos do amaranto cultivado em casa de vegetação (COSTA, 2009; SANTOS, 2009). Segundo Matos (2006), a aplicação consecutiva

de resíduos suínos em sistema de plantio direto favoreceu o incremento da biomassa e da atividade microbiana.

A utilização de substratos alternativos, como os efluentes líquidos originados da suinocultura, representa a possibilidade de associar ganhos ao agricultor e suinocultor, por meio do aumento da produtividade das culturas e redução na utilização de fertilizantes químicos, com ganho aos que produzem esses efluentes (PELISSARI et al. 2009).

Na região do Alto Jequitinhonha-MG, onde prevalece a agricultura de subsistência e os melhores índices hídricos encontram-se nas terras de baixa fertilidade natural, necessita-se da correção da acidez e fertilidade do solo, para se obter uma alta produção agrícola. A produção de café da região poderia ser viabilizada com o mínimo de insumos externos, ou seja, utilizando o máximo de recursos das propriedades agrícolas; nesse caso, utilizando o biofertilizante de dejetos líquidos de suínos provenientes de pequenas propriedades da região. A aplicação de dejetos de suínos no cafeeiro pode proporcionar uma alteração positiva das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo ao acrescentar matéria orgânica. De forma geral, ajuda o produtor de café, que diminui os custos de produção, e o suinocultor, que necessita destinar de forma correta os dejetos produzidos.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de um sistema de lagoas de estabilização em série no tratamento dos dejetos líquidos de suínos, a atividade microbiana do solo e a produção em um cafeeiro após a aplicação dos DLS.

REFERÊNCIAS

- ANGONESE, A.R.; CAMPOS, A.T.; WELTER, R.A. Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.648-657, 2007.
- AUGUSTO, D. C. C. et al. Utilização de esgotos biológicos na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng. (Capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (Copaíba). **Revista Árvore**, v. 27, n. 03, p. 335-342, 2003.
- AZEVEDO, M. R. Q. A. et al. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 02, n. 01, p. 63-68, 2007.
- BAUMGARTNER, D. et al. Reuso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 01, p. 152-163, 2007.
- CERETTA, C. A. et al. E. Produção de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com a aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v.35, p.1287-1295, 2005a.
- COSTA, D. M. A.; SANTOS, P. G. Uso de efluente de lagoa de estabilização no cultivo do amaranto (*Amaranthus* spp). **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 01, p. 27-33, 2009.
- FERREIRA, O. E.; BELTRÃO, N. E. M.; KÖNIG, A. Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 9, n. 01/03, p. 893-902, 2005.
- FIDELES FILHO, J. et al. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 328-332, 2005. Suplemento.
- FUKUMOTO, Y. & HAGA, K. Advanced treatment of swine wastewater by electro dialysis with a tubular ion exchange membrane. **Animal Science Journal**, Tokyo, v.75, n.5, p.479-485, 2004.
- GARTNER, I.R.; GAMA, M.L.S. Avaliação multicriterial dos impactos ambientais da suinocultura no Distrito Federal: um estudo de caso. **Organizações Rurais Agroindustriais**, Lavras, v.7, n.2, p.148-161, 2005.
- GONÇALVES, R.A.B.; MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M.M.; SOUZA L.O.C. Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada I. Qualidade da água. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.2, p.219-229, 2006.
- IAMAMOTO, C.Y.; OLIVEIRA, R.A.; LUCAS JÚNIOR, J. Alcalinidade como medida de monitoramento do desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.118-126, 2002.

JASPER, S.P.; BIAGGIONI, M.A.M.; LOPES, A.B.C. Análise de custo de dois sistemas naturais de tratamento de água residuária na suinocultura. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.22, n.1, p.112-124, 2007.

MATOS AT. Práticas de qualidade do meio físico ambiental. **Roteiro de aula prática**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 64p, 2006.

MARCATO, S.M.; LIMA G.J.M.M. Efeito da restrição alimentar como redutor do poder poluente dos dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 34, p. 855-863, 2005.

MEDEIROS, S. S. et al. Utilização de águas residuárias de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 02, p. 109-115, 2008.

MEDRI, W. & MEDRI, V. Otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v.25, n.2, p.203-212, 2004.

MEDRI, W.; COSTA, R.H.R. A model cost estimation of sistem for piggery wastes treatment ponds – a case study. **Pesquisa Operacional**, São José dos Campos, v.23, n.3, p.463-473, 2003.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro pós aplicação de lodo esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa, v.28. p. 385-392,2004.

PELLISSARI, R. A. Z.; SAMPAIO, S. C.; GOMES, S. D.; CREPALLI, M. DA S. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.2, p.288-300, abr./jun. 2009.

PEREIRA-RAMIREZ, O.; QUADRO, M.S.; ANTUNES, R.M.; KOETZ, P.R. Influência da carga orgânica aplicada no pós-tratamento de águas residuárias de suinocultura por contactores biológicos rotatórios e reator anóxico. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.4, p.413-420, 2003.

REGO, J. L. et al. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 155-159, 2005. Suplemento.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Teores de nutrientes na alface irrigada com águas residuárias aplicada por sistema de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 01, p. 45-57, 2006.

SANTOS, M.A.A.; SCHMIDT, V.; BITENCOURT, V.C.; MAROSO, M.T.D. Esterqueiras: avaliação físico-química e microbiológica do dejetos suíno armazenado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.537-543, 2007.

SEDIYAMA, M. A.; VIDIGAL, S. M.; GARCIA, N. C. P. Utilização de resíduos da suinocultura na produção agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 224, p. 52-64, 2005.

SORENSEN, P. & AMATO, M. Remineralisation and residual effects of N after application of pig slurry to soil. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.16, n.2, p.81-95, 2002.

ZORDAN, M.S.; SALÉH, B.B.; MENDONÇA, A. Eficiência na de nutrientes em lagoas de estabilização da granja escola FESURV. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.01, n.01, p.51-62, 2008.

ARTIGO CIENTÍFICO I

**UTILIZAÇÃO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO TRATAMENTO DE
DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS**

UTILIZAÇÃO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO TRATAMENTO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS

As lagoas de estabilização, em virtude da sua simplicidade e eficiência do processo, do baixo custo de construção e operação e das condições climáticas favoráveis, apresentam-se como solução para atender a grande parte dos requisitos impostos para o tratamento dos dejetos na região. Os dejetos produzidos na suinocultura geralmente são utilizados como fertilizante em áreas agrícolas, sendo esta a principal alternativa de descarte. Diante disso, o objetivo do trabalho foi caracterizar os parâmetros físico-químicos de dejetos líquidos de suínos (DLS) tratados em sistema de lagoas de estabilização em série e avaliar a redução do seu potencial poluidor. O estudo foi conduzido na granja Campo Alegre no município de Diamantina-MG. Os dejetos foram coletados em vários pontos: saída das instalações, saída da lagoa anaeróbia, saída da primeira lagoa facultativa e saída da segunda lagoa facultativa. O sistema de lagoas de estabilização em série apresenta 88% de eficiência na remoção de DQO_t e 91% na remoção de DBO_5 . As frações de sólidos apresentou comportamento semelhante e os nutrientes Mg, Fe, Mn e P foram removidos nos percentuais de 66; 83; 33 e 54%. A eficiência de remoção de N-Total correspondeu a 24%. Já K, Ca e S, tiveram remoção de 40; 31; e 52%. O sistema de lagoas de estabilização em série estudado demonstrou ser eficiente na remoção do excesso de nutrientes. Ressalte-se que o tratamento demonstrou características favoráveis ao reaproveitamento dos dejetos como biofertilizante.

Palavras-chave: Biofertilizante. Eficiência de tratamento. Reaproveitamento. Resíduos. Suinocultura.

ABSTRACT**USE OF STABILIZATION PONDS IN THE TREATMENT OF LIQUID PIG
MANURE**

The stabilization ponds, because of its simplicity and efficiency of the process, low construction cost and operation and the favorable climatic conditions, are presented as a solution to meet most of the requirements for processing wastes in the region. The wastes produced in pigs are usually used as fertilizer in agricultural areas, this being the main alternative disposal. Therefore, the objective of this study was to characterize the physical and chemical parameters of pig slurry (PS) system treated stabilization ponds in series and evaluate the reduction of their pollution potential. The study was conducted in the Campo Alegre farm in Diamantina-MG. The wastes were collected at various points, exit the facilities, exit of the anaerobic pond, exit of the first facultative pond, exit of the second facultative pond. The system of stabilization ponds in series features 88% efficiency in removing DQO_t and 91% of BOD_5 . The fractions of solids showed similar behavior and nutrients Mg, Fe, Mn and P were removed in the percentages of 66, 83, 33 and 54%. The removal efficiency of N-total amounted to 24%. However to K, Ca and S were removed 40, 31, and 52%. The system of stabilization ponds in series studied proved to be effective in removing excess nutrients. It is noteworthy that the treatment demonstrated favorable characteristics to the reuse of waste as biofertilizer.

Keywords: Biofertilizer. Treatment efficiency. Reuse. Waste. Hogs.

INTRODUÇÃO

A suinocultura é reconhecidamente uma atividade de grande potencial poluidor, em razão de gerar efluentes, em sua maioria na forma líquida, com elevada carga de matéria orgânica, nutrientes e metais pesados como Cu e Zn (STEINMETZ et al., 2009). O modelo de produção atual, caracterizado pela criação intensiva e em confinamento, concentra grande número de animais em áreas reduzidas, o que aumenta ainda mais os riscos de contaminação ambiental (KUNZ, 2005). A concentração desses poluentes nos dejetos, se destinados incorretamente, pode causar sérios problemas ambientais (PERDOMO et al., 2003; KUNZ, 2006).

A poluição é originada principalmente pelo lançamento direto dos dejetos de suínos, sem o devido tratamento, nos cursos d' água, o que acarreta desequilíbrios ecológicos e poluição (KONZEN, 1980; GOSMANN, 1997; ROESLER e CESCO NETO, 2004). A suinocultura tecnificada, por ser atividade altamente tem, nos últimos anos, demandado pesquisas com vistas ao desenvolvimento de tecnologias adequadas e de baixo custo para o tratamento ou disposição das águas residuárias (QUEIROZ et al., 2004). Segundo Orrico Júnior et al. (2009), o uso excessivo de água na limpeza das instalações de suínos leva à formação de efluente com baixa concentração de sólidos, sendo indicados, nessas condições, os sistemas de tratamento (lagoas de estabilização e, ou biodigestores).

No Brasil, a forma mais usual de manejo de dejetos é o armazenamento em esterqueiras ou em lagoas e posterior aplicação no solo (KUNZ et al., 2004a). De forma análoga, Roesler e Cesconeto (2004) complementam que o sistema mais utilizado e difundido no meio rural, para manejo dos dejetos suínos, é a lagoa de armazenamento, embora exista no mercado uma gama de tecnologias como os tanques de decantação, biodigestores, sistemas de separação de fases e compostagem.

Em regiões em que a geração de efluentes supera a capacidade de suporte do solo e, ou as recomendações dos órgãos de fiscalização ambiental, alternativas de tratamento ou exportação de nutrientes precisam ser adotadas (KUNZ et al., 2009).

Conforme Cardoso et al. (2003); Sateles et al. (2007) citado por Zordan et al. (2008), o sistema mundialmente mais utilizado é a lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa. Segundo Perdomo et al. (2008), a principal função das lagoas anaeróbias é reduzir a carga orgânica e facilitar o tratamento subsequente. Com uma carga orgânica menor, utiliza-se uma lagoa facultativa indicada para águas residuárias brutas desde que tenham recebido algum tratamento anterior. Alguns parâmetros, como os teores de nutrientes N e P, após tratamento

ainda podem permanecer acima dos índices exigidos pela legislação ambiental aplicável (CONAMA, 2005) para o descarte em corpos d' água (BELLI FILHO et al., 2001).

A proteção ambiental no Brasil é regida por uma série leis, decretos e portarias que relacionam o uso dos efluentes da produção animal como fonte de adubação e impõem limites para seu lançamento em corpos d' água. Destacam-se as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): a de n^o. 357 de 2005, que estabelece padrões de lançamento de efluentes nos corpos d' água (PEREIRA, 2006) e a de n^o 375, de 2006, que regulamenta a aplicação do efluente animal no solo quando este se encontra na forma de lodo (MIELE e KUNZ, 2007). A legislação brasileira, por meio do CONAMA, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, através da Resolução n^o 357, de março de 2005, estabelece que o despejo de resíduos da produção animal não é permitido em rios de Classe I, destinados ao abastecimento doméstico. Em rios de Classe II e III, o despejo pode ser feito desde que tratado para obter os mesmos padrões qualitativos da água do rio, ou seja, permita a autodepuração (PEREIRA, et al., 2009).

Com a expansão da suinocultura, os sistemas de tratamento através de lagoas de estabilização tornam-se muito utilizados. As lagoas se adaptam às condições climáticas da região, podendo ser utilizadas para volumes maiores de dejetos, apresentando vantagens econômicas e de manejo. Seu uso é bem interessante na região, devido ao custo das terras e da grande ocorrência de solos, com baixa aptidão para o cultivo nas propriedades, nos quais podem ser implantados sistemas de lagoas.

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do sistema de lagoas de estabilização em uma granja de suínos, na redução do potencial poluidor, por meio de análises físico-químicas dos dejetos coletados em diferentes fases do sistema.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Campo Alegre, localizada no município de Diamantina, na região do Vale do Jequitinhonha-MG (Latitude:18°14'58", Longitude:43°36'01" e Altitude Máxima:1.348m). O clima da região é do tipo Cwb, temperado úmido, com inverno seco e chuvas no verão, com precipitação média anual de 1.400mm e temperatura média de 22°C, segundo classificação de Koppen (VIANELLO e ALVES, 1990).

Caracterização da propriedade estudada

A propriedade conta com apenas quatro funcionários. A criação de suínos é composta por matrizes da raça Naimar e os reprodutores da raça . O sistema de criação é caracterizado como ciclo completo (CC), onde os suínos passam pelas fases de gestação, maternidade, creche, crescimento e terminação. A granja possui um plantel de 500 animais, dentre estes estão 60 matrizes e quatro reprodutores.

A alimentação básica dos animais é composta por milho e farelo de soja (30%). Cada fase recebe uma formulação, que é recomendada por uma prestadora de serviços em nutrição e saúde animal. Na granja existe uma pequena fábrica onde ocorre a formulação das rações.

Instalações

A unidade é composta por galpões individuais para cada fase de produção dos suínos: gestação e pré-gestação, maternidade, creche, crescimento e terminação, perfazendo um total de 1.200 m² de área interna das instalações.

A cobertura é de telhas de cimento amianto pintadas externamente de branco, suportada por pilares de concreto com estrutura de cobertura em tesouras de madeira e beiral de 0,7 m. Os dejetos são manejados na forma líquida e conduzidos por canaletas até o sistema de tratamento.

Manejo e Tratamento dos Dejetos Líquidos

O sistema utilizado para o tratamento dos dejetos é composto por três lagoas de estabilização em série, sendo a primeira anaeróbia e as duas subsequentes facultativas, as quais foram dimensionadas em virtude da vazão diária de dejetos líquidos (5,7 m³) e do tempo de retenção hidráulica (TRH) das respectivas lagoas segundo metodologia apresentada por Von Spearling (1996).

A lagoa anaeróbia possui um TRH de 45 dias, dimensões de 23,5 x 8,0m, dimensões internas de 19,5 x 4,0m, profundidade de 2,0m e um volume de 260,0m³. A primeira lagoa facultativa opera com TRH de 35 dias, possui dimensões externas de 18,5 x 8,5m, dimensões internas de 15,5 x 5,5m, profundidade de 1,5m e volume de 175,0m³. A segunda lagoa facultativa opera com TRH de 25 dias, possui dimensões externas de 13,0 x 8,5 m, dimensões internas de 10,0 x 5,5m, profundidade de 1,5m e volume de 120,0m³. As lagoas foram impermeabilizadas com manta plástica de 200µm e recebem os dejetos por gravidade por meio de tubulações de PVC.

Amostragem para Caracterização do Afluente e Efluente

Foram coletadas amostras do efluente líquido em diferentes pontos do sistema:

- 1) Na saída das instalações (creche, terminação e maternidade), durante o processo de lavagem dos galpões.
- 2) Na saída da lagoa anaeróbia: amostras simples no tubo de passagem para a primeira lagoa facultativa.
- 3) Na saída das lagoas facultativas: amostras simples no tubo de saída de cada lagoa.

Parâmetros Analisados, Método de Coleta e Preservação das Amostras

Em todos os pontos amostrados foram analisados os seguintes parâmetros: Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), Demanda Química de Oxigênio (DQO_t), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Nitrogênio Total (N-Total), Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Amoniacal ($N-NH_4^+$), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

As amostras foram coletadas em frascos previamente esterilizados, de aproximadamente 5L, acondicionadas em caixas de isopor contendo gelo e levadas em seguida para o laboratório. A coleta e preservação das amostras seguiram as recomendações de Kunz e Palhares (2004). As análises das amostras estavam de acordo com especificações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

Em cada amostra foram registradas todas as informações de campo: número de identificação da amostra, número do ponto amostrado, data e hora da coleta, temperatura, condições meteorológicas nas últimas 24 horas e indicação dos parâmetros a serem analisados no laboratório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise geral dos parâmetros avaliados

Dejetos brutos

As características físico-químicas dos dejetos líquidos de suínos foram diferentes entre as instalações (TAB.1).

Os dejetos brutos da fase de creche apresentaram 13794mg L⁻¹ de Sólidos Totais, valor este maior aos observados da ordem de 8g Kg⁻¹ por Alves (2004). Entretanto, esses valores se relacionam com a DQO_t em proporção. Os resultados encontrados para os Sólidos Totais Fixos foi 3316mg L⁻¹, aproximadamente o dobro dos valores observados por Henn (2005).

TABELA 1

Valores referentes às concentrações dos parâmetros físico-químicos e nutrientes avaliados nas fases de gestação, creche e terminação

Parâmetro/Unidade	Gestação	Creche	Terminação
pH	6,3	6,4	7,1
DBO ₅ (mg L ⁻¹)	4536	8299	2721
DQO _t (mg L ⁻¹)	4705	8500	4698
DQO _t /DBO ₅	1,04	1,02	1,73
ST (mg L ⁻¹)	1316	13794	2882
STF (mg L ⁻¹)	484	3316	782
STV (mg L ⁻¹)	832	10478	2100
SST (mg L ⁻¹)	168	1568	544
SSF (mg L ⁻¹)	32	316	144
SSV (mg L ⁻¹)	136	1252	400
N-Total (mg L ⁻¹)	12,3	19,3	11,1
COT (mg L ⁻¹)	419	2035	367
P (mg L ⁻¹)	306	765	9,00
K (mg L ⁻¹)	17,1	97,7	25,4
Ca (mg L ⁻¹)	24,1	77,1	80,4
Mg (mg L ⁻¹)	15,8	0,3	3,5
Mn (mg L ⁻¹)	5,19	5,29	1,15
S (mg L ⁻¹)	0,92	0,92	0,99
Fe (mg L ⁻¹)	16,8	9,9	25,8
Cu (mg L ⁻¹)	18,4	52,3	35,8
Zn (mg L ⁻¹)	<0,01	0,28	0,07

Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Demanda Química de Oxigênio (DQO_t), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais (STV), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Nitrogênio Total (N-T), Carbono Orgânico Total (COT), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

O teor de Sólidos Suspensos Fixos nos dejetos suínos analisados foi bem menor se comparado com os resultados de Sólidos Suspensos Voláteis; sua composição é praticamente de minerais e a maior concentração se deu no efluente da fase de creche.

A DBO₅ e a DQO_t são parâmetros que indicam a concentração carbonácea nos efluentes e são de suma importância para avaliar a eficiência e a eficácia do sistema de tratamento em questão. Além disso, fornecem uma noção da quantidade de matéria orgânica que é volumétrica no solo. Quanto maior a DBO₅, maior a capacidade poluidora dos DLS,

pois esse parâmetro indica a quantidade de oxigênio que os microrganismos deverão retirar do meio para estabilizar a matéria orgânica.

O comportamento da DQO_t e da DBO_5 nas fases analisadas permite afirmar que os dejetos provenientes da creche foram 45% mais concentrados do que o restante do sistema. O mesmo ocorreu com a DBO_5 que apresentou concentração 67% superior aos DLS da fase de terminação.

Os dejetos líquidos dos suínos em fase de terminação apresentaram maior relação DQO_t/DBO_5 , indicando menor biodegradabilidade. Matos (2006) enfatiza que valores da razão DQO_t/DBO_5 acima de 2,5 indicam conteúdo significativo de inertes ou material não biodegradável presente no resíduo. Considerando os padrões para lançamento de efluentes estabelecidos pelo CONAMA na Resolução nº 375/2006, a DBO_5 poderá atingir o valor máximo de 60mg L^{-1} . Na granja em estudo, porém, os dejetos provenientes das unidades de gestação, creche e terminação eram conduzidos para lagoas de estabilização em série, onde permaneciam por 120 dias, para posterior utilização na forma de biofertilizante.

Os nutrientes fósforo, nitrogênio e potássio apresentaram maiores valores nos DLS da instalação da creche, com concentrações de 765mg L^{-1} , 19mg L^{-1} e 97mg L^{-1} . A consideração acerca da possibilidade de aproveitamento desse componente presente no resíduo, em caso de adubação, está relacionada às necessidades inerentes à cultura e composição do solo, o que é específico para cada caso (SOUZA et al., 2009).

Com relação aos metais, a concentração de Cobre nos dejetos advindos da gestação, terminação e creche ultrapassaram substancialmente o limite de 1mg L^{-1} estabelecido na Resolução CONAMA 357/2006, para disposição em cursos d'água, uma vez que os valores encontrados foram $18,4\text{mg L}^{-1}$, $35,8\text{mg L}^{-1}$ e $52,3\text{mg L}^{-1}$. As concentrações de Zinco nos DLS foram menores que o quantificado na gestação, $0,07\text{mg L}^{-1}$ na terminação e $0,2\text{mg L}^{-1}$ na creche, sendo estas menores do que o limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2006, que é de $5,0\text{mg L}^{-1}$ para cursos d'água. Já para o metal manganês os valores encontrados excedem o limite máximo de $1,0\text{mg L}^{-1}$, na gestação $5,1\text{mg L}^{-1}$, na terminação $1,1\text{mg L}^{-1}$ e na creche $5,2\text{mg L}^{-1}$. Para o Ferro, somente os dejetos líquidos de suínos da fase de gestação e terminação tiveram valores superiores ao limite aceitável, que é de $15,0\text{mg L}^{-1}$. A causa dessa disparidade nos valores se deve à composição das rações fornecidas nas diferentes fases dos suínos. Esses resultados reforçam a necessidade de tratamento dos dejetos líquidos de suínos para que eles possam ser lançados ao solo como biofertilizantes.

Amostras: saída das instalações, lagoa anaeróbia, primeira e segunda facultativa

Através de análises físico-químicas das amostras de DLS na entrada e saída dos sistemas de tratamento foram monitorados parâmetros de desempenho da digestão anaeróbia (TAB. 2). Souza (2009), analisando o mesmo sistema de tratamento em questão, porém, com diferenças nas canaletas de saída dos dejetos das lagoas para tentar adequar de forma correta o sistema e mudança da lona da primeira lagoa facultativa que apresentava ressecamento e pequenos cortes nas laterais.

O dejetos bruto da amostra composta das três instalações apresentou pH 6.2, no final do tratamento saída da terceira lagoa o valor foi de 7,3 (TAB, 2), bem próximo do considerado como faixa ótima para a ocorrência do processo de fermentação anaeróbia (7,0-7,2) (MIWA et al., 2007). Na análise comparativa entre os resultados de pH desta pesquisa e os obtidos por Souza (2009), percebe-se que o pH em todas as unidades exibe um comportamento semelhante, quando os resultados de SOUZA (2009) para o dejetos bruto, lagoa anaeróbia, primeira lagoa facultativa e segunda lagoa facultativa foram respectivamente 8,0; 6,7; 7,9; 8,2 apresentando resultado final superior à atual pesquisa.

TABELA 2

Valores referentes às concentrações dos parâmetros físico-químicos e nutrientes avaliados nos quatro pontos de amostragem no sistema de tratamento de dejetos líquidos de suínos

Parâmetro/Unidade	Saída das Instalações	Saída Lagoa Anaeróbia	Saída 1ª Lagoa Facultativa	Saída 2ª Lagoa Facultativa
pH	6,2	7,6	7,1	7,3
DBO (mg L ⁻¹)	6240	1579	731	561
DQO (mg L ⁻¹)	6762	1914	823	746
DQO/DBO	1,08	1,21	1,12	1,32
ST (mg L ⁻¹)	35920	11237	1599	1565
STF (mg L ⁻¹)	3406	2992	954	716
STV (mg L ⁻¹)	32927	7831	883	610
SST (mg L ⁻¹)	21500	5600	494	447
SSF (mg L ⁻¹)	7133,3	3750	136	52
SSV (mg L ⁻¹)	14366	5225	491	310
N-Total (mg L ⁻¹)	969	790	754	734
COT (mg L ⁻¹)	853	753	533	508
P (mg L ⁻¹)	84,8	51,2	38,4	38,3
K (mg L ⁻¹)	1550	1271	1147	930
Ca (mg L ⁻¹)	131,5	123,3	106,8	90,8
Mg (mg L ⁻¹)	21,5	13,6	7,1	2,8
Mn (mg L ⁻¹)	18,6	9,3	6,2	6,2
S (mg L ⁻¹)	26,4	17,4	13,7	12,8
Fe (mg L ⁻¹)	47,5	33,5	10,0	8,0
Cu (mg L ⁻¹)	2,5	1,0	0,5	0,2
Zn (mg L ⁻¹)	9,9	8,0	6,0	5,0

Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Nitrogênio Total (N-T), Carbono Orgânico Total (COT), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

Os dejetos brutos que alimentavam a Lagoa anaeróbia possuíam concentrações para DQO_t de 6762mg L⁻¹ e para DBO₅ de 6240mg L⁻¹ (TAB. 2). As eficiências de remoção foram satisfatórias, ocorrendo remoção final de 91% de DBO₅, 88% de DQO_t (TAB. 3). Na lagoa anaeróbia a remoção de DBO₅ foi de 74%, para a DQO_t a remoção girou em 71 %, sendo o ponto mais eficiente de redução (TAB. 3). O sistema de tratamento em lagoas de estabilização em série proposto pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária(EMBRAPA/CNPISA), que consiste em um tanque de homogeneização, decantador de fluxo ascendente, duas lagoas anaeróbias, uma lagoa facultativa e uma lagoa de aguapés tem redução de 97 e 87% na DBO₅ e na DQO_t, (COSTA e MEDRI, 2002) e com a utilização de duas lagoas anaeróbias, duas

facultativas e uma de maturação apresentou resultados de 90% para DQO_t , segundo Dalavéquia (2000).

Os resultados obtidos reforçam a afirmativa de que as anaeróbias em um sistema de tratamento composto por lagoas de estabilização em série são as mais eficientes em remoção de DBO_5 e DQO_t , sendo o processo otimizado nas lagoas subsequentes (MEDRI e MEDRI, 2004; CAMPOS et al., 2006; MEDRI et al., 2007).

Apesar do sistema de tratamento ter se mostrado eficiente na remoção da carga orgânica, o efluente final apresentou um valor de DBO_5 de 561 mg L^{-1} e de DQO_t de 746 mg L^{-1} (TAB. 2). Em razão da elevada concentração de DBO_5 no dejetos, o efluente final ainda necessita da continuação do tratamento para remoção da DBO_5 remanescente, uma vez que se encontra acima dos padrões estabelecidos pela Legislação Ambiental na Resolução CONAMA 357/2006 que é de 60 mg L^{-1} para DBO_5 e 90 mg L^{-1} para DQO_t . Souza (2009) obteve resultado inferior: DBO_5 de 350 mg L^{-1} e DQO_t de 377 mg L^{-1} . Mesmo inferiores esses resultados superam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2006, para serem lançados em cursos d'água. O resíduo é facilmente biodegradável, quando suas demandas química e bioquímica de oxigênio apresentam uma relação DQO_t/DBO_5 menor que dois, (BRAILE e CAVALCANTI, 1993). A relação DQO_t/DBO_5 do presente trabalho variou de 1,08 a 1,32 (TAB. 2), sendo o valor superior menor do que o encontrado por Souza (2009). Oliveira (1993) reforça o que e foi, afirmando que a relação DQO_t/DBO_5 é importante no processo de digestão anaeróbia de dejetos suínos para o conteúdo de matéria orgânica a ser digerida, bem como para verificar a remoção da matéria orgânica do processo

TABELA 3
Eficiência de redução total e por lagoa para cada parâmetro físico-químico e bioquímico avaliado em relação aos DLS na saída das instalações, dados em porcentagem (%)

Parâmetros	Lagoa Anaeróbia	1ª Lagoa Facultativa	2ª Lagoa Facultativa	Eficiência Total
DBO	74,6	53,7	23,3	91,0
DQO	71,7	57,0	9,3	88,9
ST	68,7	85,7	2,1	95,6
STF	12,1	68,1	24,9	78,9
STV	76,2	88,7	30,8	98,0
SST	73,9	91,1	9,4	97,9
SSF	47,4	96,3	61,3	99,2
SSV	63,6	90,6	36,7	97,8
N-Total	18,4	4,5	2,7	24,0
COTotal	11,7	29,2	4,6	40,4
P - Total	39,6	25,0	0,1	54,7
K	18,0	9,7	18,9	40,0
Ca	6,2	13,3	14,9	31,0
Mg	36,7	47,3	60,2	66,7
Mn	50,0	33,3	0,0	33,3
S	34,2	21,2	6,5	51,6
Fe	29,4	70,1	20,0	83,1
Cu	60,0	50,0	48,0	89,6
Zn	19,3	25,0	16,6	49,6

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Demanda Química de Oxigênio (DQO_t), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (S Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Nitrogênio Total (N-T), Carbono Orgânico Total (COT), Potássio (K), Fósforo Total (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

Os sólidos totais e sólidos totais voláteis baixaram de 35920mg L⁻¹ e 32927mg L⁻¹ no dejetto bruto, para 1565mg L⁻¹ e 610mg L⁻¹ no efluente da segunda lagoa facultativa (TAB. 2), o que traduz uma remoção de 95 e 98% (TAB. 3). Dessas reduções, a primeira lagoa facultativa participou com maior parte, 85% de ST e 88% de STV (TAB.3). Estes valores são próximos aos divulgados por Costa et al (1996), que encontraram remoção entre 30 e 60% de ST e entre 35 e 65% de STV.

Os Sólidos Totais Fixos, que estão relacionados à fração inorgânica dos Sólidos Totais, apresentaram redução de 78%, com maior redução na primeira lagoa facultativa, 68%. A fração orgânica dos Sólidos Totais, representada pela concentração de Sólidos Totais Voláteis, sofreu uma redução de 98%. A maior remoção desse parâmetro se deu na primeira lagoa facultativa 88% (TAB. 3).

Os Sólidos Suspensos Totais sofreram redução de 97%, sendo que a maior parte foi eliminada na primeira lagoa facultativa, 91%. Os Sólidos Suspensos Fixos foram removidos na ordem de 99%. A maior parcela de redução foi proporcionada pela primeira lagoa facultativa, 96%. Com relação ao teor de Sólidos Suspensos Voláteis, estes sofreram redução de 97% e foram removidos em maior proporção na primeira lagoa facultativa, 90%, boa parte da eficiência da primeira lagoa facultativa pode ser atribuída ao fato de meses antes da coleta a sua lona ter sido substituída por uma nova, retirando, dessa forma, o acúmulo de lodo que se forma no fundo da lagoa com o passar do tempo (TAB. 3).

A remoção dos sólidos em um sistema de lagoas decorre processo de estabilização da matéria orgânica, que determina como produto um material hidrolizado, através da oxidação biológica.

Cazarré (2000), trabalhando com três séries de lagoas anaeróbias, recebendo dejetos com a mesma carga orgânica, porém, com diferente tempo de retenção hidráulica (TRH), identificou o sistema em série de duas lagoas anaeróbias com TRH de 35 e 30 dias respectivamente, como o mais eficiente na remoção de DQOt, N-T, ST e SV.

O teor de N-total reduziu de 969mg L^{-1} do afluente para 734mg L^{-1} efluente da segunda lagoa facultativa correspondendo a uma remoção da ordem de 24% (TAB. 2 e 3). O N-Total presente nos dejetos líquidos de suíno está na forma de amônio (NH_4^+). Nas lagoas, o processo de digestão ou de estabilização dos dejetos é anaeróbio. O amônio se transforma facilmente em amônia (NH_3). As lagoas facultativas, com tempo de retenção de 35 e 25 dias, inferior à lagoa anaeróbia, tiveram um menor desempenho na remoção com redução de 4,5 e 2,7% (TAB. 3).

As análises realizadas por Souza (2009) demonstraram uma eficiência total de redução do N-total de 28,3%. A maior parte foi removida na primeira lagoa facultativa, contribuindo com 16,2% e a segunda lagoa facultativa com 1,9%. A eliminação do nitrogênio via processos biológicos, é realizada em duas etapas: primeiramente, em presença de oxigênio, a amônia ionizada é oxidada a uma forma nitrogenada menos tóxica, o nitrato, pelo processo da nitrificação. Posteriormente, em ausência de oxigênio, o nitrato é reduzido até nitrogênio gasoso, tendo matéria orgânica como doador final de elétrons, processo este conhecido como desnitrificação (SEZERINO et al., 2007).

Estudos realizados por Costa et al (1995a) no sistema de tratamento de dejetos suínos, através de lagoas de estabilização mista (em série e em paralelo), encontraram redução de 99% para uma série de oito lagoas e com tempo de detenção total de 217 dias. Santos e Oliveira (1987), através de estudos em sistema de lagoas de estabilização em série, tratando

esgoto doméstico, compreendendo uma lagoa anaeróbia com 3m de profundidade e 1,7 dias de detenção, uma facultativa com 1,1 m de profundidade e 17,3 dias de detenção e uma de maturação com 1,1 m de profundidade e 9,7 dias de detenção, em Frielas, Portugal, encontraram remoção da ordem de 52,4% de nitrogênio amoniacal. Silva (1982) citado por Silva et al (1995), trabalhando com uma série de cinco lagoas de estabilização, tratando esgoto sanitário, com 1,0 m de profundidade, sendo uma anaeróbia, uma facultativa e três de maturação, recebendo esgoto bruto com uma concentração de 45mg L^{-1} de amônia, obteve remoção de 32, 48 e 81%, para um tempo de retenção hidráulica total de 8,5; 17,0 e 29,1 dias.

Os nutrientes Mg, Mn e P foram removidos em 66,7; 33,3 e 54,7% (TAB. 3). O valor de P-Total de $84,8\text{mg L}^{-1}$ nos dejetos brutos de suínos caiu para $38,3\text{mg L}^{-1}$ no efluente da segunda lagoa facultativa, o que traduz uma redução de aproximadamente 54,7% (TAB. 3).

Já o K, o Ca e o S, no final do tratamento tiveram uma remoção de 40; 31; e 51% (TAB, 3). A remoção de K no sistema apresentou eficiência de 40%, diferindo do resultado observado por Zordan et al. (2008), que relatam baixa eficiência do sistema de lagoas de estabilização na remoção desse nutriente. Entretanto, Silva et al. (2003b) afirmam que, sob a ótica ambiental, o K não é poluente, razão pela qual se encontra isento nas exigências para as águas de classes 1 ou especial que são aquelas destinadas ao abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção. Assim, não se observa a condicionante do limite máximo para uso ou despejo, ficando isenta a sua variação, concentração ou flutuação.

O teor de Ca foi reduzido em 31%, sendo sua maior parte removida na segunda lagoa facultativa 14% (TAB. 3). O sistema apresentou remoção de 66% do Mg sendo a maior parte na segunda lagoa facultativa. Os resultados obtidos para remoção de Ca e Mg vão corroborar os resultados obtidos por Zordan et al. (2008) que observaram relativa eficiência do sistema de lagoas de estabilização na remoção desses nutrientes. Segundo Powell et al. (2008) e Peng et al. (2007), a remoção do Ca e Mg, no sistema de lagoas de estabilização, pode estar associada à ligação e precipitação desses elementos com os fosfatos, em situações de valores de pH entre 7,0 e 8,0, o que explica a maior remoção desses nutrientes nas lagoas mais rasas (facultativas).

Souza (2009), no mesmo sistema de lagoas, encontrou os seguintes valores para: N-Total, P, Ca e Mg no efluente tratado: 1196; 83,6; 258; 163,2 e $12,3\text{mg L}^{-1}$. Todos estes valores foram superiores aos encontrados pelo presente trabalho. Dessa forma, pode-se afirmar que o sistema, depois de modificado, apresenta maior eficiência na remoção dos nutrientes. O efluente tratado apresentou características favoráveis à sua reutilização como

fertilizante orgânico, podendo substituir, em partes, a adubação química (SEDYAMA et al., 2008).

O resultado obtido para o Cu no final do tratamento dos dejetos não ultrapassa o limite de 1mg L^{-1} (TAB. 2) estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para cursos d'água, sendo o valor observado de $0,26\text{ mg L}^{-1}$. A concentração de Zn encontrada na segunda lagoa facultativa foi de $5,0\text{ mg L}^{-1}$ (TAB.2), o mesmo do limite permitido pela Resolução que é de $5,0\text{ mg L}^{-1}$. Já para o metal Mn, os valores encontrados em todos os pontos de coleta excedem o limite máximo que é de $1,0\text{mg L}^{-1}$, sendo o valor final após todo o processo de tratamento $6,2\text{ mg L}^{-1}$ (TAB. 2). Para o Fe, a concentração inicial antes do tratamento foi muito acima do máximo permitido com total de $47,5\text{mg L}^{-1}$. Ao começar o tratamento nas lagoas de estabilização em série, a concentração foi diminuindo e finalizou com $8,0\text{ mg L}^{-1}$ (TAB. 2), ou seja, dentro dos padrões estabelecidos para utilização; $15,0\text{ mg L}^{-1}$.

O Cu e Zn têm origem nas rações fornecidas aos suínos que, geralmente, recebem suplementação com fontes de Cu e Zn, em certo grau, às vezes, excedendo o requerimento fisiológico dos suínos (JONDREVILLE et al., 2003). A preocupação com a possibilidade de contaminação dos solos com metais pesados levou diversos países a estabelecerem limites máximos de concentração dos metais em lodo de esgoto e taxa de aplicação de metais pesados no solo (USEPA, 1993; CETESB, 2001; CONAMA, 2005).

A presença do elemento Zn em alta concentração nos dejetos é consequência da adição de quantidades excessivas nas rações para garantir a absorção pelos suínos. Esse fato, associado às aplicações sucessivas de dejetos tendem a usar acúmulos de Zn no solo, tornando os dejetos uma fonte poluidora com alto potencial de contaminação ambiental.

CONCLUSÕES

O sistema de lagoas de estabilização em série avaliado demonstra ser eficiente na remoção do excesso de nutrientes e do potencial poluidor.

Ressalte-se que o tratamento demonstrou características favoráveis ao reaproveitamento dos dejetos como biofertilizante.

O sistema de lagoas de estabilização proporcionou uma redução significativa na concentração de ferro e apresentou concentração elevada para o metal manganês.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro e fornecimento de bolsa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial DTI-3, e à Granja Campo Alegre, pela disponibilização de suas instalações para o trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. G. C. M. **Tratamento e valorização de dejetos da suinocultura através de processos anaeróbios - avaliação de situação real de diversos reatores**. Resultados apresentados na qualificação do projeto de tese do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental/UFSC, outubro, 2004.
- APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21. ed. Washington: APHA, 2005.
- BELLI FILHO, P.; CASTLHOS JÚNIOR, A.B.; COSTA, R.H.R.; SOARES, S.R.; PERDOMO, C.C. Tecnologias para o tratamento de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.166-170, 2001.
- BRAILE, P. M. & CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993. 764p.
- CAMPOS, A.T.; DAGA, J.; RODRIGUES, E.E.; FRANZENER, G.; SUGUIY, M.M.T.; SYPERRECK. Tratamento de águas residuárias de feculária por meio de lagoas de estabilização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.235-242, 2006.
- CAZERRÉ, M. M. **Otimização de lagoas anaeróbias para tratamento de dejetos suínos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2000.
- CETESB. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas. São Paulo: CETESB, 2001. Relatórios Ambientais.
- COSTA, R.H.R. & MEDRI, W. Modeling and optimization of stabilization ponds system for treatment of swine waste: organic matter evaluation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.45, n.3, p.385-392, 2002.
- COSTA, R. H. R; OLIVEIRA, P. A. V; SILVA, F. C. M, Estudo de tratamentos preliminares para dejetos de suínos. In: 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Salvador, BA. ABES, 1996.
- DALAVÉQUIA, M. A. **Avaliação de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2000.

Deliberação Normativa COPAM nº 10, de 16 de Dezembro de 1986. Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=91>, acesso em 25/02/2010 às 23:00.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Legislação Ambiental, Resolução nº 375, de 31 de maio de 2006.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Legislação Ambiental, Resolução nº 357, de março de 2005.

GOSMANN, H. A. **Estudos comparativos com bioesterqueira e esterqueira ara armazenamento e valorização dos dejetos de suínos**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina / UFSC. 1997. 126 p.

HENN, A. **Comportamento de partida e evolução de um sistema de tratamento e armazenamento de dejetos suínos em uma pequena propriedade rural no município de Braço do Norte/SC**, Dissertação de mestrado do programa de Pós-graduação em engenharia sanitária ambiental, 2005.

KONZEN, E.A. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida**. 1980. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Medicina Veterinária, Belo Horizonte, 1980.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; RAMME, M. A.; COLDEBELLA, A. Effect of storage time on swine manure solid separation efficiency by screening. **Bioresource Technology**, v.100, n.5 p.1815-1818, 2009.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v.100, n.22, p.5485-5489, 2009.

KUNZ, A. Impactos sobre a disposição inadequada de dejetos de animais sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. In: Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura, 2, 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2006. p.1-6.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, v.15, n.3, p.28-35, 2006.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Caderno de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.22, n.3, p.652-665, 2005.

KUNZ, A.; PALHARES, J.C.P. **A importância do correto procedimento de amostragem para avaliação das características dos dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2004. 4p. (Comunicado Técnico, 362).

JONDREVILLE, C.; REVY, P. S.; DOURMAD, J. Y. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter. **Livestock Production Science**, v. 84, p. 147-156, 2003.

MATOS A.T. Práticas de qualidade do meio físico ambiental. **Roteiro de aula prática**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 64p, 2006.

MEDRI, W.; COSTA, R.H.R.; MEDRI, V.; BELLI FILHO, P. Stabilization ponds systems: cost estimation for the treatment of piggery waste. **Transactions of The ASABE**, St, Joseph, v.50, n.4, p.1409-1414, 2007.

MEDRI, W. & MEDRI, V. Otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v.25, n.2, p.203-212, 2004.

MIELE, M.; KUNS, A. Suinocultura, meio ambiente e competitividade. **Revista Suinocultura Industrial**, n.7, p. 26-29, 2007.

MIWA, A.C.P.; FREIRE, R.H.F.; CALIJURI, M.C. Dinâmica de Nitrogênio em um sistema de lagoas de estabilização na região do Vale do Ribeira (São Paulo – Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.12, n.02, p.169-180, 2007.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. DE. Potencial de produção de biogás remanescente nos efluentes de biodigestores abastecidos com dejetos de suínos, com e sem separação da fração sólida, e conduzidos sob diferentes tempos de retenção hidráulica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.679-686, out./dez. 2009.

PENG, J.F.; WANG, B.Z.; SONG, Y.H.; YUAN, P.; LIU, Z. and release of phosphorus in surface sediment of a wastewater stabilization pond. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v.31, n.02, p.92-97, 2007.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V.; KUNZ, A. Metodologia sugerida para estimar o volume e a carga de poluentes gerados em uma granja de suínos. Concórdia: Embrapa CNPSA. n.332, 2003. 6p. **Comunicado Técnico**.

PERDOMO, C.C.; LIMA, G.J.M.M. de; SCOLARI, T.M.G. **Tratamento dos dejetos da suinocultura**. Disponível em: www.ambienteemfoco.com.br/ >Acesso em: 20/10/2009.

PEREIRA, E.R. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. 129p. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2006.

PEREIRA, E.R.; DEMARCHI, J.J.A.A.; BUDIÑO, F.E.L. **A questão ambiental e os impactos causados pelos efluentes da suinocultura**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/QAmbiental/index.htm>. Acesso em: 22/4/2010.

POWELL, N.; SHILTON, A.N.; PRATT, S.; CHISTI, Y. Factors influencing luxury uptake of phosphorus by microalgae in waste stabilization ponds. **Environmental Science & Technology**, Washington, v.42, n.16, p.5958-5962, 2008.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1487-1492, 2004.

SATELES, W. de P.; MEDRADO, F.E. da P. e S.; PASQUALET A. **Eficiência das lagoas de estabilização da estação de tratamento de esgoto do Parque Atheneu, Goiânia, GO.** Disponível: agata.ucg.br/formularios/ucg/docentes/eng/pasqualet/artigos/pdf/artigo_23.pdf. Acesso em: 20/03/2010.

SEDIYAMA, M.A.N.; VIDIGAL, S.M; PEDROSA, M.W.; PINTO, C.L.O.; SALGADO, L.T. Fermentação de esterco suíno para uso como adubo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.6, p.638-644, 2008.

SEZERINO, P.H.; REGINATTO, V.; MATER, A.; BENTO, A.P.; SOARES, H.M.; PHILIPPI, S. Tratamento terciário de efluente da indústria processadora de aves e suínos – estudo em colunas de areia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.1, p.73-79, 2007.

SILVA, F.F.; FREITAS, P.S.L.; BERTONHA, A.; REZENDE, R.; GONÇALVES, A.C.A.; DALLACORT, R. Flutuações das características químicas do efluente industrial de fecalária de mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.25, n.1, p.167-175, 2003b.

SILVA, F.C. **Uso agrônomico de lodo de esgoto:** efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/USP, p. 170, 1995.

SOUZA, C. de F.; CARVALHO, C. da C. S.; CAMPOS, J. A.; MATOS, A. T.; FERREIRA W. P. M. Caracterização de dejetos de suínos em fase de terminação. **Revista Ceres**. p.128-133, 2009

STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, F. E. M. M.; TINS, A. F. Study of metal distribution in raw end screened swine manure. **CLEAN – Soil, Air, Water**, v.37, n.3, p.239-244, 2009.

USEPA. Standards for the use or disposal of sewage sludge. Fed Regist. 58: 9248-9415. 1993.

USDA/USEPA. Unified National Strategy for Animal Feeding Operations, Washington, March 9, 1999. Disponível em: <http://www.epa.gov/npdes/pubs/finafost.pdf>.

VON SPEARLING, M. **Lagoas de Estabilização**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 1996. 134p.

ZORDAN, M.S.; SALÉH, B.B.; MENDONÇA, A. Eficiência na remoção de nutrientes em lagoas de estabilização da granja escola FESURV. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.01, n.01, p.51-62, 2008.

ARTIGO CIENTÍFICO II

**ATIVIDADE MICROBIOLÓGICA DO SOLO APÓS APLICAÇÃO DE DEJETOS
LÍQUIDOS DE SUÍNOS EM CAFÉ**

ATIVIDADE MICROBIOLÓGICA DO SOLO APÓS APLICAÇÃO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS EM CAFÉ

A atividade suinícola intensiva resulta na produção de grandes quantidades de dejetos líquidos, que representa um potencial poluidor do meio ambiente. Como esses resíduos possuem nutrientes tais como fósforo, nitrogênio e outros, uma alternativa viável para sua destinação é a distribuição como biofertilizantes em solos cultivados, após um adequado tratamento. Este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nos atributos microbiológicos de um solo cultivado com café após aplicação de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos tratados em sistema de lagoas de estabilização em série. O estudo foi realizado na Fazenda Yamaguchi em um Argissolo Vermelho Amarelo na localidade de Batatal, município de Diamantina, Minas Gerais. Os tratamentos foram constituídos de aplicação de 0, 125, 250, 500 kg ha⁻¹ N na forma de efluentes e 250 kg ha⁻¹ de sulfato de amônia (convencional) em solo cultivado com café. As amostras de solo foram coletadas, na camada de 0-10 cm de profundidade, em novembro e dezembro de 2009 e janeiro e fevereiro de 2010, antes, 30, 60 e 90 dias após a aplicação. Foram avaliados a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana, e determinado o quociente metabólico. A aplicação de dejetos líquidos de suínos no solo, 60 e 90 dias após sua aplicação, apresentou diferença em relação à amostra controle, favorecendo incrementos na biomassa e na atividade microbiana. Observa-se que a aplicação de 125 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS é a melhor dose, por apresentar produção significativamente equivalente à produtividade de grãos da dosagem de 250 kg de N ha⁻¹ de SA. Desse modo, em longo prazo, as aplicações consecutivas de dejetos líquidos de suínos, em solo cultivado com café, tendem a melhorar os atributos microbianos do solo. Os dejetos líquidos de suínos podem ser utilizados junto com a adubação convencional para a cultura do café

Palavras-chave: Atividade microbiana. Biofertilizante. Carbono da biomassa. Lagoas de Estabilização. Resíduos de suínos.

ABSTRACT

MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL AFTER APPLICATION OF PIG SLURRY IN COFFEE

The intensive swine production results in the production of large quantities of slurry, which represents a potential polluter of the environment. Because these wastes have nutrients such as phosphorus, nitrogen and others, one viable alternative to its destination is the distribution as biofertilizers in cultivated soil, after a suitable treatment. This study aimed to evaluate the microbiological changes in attributes of a soil cultivated with coffee after applying different doses of pig slurry treated in a system of stabilization ponds in series. The study was conducted at a Yamaguchi farm, in Alfissol, in locality of Batatal, Diamantina, Minas Gerais. The treatments consisted of applying 0, 125, 250, 500 kg ha⁻¹ N in effluent and 250 kg ha⁻¹ ammonium sulfate (conventional) in soil cultivated with coffee. Soil samples were collected at 0-10 cm depth in November and December 2009 and January and February 2010, before, 30, 60 and 90 days after application. It was evaluated the basal respiration and microbial biomass carbon, and determined the metabolic quotient. The application of pig slurry in soil, 60 and 90 days after application, showed difference from the control sample, favoring increases in biomass and microbial activity. It is observed that the application of 125 kg N ha⁻¹ year⁻¹ DLS is the best dose, due to its production substantially equivalent to the yield strength of 250 kg N ha⁻¹ year⁻¹ SA. Thus, in the long term, consecutive applications of pig slurry in soils cultivated with coffee, tend to improve the microbiological attributes of the soil. The pig slurry can be used along with conventional fertilizer for growing coffee.

Keywords: Microbial activity. Biofertilizer. Biomass carbon. Stabilization ponds. Waste of pigs.

INTRODUÇÃO

A suinocultura no Brasil é uma atividade predominantemente de pequenas propriedades rurais, importante do ponto de vista social, econômico e, especialmente, como instrumento de fixação do homem no campo.

A composição química dos dejetos líquidos de suínos é muito variável, principalmente em função da idade dos animais, dos sistemas de manejo e de armazenamento utilizado (GARCIA et al., 2003; SOUZA et al., 2003). Diversas alternativas têm sido propostas para utilização desses resíduos na agropecuária, sendo o uso como fertilizante no solo, um dos mais promissores, desde que aplicado com critério (SEDIYAMA et al., 2005).

O cafeeiro tem como característica uma grande exportação de nutrientes do solo, necessitando de adequada aplicação de corretivos e fertilizantes alcançar alta produtividade (FARNEZI et al., 2009). O elevado preço dos fertilizantes exige que esses insumos sejam aplicados de forma econômica e eficiente (CORRÊA et al., 2001).

A utilização de resíduos animais na agricultura tem sido amplamente estudada. Quadro et al. (2004) encontraram valores de carbono de biomassa microbiana (C_{mic}) em torno de $600\mu\text{g g}^{-1}$ de (C_{mic}) para a aplicação de 8 a 24 mg ha^{-1} de dejetos de suínos. Aumentos de (C_{mic}) com a adição de resíduo de suíno no solo foram relatados por vários autores como Saviozzi et al. (1997), Griffiths et al. (1998), Andrade et al. (2003) e PLAZA et al. (2004). A adição de microrganismos via resíduos também contribui para o aumento do carbono da biomassa do solo (C_{mic}) (SAKAMOTO & OBA, 1991).

De acordo com Jenkinson & Ladd (1981), Powlson et al. (1987), Balota et al. (1998), Stenberg et al. (1999), Garcia et al., (2000) e Matsuoka et al., (2003), o teor de carbono da biomassa microbiana pode ser utilizado como indicador de qualidade, com sensibilidade para detectar modificações no solo, antes mesmo que os teores de matéria orgânica sejam alterados significativamente.

A combinação das medidas de carbono microbiano (C_{mic}) e respiração basal (R_{basal}) fornecem a quantidade de CO_2 liberada por unidade de biomassa, denominada quociente metabólico ou respiratório ($q\text{CO}_2$). O $q\text{CO}_2$ indica a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono disponível para biossíntese, sendo sensível para estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato (SAVIOZZI et al., 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade microbiana de um solo cultivado com café, antes, 30, 60 e 90 dias após aplicação de doses líquidas de suínos tratados em sistema de lagoas de estabilização em série e a produção do cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A área onde se desenvolveu o experimento desta pesquisa localiza-se na Fazenda Yamaguchi, na localidade de Batatal, no município de Diamantina, MG. O município de Diamantina está localizado na Região do Vale do Jequitinhonha-MG (Latitude:18°14'58", Longitude: 43°36'01" e Altitude Máxima: 1.348m). O clima da região é do tipo Cwb, temperado úmido, com inverno seco e chuvas no verão, com precipitação média anual de 1.400mm e temperatura média anual de 22°C, segundo classificação de Koppen (VIANELLO e ALVES, 1990).

O estudo foi realizado em um cafeeiro de cinco anos. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006), cujas características químicas são 4,9 de pH em água, 0,9 mg dm⁻³ de P, 61 mg dm⁻³ de K, 1,0 cmol dm⁻³ de Ca, 0,2 cmol dm⁻³ de Mg, 1,0 cmol dm⁻³ de Al, 8,1 cmol dm⁻³ de H+Al, 1,4 cmol dm⁻³ de soma de bases, 2,4 cmol dm⁻³ de CTC efetiva, 9,5 cmol dm⁻³ de CTC a pH 7, 42% de saturação de Al (m), 14% de saturação por bases (V) e 1,8g dm⁻³ de matéria orgânica (M.O.). A textura tem 45% de silte, 24 e 31% de areia e argila.

O cafeeiro utilizado apresenta espaçamento de quatro metros entre linhas e um metro entre plantas, variedade Catuai Vermelho e a adubação básica inicial foi de 250kg ha⁻¹ de SA, 1000g cova SS, 190 kg ha⁻¹ de KCL, 18 kg ha⁻¹ ácido bórico, 30 kg ha⁻¹ sulfato de zinco e calagem de 4,4 t ha⁻¹.

Foram empregados dejetos líquidos de suínos (DLS) advindos de uma granja comercial em ciclo completo. Os DLS foram tratados em um sistema de estabilização em série. O sistema de tratamento dos dejetos é composto por três lagoas de estabilização em série, sendo a primeira anaeróbia e as duas subsequentes facultativas, as quais foram dimensionadas em função da vazão diária de dejetos líquidos (5,7 m³) e do tempo de retenção hidráulica (TRH) das respectivas lagoas segundo metodologia apresentada por Von Spearling (1996). Foram coletadas amostras do efluente líquido em diferentes pontos do sistema: na saída das instalações, durante o processo lavagem dos galpões, saída da lagoa anaeróbia e saída das lagoas facultativas.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC). O arranjo dos tratamentos consistiu de cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 parcelas experimentais. Os tratamentos avaliados foram aplicações das doses dejetos líquidos de suínos de 0, 125, 250 e 500 kg ha⁻¹ de N com teor de 0,7 g L⁻¹ além de um tratamento convencional com adubação 250 kg ha⁻¹ sulfato de amônia (controle). A adubação de 125,

250 e 500 kg ha⁻¹ correspondeu a 12,5 m³ ha⁻¹, 25 m³ ha⁻¹ e 50 m³ ha⁻¹ de dejetos líquidos de suínos, sendo esta calculada a partir da quantidade de nitrogênio presente nos dejetos líquidos de suínos. Os DLS tratados apresentaram sólidos totais da ordem de 1,6g L⁻¹. Os dejetos tratados foram aplicados na época da adubação convencional do cafeeiro.

Para as avaliações, foram realizadas coletas de solo nos meses de novembro e dezembro de 2009 e janeiro e fevereiro de 2010, antes, 30, 60 e 90 dias após a adubação convencional e ou dejetos líquidos de suínos. No período do experimento, os dados meteorológicos da região de Diamantina foram os constantes na TAB.1.

TABELA 1

Precipitação (P), Temperatura máxima mensal (Tmax), Temperatura mínima mensal (Tmin) e Temperatura média mensal (Tmed), em Diamantina-MG, nos meses de novembro e dezembro de 2009 e janeiro e fevereiro de 2010

Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	P (mm)
Nov 2009	26,0	15,3	23,0	84,0
Dez 2009	24,4	15,8	22,7	73,3
Jan 2010	26,0	16,6	23,5	80,2
Fev 2010	26,6	16,8	23,3	62,0

Fonte: Agritempo, Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura.

As amostras de solo foram retiradas em nove pontos de cada parcela, formando uma composta, com o auxílio de trado, tipo holandês, na camada de 0-10 cm de profundidade. Cada parcela tinha três linhas de oito plantas, totalizando 24 plantas por parcela. As amostras foram transportadas para o laboratório em caixas de isopor e posteriormente peneiradas em malha de 2mm e armazenadas em sacos plásticos em geladeira a 4°C até o processamento das análises.

Para a determinação da umidade e a capacidade máxima de retenção de água (CMRA) utilizou-se a metodologia da Embrapa (2000).

O carbono da biomassa microbiana do solo (Cmic) foi avaliado pelo método de fumigação-extração, segundo metodologia modificada de Vance et al (1987). Pesaram-se oito amostras de 20g de solo em béquer de 50mL e divididas em fumigadas e não fumigadas. As quatro amostras fumigadas com 25mL de clorofórmio isento de álcool foram acondicionadas em dessecador sob vácuo e incubadas por 24 horas no escuro. As outras quatro subamostras (amostras não fumigadas) foram processadas imediatamente após a pesagem. Adicionou-se 50mL de solução de K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ em erlenmeyer de 125mL com pH ajustado na faixa de 6,5. As amostras foram agitadas por 40min em agitador com movimento circular horizontal

a 150rpm, filtradas com papel qualitativo em frascos plásticos de 100mL e armazenadas em geladeira. A quantidade de carbono das amostras de solo fumigadas e não-fumigadas foi obtida através da oxidação com dicromato de potássio e meio fortemente ácido. O carbono da biomassa microbiana foi determinado pela diferença entre as amostras fumigadas e não fumigadas utilizando um fator de correção (kC) de 0,33. Os resultados do carbono da biomassa microbiana foram expressos em $\mu\text{g de C (g de solo seco)}^{-1}$.

A respiração basal do solo (R_{basal}) foi estimada pela quantidade de CO₂ liberado num período de três dias de incubação. Pesaram-se quatro subamostras de 20g de solo, que posteriormente foram acondicionadas em pote de 1 L hermeticamente fechado contendo 10mL de KOH 0,3M e titulado após três dias com HCL 0,1M (Alef, 1995).

O quociente metabólico (qCO₂) foi calculado pela relação entre a respiração basal (R_{basal}) e o carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) , (Anderson & Domsch, 1993), sendo expresso em $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ Cmic}$.

Para a avaliação da produção, foram coletados por derriça no pano os dados da produtividade de quatro plantas de café por parcela experimental no mês de maio de 2010. A produtividade de grãos de café foi convertida em beneficiada de sacas de 60 kg por hectare.

Os dados microbiológicos do solo e a produção da cultura do café foram submetidos à análise da variância e, quando significativa, foi aplicado um teste de comparação de médias Scott-Knott 5%. A análise estatística dos dados foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR Versão 4.6 (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos significativos foram observados no (C_{mic}) do solo entre os tratamentos, conforme TAB. 2. Após 60 dias da aplicação, a dose de 500 kg de N ha ano⁻¹ na forma de dejetos líquidos de suínos contribuiu para um maior (C_{mic}) com valores médios de 682 $\mu\text{g de C g}^{-1} \text{ solo}^{-1}$, sendo similares aos observados por Quadro et al. (2004) que observaram 600 $\mu\text{g g}^{-1} \text{ solo}^{-1}$ de (C_{mic}) para a aplicação de 24mg ha⁻¹ de dejetos líquidos de suínos. O tratamento convencional com dose de 250kg de N ha ano⁻¹ apresentou 474 $\mu\text{g de C g}^{-1} \text{ solo}^{-1}$ (C_{mic}). Para a época de 90 dias após a aplicação, os valores médios de carbono da biomassa microbiana para o tratamento convencional, que é de 250 kg de N ha ano⁻¹, apresentou 157 $\mu\text{g de C g}^{-1} \text{ solo}^{-1}$ (C_{mic}), e o tratamento com aplicação de 500 kg de N ha ano⁻¹ de dejetos líquidos de suínos, 220 $\mu\text{g de C g}^{-1} \text{ solo}^{-1}$ (C_{mic}).

TABELA 2

Respiração Microbiana Basal, Carbono da Biomassa Microbiana e Quociente metabólico em solo cultivado com café antes, 30, 60 e 90 dias após a adubação com dejetos líquidos de suínos (DLS) e adubação mineral com sulfato de amônio (SA)

Tratamentos	Antes da aplicação do DLS		Após aplicação do DLS (dias)						Média
			30		60		90		
kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹	Respiração microbiana basal (R _{basal}), µg CO ₂ g ⁻¹ solo h ⁻¹								
0	1,95	Aa	3,54	AA	2,97	Aa	4,44	Aa	3,26
125 (DLS)	1,96	Aa	4,62	AA	3,95	Aa	4,82	Aa	3,84
250 (DLS)	3,10	Aa	5,76	AA	4,15	Aa	5,25	Aa	4,57
500 (DLS)	3,44	Ca	8,02	BA	13,23	Aa	10,88	Aa	8,89
250 (SA)	3,34	Ba	6,85	AA	9,10	Aa	7,92	Aa	6,80
Média	2,76		5,76		6,68		6,66		5,47
	C da biomassa microbiana (C _{mic}), µg g ⁻¹ de solo								
0	145,49	Aa	211,89	AA	148,97	Aa	50,28	Ba	139,16
125 (DLS)	154,78	Aa	222,37	AA	169,93	Aa	60,37	Ba	151,86
250 (DLS)	166,96	Aa	258,16	AA	221,89	Aa	88,15	Ba	183,80
500 (DLS)	232,67	Ba	281,01	BA	682,37	Aa	220,72	Ba	354,20
250 (SA)	180,93	Ba	335,69	AA	474,73	Aa	157,67	Ba	287,25
Média	176,17		261,82		339,60		115,44		223,25
	Quociente metabólico (qCO ₂), µg CO ₂ µg ⁻¹ C _{mic} dia ⁻¹								
0	3,84	Aa	0,43	AA	0,62	Aa	3,96	Aa	2,21
125 (DLS)	0,99	Aa	0,56	AA	1,31	Aa	4,12	Aa	6,98
250 (DLS)	3,47	Aa	0,56	AA	0,56	Aa	3,09	Aa	1,92
500 (DLS)	0,66	Aa	0,71	AA	0,47	Aa	1,72	Aa	0,89
250 (SA)	0,54	Aa	0,52	AA	0,61	Aa	1,50	Aa	0,80
Média	1,9		0,56		0,71		2,88		2,56

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Aumentos nos teores de C_{mic} com a adição de resíduos de suínos no solo em relação ao tratamento controle, sem resíduos, foram relatados vários autores como Saviozzi et al. (1997), Griffiths et al. (1998), Andrade et al. (2000) e PLAZA et al. (2004). Sakamoto & Oba (1991) sugerem que a adição de microrganismos, via resíduos, também colabora para o aumento do C_{mic} no solo.

ANDRADE et al. (2000) em experimento com soja, no terceiro ano de aplicação consecutiva e no final da cultura, constataram que a biomassa microbiana aumenta em função do tempo com maiores resultados ao controle em todas as doses aplicadas. Em áreas agrícolas do Paraná, aplicações de diferentes doses de resíduos suínos, em solos com textura variando de arenosa a argilosa, também resultaram em aumentos no C_{mic} entre 63 a 365 µg C g⁻¹ solo⁻¹, em virtude da textura do solo e da quantidade de chorume aplicada (MATOS et al., 2005).

As taxas de Respiração Basal do Solo (Rbasal) refletem o sistema de uso da terra empregado, aumentando ou diminuindo os estoques de carbono (D'ANDRÉA et al., 2006). Os resultados da Rbasal nas diferentes épocas de coleta do solo no plantio de apresentaram diferenças nos efluxos de CO₂ para a atmosfera, como pode ser observado na TAB. 2.

A respiração basal do solo observada na amostragem realizada aos 60 dias após a adubação para a dose de 500kg de N ha ano⁻¹ na forma de dejetos líquidos de suínos encontrou uma média de 13,23 µg C/g solo seco/h. Já para 90 dias após a adubação, o tratamento com 500kg de N ha ano⁻¹ de dejetos líquidos de suínos apresentou uma respiração basal do solo média de 10,87 µg C/g solo seco/h, sendo essas duas épocas de coleta diferentes, estatisticamente, nos tratamentos 500kg de N ha ano⁻¹ de DLS e 250kg de N ha ano⁻¹ de SA (amostra controle).

Com relação ao quociente metabólico (qCO₂), não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Ressalte-se que menores valores de qCO₂ determinam tratamentos com maior incorporação de carbono nas células microbianas diminuindo o lançamento de CO₂ para a atmosfera.

No sistema tradicional, com utilização intensa de insumos a produtividade varia de 20 a 30 sacas/ha). Segundo Reis et. al. (2000) entre os custos variáveis, os insumos, com um peso de 14,2% no custo de produção da cafeicultura com produtividade de até 20 sacas por hectare, foram divididos principalmente em formulado NPK, 8,44%, micronutrientes, 0,73%, matéria orgânica, 0,52%. Os insumos representaram 27,30% do custo total da produção do café, principalmente o formulado NPK.

Houve diferença significativa quando comparadas as doses crescentes de DLS, e a adubação convencional. As médias de produção (sacas beneficiadas ha⁻¹) para cada fonte de N são apresentadas na Figura 1. A produção aumentou linearmente com a aplicação das doses das fontes de N. O tratamento com 500 kg de N ha ano⁻¹ de dejetos líquidos de suínos apresentou a maior média de produção, com 39,45 sacas/ha de café beneficiado; média considerada boa por se tratar de um sistema convencional de plantio. Com base na equação da Figura 1, observa-se que a aplicação de 125 kg de N ha ano⁻¹ de DLS é a melhor dose, por apresentar produção significativamente equivalente à produtividade de grãos da dosagem de 250 kg de N ha ano⁻¹ de SA. Todos os tratamentos foram superiores estatisticamente ao rendimento de grãos obtidos pelo tratamento sem adubação.

Os dejetos líquidos de suínos são uma alternativa viável de adubação para a cultura do café, por proporcionar nutrientes essenciais á cultura e diminuição nos custos da produção.

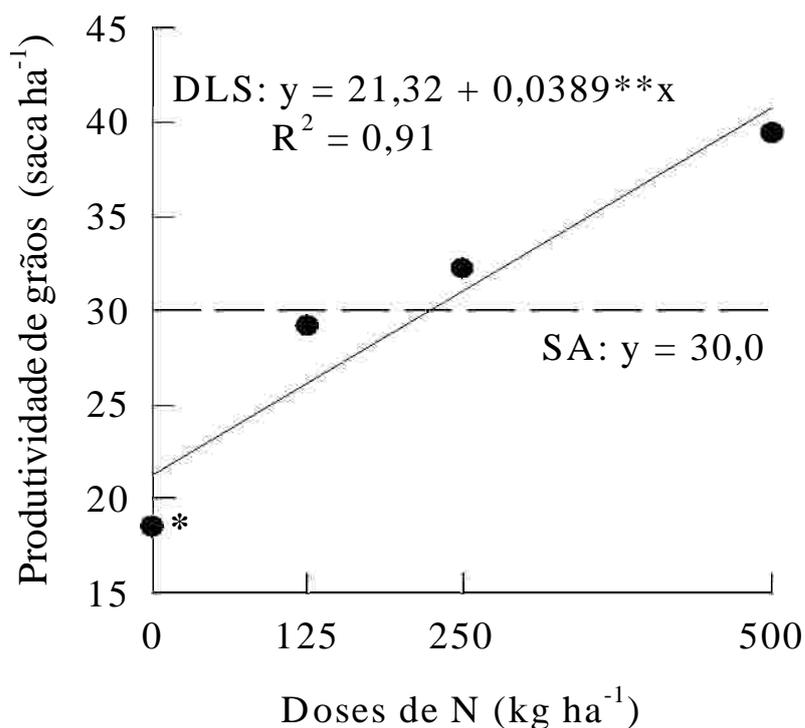


FIGURA 1 - Produtividade de grãos de café em função de doses de N na forma de dejetos líquidos de suínos (DLS) e adubação mineral com sulfato de amônio (SA). (** significativo a 1% pelo teste de t). * Representa diferença significat va ao tratamento com SA pelo teste de t. a 5%

CONCLUSÕES

A aplicação de resíduos de suínos no solo favoreceu incremento na biomassa microbiana. As aplicações consecutivas de resíduos de suínos, em solo cultivado com café, podem alterar a atividade microbiana do solo.

Com base nestes resultados, pode-se afirmar que os dejetos líquidos de suínos pode ser utilizado junto com a adubação convencional para a cultura do café e doses a partir de 125 kg de N ha ano⁻¹ ano⁻¹ na forma de DLS, apresentam incremento de produtividade em relação à adubação convencional na cultura do café.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro e fornecimento de bolsa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial DTI-3. À Granja Campo Alegre, pela disponibilização das instalações para o trabalho, e aos senhores Antonio Yamaguchi e Eduardo Yamaguchi, pela concessão do cafeeiro para o experimento.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.25, p.393- 395, 1996.
- ALEF, K.; KLEINER, D. Estimation of anaerobic microbial activities in soils by arginine ammonification and glucose-dependent CO₂ production. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 683-686, 1987.
- ALEF, K. Estimation of soil respiration. In: ALEF, K.; e NANNIPIERI, P. Métodos in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press, 1995. 76 p.
- ANDRADE, D. S.; COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L.; GILL, K. The soil Microbial Community and Soil Tillage. In: **Soil Tillage in Agroecosystems**. 2003. p. 51-81.
- ANDRADE, D. S.; COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L.; OLIVEIRA, E. Valiações microbiológicas em solo submetido á aplicação de resíduos de suínos em diferentes sistemas de preparo. In: Fertbio 2002 – Agricultura: Bases ecológicas para o desenvolvimento sócio e econômico sustentado, Rio de Janeiro. **Resumos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2002.
- ALVAREZ, ROBERTO; DÍAS, RAÚL; BARBERO, NIDIA; SANTANATOGLIA, OSCAR; BLOTTA, LUIS. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. **Soil & Tillage Research**, v. 33, p. 17-28, 1995.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de informações, 1999.
- GARCIA, N. C. P.; SALGADO, L. T.; LIMA, P. C.; MATOS, T.; PINTO, C. L. O.; SEDIYAMA, M. A. N.; RUIZ, H. A.; MOURO, W. M.; LOURES, J. L.; RUSSO, J. R. Análise dos efeitos da fertilização contínua com dejetos de suínos sobre as características químicas e físicas do solo e do estado nutricional de diferentes culturas. **Relatório Técnico**. Viçosa: EPAMIG, 2003. p. 70.
- GARCÍA-GIL, J. C.; PLAZA, C.; SOLER-ROVIRA, P.; PÓLO, A. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 32, p. 1907–1913, 2000.
- GRIFFITHS, B. S.; EHEATLEY, R. E.; OLESEN, T.; HENRIKSEN, K. EKELUND, F.; RONN, R. R. Dynamics of nematodes and protozoa following the experimental addition of cattle or pig slurry to soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 30, p. 1379-1387, 1998.
- JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. **Soil Biochemistry**, v. 5, p. 415-471, 1981.

JONDREVILLE, C.; REVY, P. S.; DOURMAD, J. Y. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from waning to slaughter. **Livestock Production Science**, v. 84, p. 147-156, 2003.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, maio/jun. 2003.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. de. **Dejetos de Suinocultura**. 2006. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.phpbase=../agropecuario/index.html;conteudo=../agropecuario/dejetos_suinocultura.html>. Acesso em 01 mar. 2010.

PLAZA, C., HERNÁNDEZ, D., GARCÍA-GIL, J. C. AND POLO, A. Microbial activity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 36, p. 1577-1585, 2004.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, n. 2, p. 159-164, 1987.

QUADRO, M. S., CASTILHOS, D. D; CASTILHOS, R. M. V.; SILVA, D. G. DA; BRISOLARA, C. V. Alterações microbiológicas no solo induzida pela aplicação de dejetos de suínos e calcário. In: *Fertbio 2004 - Avaliação das Conquistas: Bases para estratégias futuras*, Lages. **Resumos**. Lages: CBCS/UDESC, 19 a 23 de julho de 2004.

REIS, R.P.; REIS, A.J. dos; TAKAKI, H.R.C.; CASTRO JÚNIOR, L.G.C. **Indicadores técnicos e econômicos da cafeicultura de Minas Gerais: um banco de dados: relatório final**. Lavras: UFLA/CNPq, 2000. 61p.

ROCHETTE, PHILIPPE; ANGERS, DENIS A.; CÔTÉ, DENIS. **Soil Carbon and Nitrogen Dynamics Following Application of Pig Slurry for the 19th Consecutive Year. I. Carbon Dioxide Fluxes and Microbial Biomass Carbon**. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 1389-1395, 2000.

SAKAMOTO, K.; OBA, Y. Effect of fungal to bacterial biomass ratio on the relationship between CO₂ evolution and total microbial biomass. **Biology and Fertility of Soils**, v. 17, p. 39-44, 1994.

SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALD, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. **Biology & Fertility of Soils**, Berlin, 2002, v. 35, p. 96-101.

SAVIOZZI, A.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALDI, R.; VANNI, G. Laboratory studies on application of wheat straw and pig slurry and the resulting environmental implications. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 61, p. 35-43, 1997.

SEDIYAMA, M. A.; VIDIGAL, S. M.; GARCIA, N. C. P. Utilização de resíduos da suinocultura na produção agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 224, p. 52-64, 2005.

SISVAR. Versão 4.6 (Build 61). Copyright. **Daniel Furtado Ferreira**, 1999-2003. Disponível em: <www.dex.ufla.br>. Acesso em: 10 janeiro 2010.

SOUZA, M. L. de P., MOTA, A. C., DIONÍSIO, J. A., FOULER, R. B., BLEY JR, CÍCERO J. Potencialidade, aspectos ambientais e riscos associados á disposição final de esterco suínos líquidos em terras das regiões oeste e sudoeste do estado do Paraná. In: projeto de controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no estado do Paraná. **Gestão ambiental da suinocultura manual do assistente técnico**. Curitiba, 2003. p. 71-140.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil Plant Science**, v. 49, p. 1-24, 1999.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis, Madison: **American Society of Agronomy**, 1965, v. 2, n.1, p.1551-1572.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 6, p.703-707, 1987.

CONCLUSÕES GERAIS

O manejo dos dejetos líquidos de suínos por armazenamento em lagoas de estabilização em série é uma solução que não demanda custos altos e possibilita que o suinocultor utilize os insumos produzidos de maneira a agregar valores à propriedade, minimizando os impactos ambientais originados nessa atividade.

O sistema de tratamento de dejetos suínos associado ao reaproveitamento agrícola do efluente tratado consiste em uma prática sustentável da atividade suinícola.

O reaproveitamento dos dejetos tratados na forma de biofertilizante permite minimizar os impactos ambientais, além de diminuir os custos com adubos minerais.

A atividade microbiana do solo por meio do quociente metabólico (qCO_2) no plantio de café com a aplicação de dejetos líquidos de suínos proporcionou menor perda de carbono do solo.