

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOANA DIAS BRESOLIN

USO DE EFLUENTE DE FOSSA SÉPTICA BIODIGETORA COMO
BIOFERTILIZANTE DO SOLO - ASPECTOS EDAFO-MICROBIOLÓGICOS

CURITIBA

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOANA DIAS BRESOLIN

USO DE EFLUENTE DE FOSSA SÉPTICA BIODIGETORA COMO
BIOFERTILIZANTE DO SOLO - ASPECTOS EDAFO-MICROBIOLÓGICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Pós-Graduação em MBA em Gestão Ambiental, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador (a): Prof. M.Sc. Jean Carlos Padilha

CURITIBA

2017

RESUMO

A Fossa Séptica Biodigestora é um sistema desenvolvido pela Embrapa Instrumentação para o tratamento do esgoto doméstico na área rural por meio da digestão fermentativa anaeróbica. Ao mesmo tempo em que realiza o saneamento básico, o sistema viabiliza a produção de efluente tratado para uso no solo como fertilizante. O uso como biofertilizante, em substituição à fertilização química NPK já é conhecido, porém poucos trabalhos apresentam seu efeito na comunidade microbiana do solo como indicador de qualidade e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Utilizando técnicas de respiração basal, atividade da enzima β -glucosidase e quantificação da biomassa microbiana cultivável buscou-se avaliar os efeitos da biofertilização na comunidade microbiana do solo. Sob a mesma cultura de milho, cinco condições de cultivo foram comparadas para observar os efeitos da biofertilização *versus* a fertilização química nos parâmetros microbiológicos do solo: condição inicial (sem cultura e sem manejo), adubação somente com efluente, adubação com efluente + P + K, adubação N + P + K tradicional e adubação P + K. A semelhança dos resultados entre os tratamentos mostra que as diferentes formas de fertilização avaliadas e a implantação da cultura do milho não afetaram a taxa de respiração e biomassa microbiana cultivável. Porém, o uso exclusivo de efluente como fertilizante na cultura do milho foi favorável para estimular a atividade enzimática da β -glucosidase. Isso indica que o efluente estimulou os processos de degradação favorecendo a microbiota do solo. Dessa forma, os resultados sugerem que o biofertilizante pode ser utilizado como substituto da adubação química, pois manteve as propriedades microbianas do solo. Outros parâmetros da cultura como análise de nutrientes foliar e produção de grãos poderão auxiliar na tomada de decisão para a substituição da adubação química pelo efluente.

Palavras-chave: fossa séptica biodigestora, biofertilizante, efluente, solo, microbiologia

ABSTRACT

The Biodigestor Septic Tank is a system developed by Embrapa Instrumentation for the treatment of domestic sewage in the rural area through anaerobic fermentative digestion. At the same time that it performs the basic sanitation, the system enables the production of treated effluent for use in the soil as fertilizer. The use of biofertilizer as a substitute for NPK chemical fertilization is already known, but few studies pointed their effect on soil microbial community as an indicator of the quality and sustainability of agricultural systems. The aim was to evaluate the effects of biofertilization on the soil microbial community using basal respiration techniques, β -glucosidase enzyme activity and quantification of cultivable microbial biomass. Under the same corn crop, five cultivation conditions were compared to observe the effects of biofertilization *versus* mineral fertilization on soil microbiological parameters: initial condition (without crop and without management), fertilization only with effluent, fertilization with effluent + P + K, traditional NPK fertilization and P + K fertilization. The similarity of the results between the treatments shows that the different forms of fertilization evaluated and the implantation of the maize crop did not affect the rate of respiration and cultivable microbial biomass. However, the exclusive use of effluent as a fertilizer in the maize crop was favorable to stimulate the enzymatic activity of β -glucosidase indicating that the effluent stimulated the degradation processes favoring the soil microbiota. Thus, the results suggest that the biofertilizer can be used as a substitute for chemical fertilization, as it maintained the microbial properties of the soil. Other parameters of the crop, such as foliar nutrient analysis and grain production, may help in decision making for the substitution of chemical fertilization by the effluent.

SUMÁRIO

| | | | |
|----------|-------------------------------|-------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | ----- | 1 |
| 1.1 | Contextualização | ----- | 1 |
| 2 | Fundamentação teórica | ----- | 2 |
| 1.3 | Justificativa | ----- | 3 |
| 2 | OBJETIVOS | ----- | 4 |
| 2.1 | Objetivo geral | ----- | 4 |
| 2.2 | Objetivos específicos | ----- | 4 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | ----- | 4 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | ----- | 6 |
| 5 | CONCLUSÃO | ----- | 11 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Segundo dados do IBGE-PNAD 2014, a população rural brasileira soma 30,5 milhões de pessoas (15% do total nacional). O saneamento básico para os moradores do campo ainda é insuficiente, pois mais de 50% utilizam sistemas rudimentares tais como fossas negras, valas, buracos ou lançamento direto nos rios e no solo.

A Fossa Séptica Biodigestora é um sistema desenvolvido pela Embrapa Instrumentação para o tratamento do esgoto doméstico na área rural por meio da digestão fermentativa. Estudos da Embrapa demonstraram que para cada R\$ 1,00 investidos em saneamento por meio da Fossa Séptica Biodigestora, é possível um retorno à sociedade de R\$ 4,60 (EMBRAPA, 2016) por meio de melhorias na saúde e economia de água e insumos agrícolas. De acordo com a Portaria 268 de 22/03/2017, essa tecnologia foi definida pelo Ministério das Cidades como referência no Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), integrante do Programa Minha Casa, Minha Vida. Os trabalhadores rurais poderão receber subsídio para construção ou reforma das instalações sanitárias desde que o tratamento de esgoto gerado ocorra de acordo com as exigências da Portaria citada.

Os benefícios econômicos e sociais envolvem desde a redução das internações médicas-hospitalares decorrentes da falta de saneamento básico até o aproveitamento agronômico do efluente de esgoto na forma de reuso de água e nutrientes, além de ganhos ambientais. Assim, ao mesmo tempo em que realiza o saneamento básico, o sistema viabiliza a produção de efluente tratado para uso no solo como fertilizante (NOVAES et al., 2006). O uso como biofertilizante, em substituição à fertilização química NPK já foi demonstrado em pesquisas anteriores, porém poucos trabalhos apresentam seu efeito na comunidade microbiana do solo como indicador de qualidade e sustentabilidade de sistemas agrícolas.

1.2 Fundamentação Teórica

Segundo a Food Agricultural Organization - Organização das Nações Unidas (FAO-ONU, 2014), a agricultura de base familiar reúne mais de 14 milhões de pessoas e detém mais de 70% dos estabelecimentos agrícolas no Brasil. É comum nessas propriedades o uso de fossas rudimentares que acabam por contaminar águas. Alia-se a isso o problema da escassez de água, tendo os esgotos tratados um papel fundamental na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação. O uso de um sistema de digestão anaeróbica no tratamento de esgoto residencial rural apresentou excelentes resultados do ponto de vista sanitário e do uso do efluente na agricultura (NOVAES et al., 2006), visto que os sistemas tradicionais oferecem um potencial risco de contaminação de águas subterrâneas e proliferação de doenças. Além disso, os constituintes desses efluentes podem aumentar a fertilidade dos solos por conterem nutrientes essenciais às plantas, em virtude da matéria orgânica que lhe é adicionada (DA SILVA et al., 2012).

Efluentes de esgotos domésticos podem contribuir para o aumento do rendimento da produção muitas vezes superior à combinação de água potável e fertilizante artificial (MURRAY; RAY, 2010). O efluente da Fossa Séptica Biodigestora possui quantidades relativamente elevadas de nitrogênio (N), fósforo (P) e matéria orgânica solúvel, além de potássio e micronutrientes (DA SILVA, 2014; FAUSTINO, 2007). A eficiência desse sistema já foi avaliada por da Silva (2014) pela análise de parâmetros como: pH (aproximadamente 8,0), turbidez (remoção média de 79,65% em relação aos sólidos suspensos no início do processo), condutividade elétrica e salinidade (efluente característico de água salobra, indicando a necessidade do uso dosado, assim como um fertilizante) e coliformes fecais e termotolerantes (remoção de mais de 99,8%). Assim, além do aspecto de saneamento, sua aplicação controlada pode beneficiar a fertilidade e produtividade do solo.

A qualidade de um solo está intimamente ligada à capacidade de sustentação de sua produtividade biológica, isto é, de manter a funcionalidade dos processos

vitais à vida animal e vegetal. Nesse sentido, diversos autores destacam o papel crucial que os microrganismos desempenham no provimento de funções ecológicas no solo (DORAN, 2002; MARON, et. al., 2011; NANNIPIERI et al., 2003).

A comunidade microbiana possui uma estreita inter-relação com o componente químico e físico do solo, atuando em importantes processos biogeoquímicos. Assim, os fatores que afetam os processos vitais dos microrganismos podem interferir na funcionalidade ambiental dos solos (ZABALOY et al., 2012). Dessa forma, os parâmetros microbiológicos funcionam como bons indicadores da qualidade do solo e sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Apesar da importância dos microrganismos em diversos processos que ocorrem no solo, a sua utilização como indicador de qualidade biológica do solo ainda é limitada devido à maioria dos métodos serem mais trabalhosos e por demandar mais tempo para obtenção dos resultados (SILVEIRA, 2007). Dentre os parâmetros avaliados, pode-se destacar a atividade enzimática e a respiração basal do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), uma vez que as enzimas presentes no solo provém majoritariamente de processos microbianos (SINSABAUGH et al., 2008) e a taxa de respiração representa a soma de todas as funções metabólicas em que o CO₂ é produzido, que é, em sua maior parte, liberado por fungos e bactérias que degradam a matéria orgânica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

1.3 Justificativa

Esta proposta completa uma das etapas de um projeto de longo prazo da Embrapa Instrumentação que possui o objetivo de melhorar o sistema de disposição dos resíduos sólidos e esgoto rurais com o uso da Fossa Séptica Biodigestora.

Como o projeto prevê a avaliação da utilização do biofertilizante a longo prazo, várias culturas estão previstas para utilização nas parcelas. Assim, neste estudo foi considerado o solo sob cultivo de *Brachiaria* sp. (condição de solo inicial do experimento) e após o primeiro cultivo do projeto, o de milho (*Zea mays*).

O uso como biofertilizante auxilia na sustentabilidade de sistemas agrícolas, pois além de diminuir o potencial poluidor dos esgotos sanitários, alia melhor

qualidade de vida e saúde do agricultor com a reciclagem do efluente e a melhora da qualidade do solo. Considerando os efeitos na comunidade microbiana do solo, este estudo proporcionará um maior conhecimento dos benefícios do efluente como fertilizante.

2. Objetivos

2.1 Geral

Avaliar os efeitos do uso do efluente de Fossa Séptica Biodigestora como biofertilizante nos parâmetros microbiológicos indicativos da qualidade do solo.

2.2 Específicos

- a. Avaliar os efeitos da biofertilização sobre o metabolismo microbiano (respiração basal e atividade da enzima β -glucosidase).
- b. Avaliar os efeitos da biofertilização sobre a biomassa microbiana cultivável do solo (contagem de bactérias e fungos totais do solo).
- c. Comparar os efeitos da biofertilização com a fertilização mineral nos parâmetros microbiológicos do solo sob cultivo de milho (*Zea mays*)

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório de Referência Nacional de Agricultura de Precisão (LANAPRE), pertencente à Embrapa Instrumentação em São Carlos/SP.

3.1 Delineamento experimental

O sistema, ilustrado na Figura 1, é composto por quatro caixas plásticas de 7500 L conectadas exclusivamente ao vaso sanitário de três banheiros. As caixas

são tampadas, vedadas com borracha e unidas entre si por tubos e conexões e todo o sistema é enterrado no solo para aumentar o isolamento térmico. A primeira caixa é preenchida mensalmente com 10 L de uma mistura de 50% de água e 50% esterco bovino (fresco) para aumentar a atividade microbiana e, conseqüentemente, a eficiência da biodigestão. A estimativa de produção é de 6 a 7 mil litros de efluente/mês. Este efluente foi caracterizado físico, química e biologicamente antes de sua incorporação ao solo.

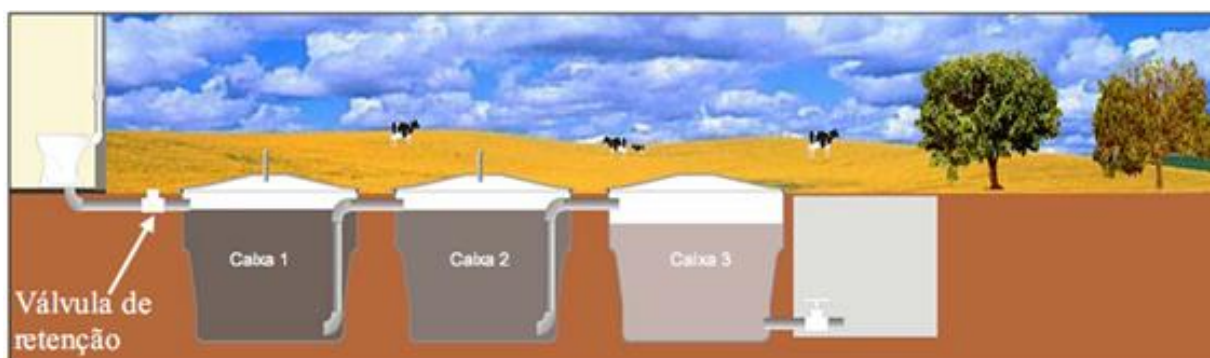


Figura 1. Esquema de Fossa Séptica Biodigestora. Fonte: Embrapa.

Para o experimento, o solo inicialmente coberto com *Brachiaria* sp. foi gradeado e homogeneizado. Foram delimitadas 12 parcelas na configuração de 4 linhas x 3 colunas, com 3 parcelas (5 x 10 m) para cada tratamento:

- Tratamento 01: aplicação de fertilizante químico comercial NPK (nitrogênio, fósforo e potássio);
- Tratamento 02: aplicação de efluente da Fossa* + PK (fósforo e potássio) químico comercial;
- Tratamento 03: aplicação de PK (fósforo e potássio) químico comercial;
- Tratamento 04: aplicação exclusiva de efluente da Fossa (volume equivalente para atingir a dose recomendada para a cultura do milho).
- Testemunha (condição inicial): solo coberto com *Brachiaria* sp. e não recebeu nenhum tratamento fertilizante.

Foram amostrados 6 pontos (0-10 cm) em ziguezague dentro de cada parcela (desconsiderando 1 metro da borda) com auxílio de um trado. O solo foi peneirado a

*Volume equivalente para atingir a dose recomendada de N.

4 mm e armazenado sob refrigeração (4 a 10°C) até o início das análises microbiológicas.

3.2 Análises microbiológicas

3.2.1 Contagem de bactérias e fungos totais

Realização de contagem de bactérias e fungos totais viáveis por meio de diluição seriada e plaqueamento por profundidade em meio de cultura adequado (MARTIN 1975; MARTIN 1950).

3.2.2 Determinação Respiração Basal

Incubação do solo por 7 dias, em frascos hermeticamente fechados com um septo para coleta de gás, seguido de quantificação do CO₂ acumulado por Cromatografia Gasosa (adaptado de ANDERSON, 1982).

3.2.3 Determinação Beta Glucosidase

Baseia-se na determinação colorimétrica do *p*-nitrofenol liberado pelas β -glucosidases do solo quando o solo é incubado com uma solução tamponada de *p*-nitrofenil- β -D-glucopiranosídeo (TABATABAI, 1994).

Após a realização do experimento e a coleta dos dados acerca dos parâmetros microbiológicos os resultados foram avaliados por meio de análise de variância simples (*One-way Analysis of Variance*, ANOVA), a fim de verificar se houve diferença estatística entre os tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado representativo das análises microbiológicas e químicas do efluente é apresentado na Tabela 1. Já é conhecida uma redução expressiva quanto à concentração de *Escherichia coli*, porém ainda não alcança um valor absoluto adequado para lançamento direto em corpos d'água (CONAMA, 2005). Este valor é

semelhante à condição de classificação de lodo de esgoto tipo A (CONAMA, 2006) e, assim como o lodo, a proposta de utilizar o efluente no solo como componente para adubação, proporciona um tratamento terciário do efluente, pela capacidade depurante que o solo possui (KUNZ et al., 2009). Apesar de não existir uma norma que trate do uso agrícola de efluente de esgoto tratado em irrigação ou fertilização de solo, consideramos a recomendação da Resolução Conama 375 (CONAMA, 2006) e do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Prosab) em que, dentre outras restrições, é proibida a utilização de qualquer classe de lodo de esgoto ou produto derivado em cultivo de culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo.

Tabela 1. Resultado da análise físico-química e biológica do efluente da Fossa Séptica Biodigestora.

| PARÂMETROS | RESULTADO |
|---------------------------|--|
| Coliformes totais | $2,8 \times 10^4$ UFC.100 mL ⁻¹ |
| <i>Escherichia coli</i> | 2×10^4 UFC.100 mL ⁻¹ |
| Fósforo total | 8,34 mg P.L ⁻¹ |
| Nitrogênio amoniacal | 149 mg N-NH ₃ .L ⁻¹ |
| Nitrogênio total Kjeldahl | 311 mg N.L ⁻¹ |
| Potássio | 95 mg K.L ⁻¹ |

Fonte: Laboratório de Saneamento EESC-USP

A Biomassa Microbiana Cultivável do solo, expressa em unidades formadoras de colônia (UFC) pode ser visualizada na Figura 2. Os parâmetros microbiológicos do solo avaliados por esse método não evidenciaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos e entre estes e a condição de solo sem cultura. Apesar disso, segundo Mattos (2015 apud PEPPER, 1996) a estimativa de abundância de microrganismos no solo coberto com vegetação original é de 10^8 UFC bactérias (g solo)⁻¹ valor acima do encontrado nesse estudo. Esse resultado mostra que a retirada de cobertura vegetal original e o manejo para introdução da cultura resultam em perda de abundância de microrganismos.

A respiração basal do solo é, também, um indicador da atividade microbiana e se refere à taxa de gás carbônico (CO_2) liberada pelas comunidades microbianas. Ela representa a soma de todas as funções metabólicas em que o CO_2 é produzido, que é, em sua maior parte, liberado por fungos e bactérias que degradam a matéria orgânica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Com relação à emissão de CO_2 , também não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) nos tratamentos (Figura 3).

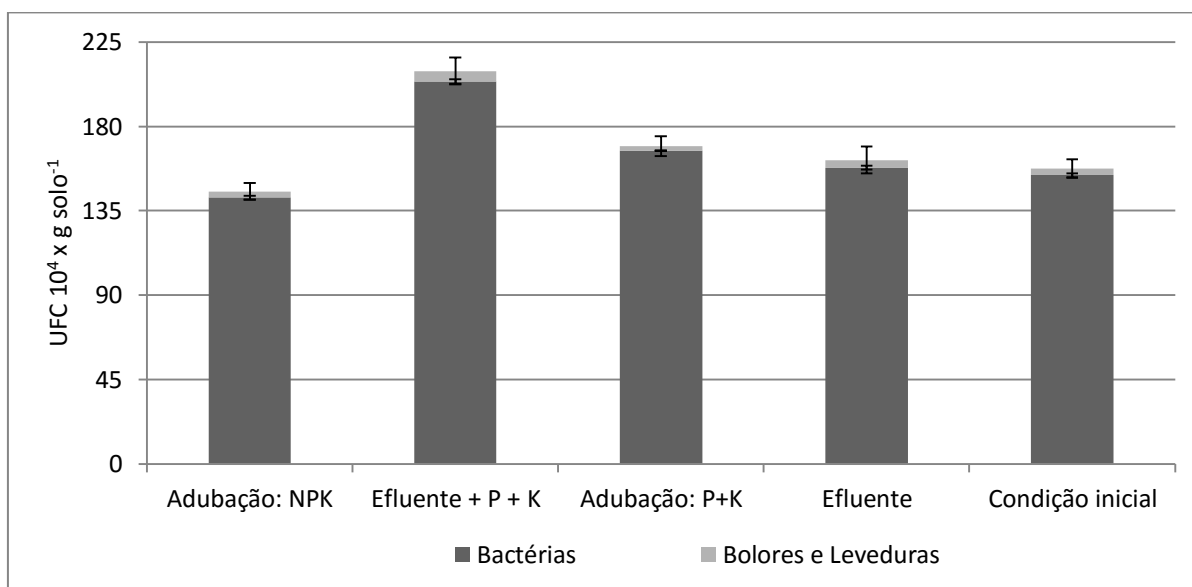


Figura 2. Biomassa microbiana cultivável de bactérias, bolores e leveduras, em solo fertilizado com efluente de FSB e sem fertilização (condição inicial), expressos em Unidades Formadoras de Colônias.

A respiração microbiana indica atividade biológica e decomposição dos resíduos orgânicos do solo (LOPES et al., 2013), de modo que resultados similares ou sem diferença significativa indicam que a atividade biológica do solo não foi influenciada pela implantação da cultura e tipo de fertilização utilizada entre os tratamentos. Considerando que taxas elevadas de respiração microbiana do solo podem indicar maiores perdas de C do solo (SILVA, et al., 2015), a similaridade entre os tratamentos permite dizer que a adição de efluente mantém o nível de atividade biológica do solo semelhante à condição antes da implantação da cultura.

Outros trabalhos em pastagens apontam que o uso de outros tipos de adubação orgânica, como os dejetos de suínos, também não influenciaram o a respiração do solo e o C presente na biomassa microbiana (SILVA et al., 2015) sendo mais influenciado pela época da coleta.

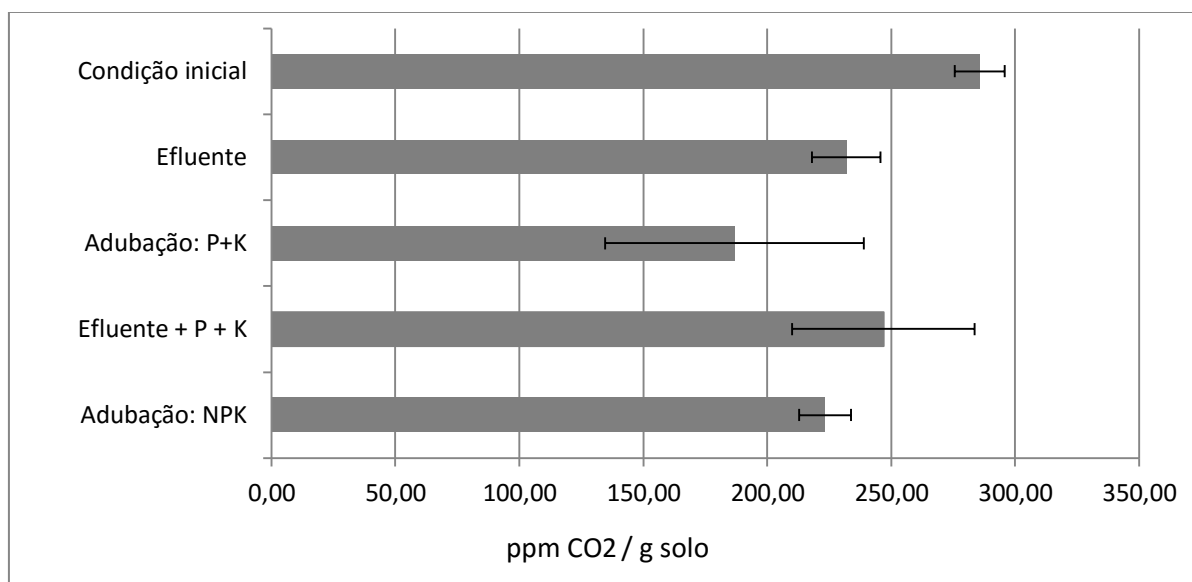


Figura 3. Atividade microbiana avaliada pela respiração basal (emissão de CO₂) em solo fertilizado com efluente de FSB e sem fertilização (condição inicial).

O metabolismo microbiano também pode ser avaliado pela medida da atividade enzimática do solo. Com relação à atividade da enzima β -glucosidase foi possível perceber que com a adição apenas do efluente os processos microbianos foram estimulados, pois o solo adubado com biofertilizante possui atividade semelhante ao solo sob condição inicial e é significativamente diferente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos (Figura 4).

A enzima β -glucosidase fornece informações sobre a decomposição do material orgânico adicionado ao solo e está envolvida nos processos finais de degradação da celulose, catalisando a clivagem da celobiose, liberando glicose e, conseqüentemente, regulando a oferta de uma fonte energética importante para os microrganismos, (LOPES et al., 2013). O aporte de matéria orgânica fornecido pelo efluente pode ter induzido uma maior atividade e explicaria a diferença dos demais tratamentos. Apesar da diferença observada com a β -glucosidase, a atividade de

uma única enzima não poder se usada para avaliar, de forma definitiva, a fertilidade e qualidade do solo. A avaliação de outras enzimas, como a urease poderá fornecer informações sobre a disponibilidade de nitrogênio para as plantas (MELO, 1988) e complementar a análise.

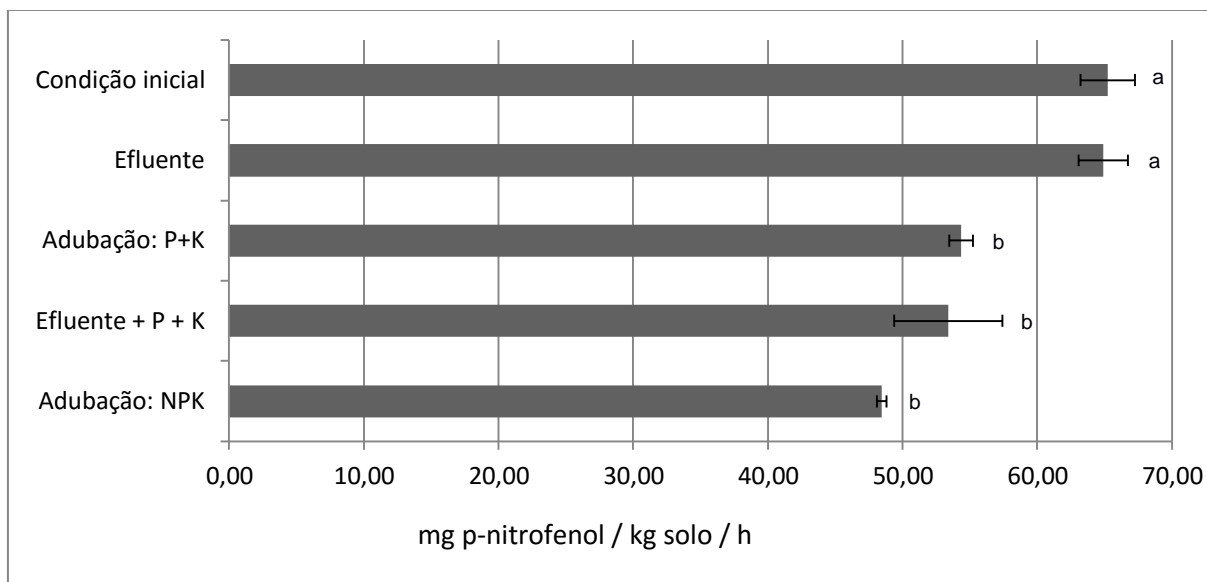


Figura 4. Atividade microbiana, avaliada pela atividade da enzima beta glucosidase, em solo fertilizado com efluente de FSB e sem fertilização (condição inicial).

A atividade enzimática dos organismos edáficos serve como indicador da qualidade do solo, da decomposição da matéria orgânica e da disponibilidade de nutrientes (SINSABAUGH et al., 2008), sendo que as enzimas presentes no solo provêm majoritariamente de processos microbianos relacionados aos ciclos biogeoquímicos dos elementos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Assim, a avaliação da atividade enzimática pode fornecer informações importantes sobre o andamento de um determinado processo no solo. Ao afetar os organismos do solo, a síntese de enzimas e até mesmo a atividade de enzimas já existentes é afetada pela alteração na configuração dos sítios ativos. Assim, a atividade enzimática se constitui uma forma de avaliar impactos, antes que outras propriedades sejam afetadas (REVOREDO, 2005). Essa avaliação, de certa forma precoce, possibilita maior

probabilidade de êxito na prevenção ou correção dos efeitos causados pela adição do efluente.

Trabalhos em longo prazo que utilizaram lodo de esgoto como fertilizante de cultura de cana não observaram efeitos da fertilização na atividade enzimática do solo (SILVA et al. 2015). Yaroshevich (1966 apud MELO 1988) examinou solos adubados durante 50 anos, verificando que o uso contínuo de adubo orgânico determinava aumento na atividade respiratória e enzimática do solo, enquanto que a adubação mineral equivalente levava a um efeito oposto.

Desconsiderando a comparação dos tratamentos com a condição inicial, a semelhança dos resultados entre os diferentes tipos de fertilização mostra que para a comunidade microbiana, o tipo de adubação não foi relevante. O uso de outros produtos do saneamento, como lodo de esgoto e outros adubos orgânicos, mostram ausência de efeitos negativos na comunidade microbiana do solo (BUENO et al., 2011; ANDRADE et al., 2015). Dessa forma, este resultado sugere que o biofertilizante pode ser utilizado como substituto da adubação química, pois além de manter as propriedades microbianas ele melhora a atividade enzimática, aproximando a condição do solo àquela ao início do experimento.

Esgotos sanitários representam uma fonte potencial de água e nutrientes, porém o manejo-chave se encontra no balanço adequado entre a demanda de água e de nutrientes das plantas, além da observação aos problemas potenciais de salinidade, sodicidade e toxicidade (BASTOS et al., 2005). Dessa forma, outros parâmetros da cultura como análise de nutrientes foliar e produção de grãos poderão auxiliar na tomada de decisão para a substituição da adubação química pelo efluente.

5. CONCLUSÃO

A semelhança dos resultados entre os tratamentos mostra que as diferentes formas de fertilização avaliadas e a implantação da cultura do milho não afetaram a comunidade microbiana com relação à taxa de respiração e biomassa microbiana cultivável. Porém, o uso exclusivo de efluente como fertilizante na cultura do milho

foi favorável para estimular a atividade enzimática da β -glucosidase indicando que o efluente, ao aportar uma quantidade de matéria orgânica, estimulou os processos de degradação favorecendo a microbiota do solo. Dessa forma, os resultados sugerem que o biofertilizante pode ser utilizado como substituto da adubação química, pois manteve as propriedades microbianas do solo.

Outros parâmetros da cultura como análise de nutrientes foliar e produção de grãos poderão auxiliar na tomada de decisão para a substituição da adubação química pelo efluente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. P. E. **Soil respiration**. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. *Methods of Soil Analysis: Chemical and Biological Properties*. Madison, Soil Science Society America, Part 2, p. 831-871, 1982.

ANDRADE, F. C.; ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F. A. O. **Soil microbial activity under wastewater treatment plant sludge doses from an industrial landfill**. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2015.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; SILVA, C. A. B.; DORNELAS, F. L.; ASSUNÇÃO, F. A. L.; RIOS, E. N.; SILVA, A. F. S.; FREITAS, A. S. E COSTA, G. S. **Tratamento de esgotos sanitários e usos múltiplos de efluentes**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, (Suplemento), p.164-170, 2005.

BUENO, J. R P.; BERTON, R. S.; SILVEIRA, A. P. D.; CHIBA, M. K.; ANDRADE, C. A.; MARIA I. C. Atributos químicos e microbiológicos de um latossolo tratado com aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.35, n 4, 2011.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357**: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de

efluentes, e dá outras providências - alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011, 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 375**: Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências - retificada pela Resolução 380/2009, 2006.

DA SILVA, W. T. L. Sistemas biológicos simplificados aplicados ao Saneamento Básico Rural. In: NAIME, J. M.; MATTOSO, L. H. C.; DA SILVA, W. T. L.; CRUVINEL, P. E.; MARTIN-NETO, L.; CRESTANA, S. (Org). **Conceitos e aplicações da instrumentação para o avanço da agricultura**. Brasília: EMBRAPA, p.177-210, 2014.

DORAN, J. W. Soil health and global sustainability: Translating science into practice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 88, n. 2, p. 119–127, 2002.

FAUSTINO, A. S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por Fossa Séptica Biodigestora e o Impacto do seu uso no solo**. 120p. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. O estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil - um retrato multidimensional, RELATÓRIO, 81p, 2014

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

LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; CHAER, G. M.; REIS JR, F. B.; GOEDERT, W. J.; MENDES, I. C. Interpretation of Soil Microbial Indicators as a Function of Crop Yield and Organic Carbon. **Soil Science Society American Journal**, v 77, 2013.

MARTIN, J. K. Comparison of agar media for counts of viable soil bacteria. **Soil Biology Biochemistry**, v 7, p. 401-402, 1975.

MARTIN, J. P. 1950. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. **Soil Science**, v 69, p. 215-232, 1950.

MARON, P. A.; MOUGEL, C.; RANJARD, L. Soil microbial diversity: Methodological strategy, spatial overview and functional interest. **Comptes rendus biologiques**, v. 334, n. 5-6, p. 403–11, 2011.

MATTOS, M. L. T. Microbiologia do Solo. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Org). **Recurso Solo: Propriedades e usos**. São Carlos: Editora Cubo, p. 250-272, 2015.

MELO, W. J. **Enzimas do solo**. In: MONIZ, A.C. (ed). A responsabilidade social da Ciência do Solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1988. p.365-378.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2a edição. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

MURRAY, A. RAY, I.. Wastewater for agriculture: A reuse-oriented planning model and its application in peri-urban China. **Water Research**, v. 44, p. 1667-1679, 2010.

NANNIPIERI, P.; ASCHER, J.; CECCHERINI, M. T.; LANDI, L.; PIETRAMELLARA, G.; RENELLA, G. Microbial diversity and soil functions. **European Journal of Soil Science**, v. 54, n. 4, p. 655–670, 2003.

NOVAES, A. P.; SIMOES, M. L.; INAMASU, R.Y.; JESUS, E.A.P.; MARTIN-NETO, L.; SANTIAGO, G.; DA SILVA, W. T. L. Saneamento Básico na Área Rural. In:

SPADOTTO, C.; RIBEIRO, W. (Org). **Gestão de Resíduos na agricultura e na agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2006, p. 262-275.

REVOREDO, M. D.; MELO, W. J. Enzyme activity and microbial biomass in an Oxisol amended with sewage sludge contaminated with nickel. **Scientia Agricola**, v.64, p.61-67, 2007.

SILVA, D. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S.; SILVEIRA, A. O.; SILVA, D. A. A.; RACHE, M. M.; PASSOS, V. H. G.; SILVA, B. R. Indicadores microbiológicos de solo em pastagem com aplicação sucessiva de dejetos de suíno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 1585-1594, 2015.

SILVEIRA, A. O. **Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2007. 94p.

SINSABAUGH, R. L.; LAUBER, C. L.; WEINTRAUB, M. N.; AHMED, B.; ALLISON, S. D.; CRENSHAW, C.; CONTOSTA, A. R.; CUSACK, D.; FREY, S.; GALLO, M. E.; GARTNER, T. B.; HOBBIE, S. E.; HOLLAND, K.; KEELER, B. L.; POWERS, J. S.; STURSOVA, M.; TAKACS-VESBACH, C.; WALDROP, M. P.; WALLENSTEIN, M. D.; ZAK, D. R.; ZEGLIN, L. H. Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale. **Ecology Letters**, v. 11, n. 11, p. 1252–1264, 2008.

TABATABAI, M. A. **Soil enzymes**. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, J R.; BOTTOMLEY, P. S. (eds). *Methods of soil analysis: Microbiological and biochemical properties*. Madison, Soil Science Society America, Part 2, p.775-833, 1994.

ZABALOY, M. C.; GÓMEZ, E.; GARLAND, J. L.; GÓMEZ, M. A. Assessment of microbial community function and structure in soil microcosms exposed to glyphosate. **Applied Soil Ecology**, v. 61, p. 333–339, 2012.