

RELATO DE EXPERIÊNCIA TÉCNICA

Estudos de parâmetros do solo para a avaliação da eficiência de uma Bacia de Evapotranspiração na suinocultura

Chaves, R.H.M¹; Neves, J.E.G²; Montenegro, M.A.P.³

^{1,2} Instituto Federal de Brasília – Campus Planaltina,

³ Instituto Federal de Brasília – Campus Samambaia

¹raissahorranac@gmail.com.br

²julia.neves@ifb.edu.br

³martha.montenegro@ifb.edu.br

Resumo

A crescente demanda por carne suína tem gerado impactos econômicos positivos, por isso é necessário considerar os impactos ambientais gerados por essa atividade. A principal causa de poluição na suinocultura é o descarte do esterco diretamente nos mananciais de água e no solo sem o devido tratamento. Esse manejo incorreto dos dejetos acarreta desequilíbrios ecológicos como a contaminação do lençol freático, disseminação de patógenos, contaminação das águas potáveis, do solo e do ar. A bacia de evapotranspiração (BET) é uma das possíveis soluções para essa problemática pois é uma tecnologia utilizada no tratamento de esgoto em comunidades rurais e outras áreas isoladas e que tem demonstrado um bom desempenho no tratamento dos resíduos. O objetivo deste trabalho foi estudar parâmetros de avaliação da qualidade da eficiência da BET construída na Unidade de Experimento e Produção de Suínos (UEP – Suínos) do Instituto Federal de Brasília (IFB), Campus Planaltina, realizando análise quali-quantitativa biológica do seu desempenho por meio da análise de solo coletado na camada superior da BET. O solo apresentou contaminação por bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes, indicando que a aplicação dos dejetos líquidos dos suínos pode estar ocasionando o aumento dos mesmos nas camadas do solo do sistema, especialmente em períodos após as aplicações. As análises mostraram ser possível utilizar o solo da BET para monitorar alguns parâmetros de eficiência do sistema no tratamento por percolação. Porém devido a adaptação de ensaios e implementação de outros métodos no Laboratório de Saneamento do IFB, Campus Samambaia, novos testes deverão ser realizados para confirmar os parâmetros e, acompanhar a povoação dos microrganismos (bactérias heterotróficas e fungos) do solo e a variação de matéria orgânica e a densidade em número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes. Os primeiros ensaios mostraram que é possível usar os ensaios microbiológicos do solo como forma de monitoramento da eficiência no tratamento dos dejetos de suínos pela BET, e ao mesmo tempo, verificar a variação e

diversidade de microrganismos como forma de acompanhamento da melhoria ou degradação do solo no sistema.

Palavras-Chave: Tratamento de dejetos; Impacto ambiental; Saneamento; Tecnologia social; Monitoramento.

Keywords: Waste treatment; Environmental impact; Sanitation; Social technology; Monitoring.

Abstract

The growing demand for pork meat has generated positive impacts economically but it is necessary to consider the environmental problems caused by this activity. The main causes of pollution in pig farming are the disposal without proper treatment of manure directly into water sources and soil. This incorrect handling of manure leads to ecological imbalances such as groundwater contamination, dissemination of pathogens as well as contamination of drinking water, soil, and air. The evapotranspiration basin (ETB) is one of the possible solutions to this problem because it is a technology used in sewage treatment in rural communities and other isolated areas. The ETB also has shown a good performance in waste treatment. This research intends to study parameters to evaluate the quality of the efficiency of the ETB built in the Unidade de Experimento e Produção de Suínos (UEP - Suínos) of the Instituto Federal de Brasília (IFB) - Campus Planaltina by performing a qualitative and quantitative analysis of its performance through soil analysis collected in the upper layer of the ETB. The soil presented contamination by bacteria of the total and thermotolerant coliform group. This indicates that the application of liquid swine manure may be causing the increase of contamination of the soil layers of the system, especially in periods soon after the applications. The analysis shows that it is possible to use the ETB soil to monitor the efficiency parameters of the system in percolation treatment. Due to the adaptation of tests and implementation of others in the Laboratório de Saneamento of the IFB - Campus Samambaia, however, new tests should be performed to confirm the parameters and monitor the repopulation of microorganisms (heterotrophic bacteria and fungi) of the degraded soil and the variation of organic matter, as well as the density in most probable number (MPN) of total and thermotolerant coliforms. The first tests showed that it is possible to use soil microbiological tests as a way to monitor the efficiency in the treatment of swine manure by ETB and at the same time verify the variation and diversity of microorganisms as a way to monitor the improvement or degradation of the soil in the system.

Contexto

A crescente demanda por carne suína no mercado interno e externo é um fator positivo para o Brasil economicamente, porém tem gerado encargos ambientais que comprometem a qualidade e disponibilidade dos recursos naturais (LIMA et al, 2017).

Segundo o relatório da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2022) o Brasil ocupa o quarto lugar no Ranking de maiores produtores, com cerca de 4 milhões de toneladas produzidas em 2021, ficando atrás da China, com 48 milhões, da União Europeia, com 24 milhões e dos Estados Unidos que produziu 12 milhões de toneladas.

Diante da alta demanda e conseqüente aumento da produção, não se deve atentar apenas para o aspecto econômico, mas também socioambiental, pois os resíduos gerados pela criação suinícola acarretam inúmeros impactos ambientais.

No sentido de produção a cadeia produtiva suinícola no Brasil é caracterizada por sistemas intensivos, e umas dessas características é a alta concentração de animais em pequenas áreas, ocorrendo o aumento do volume de dejetos e concentração excessiva de nutrientes presentes nessas pequenas extensões de terra podendo comprometer a qualidade do solo (ARAÚJO et al., 2016 & LIMA et al., 2017).

Os dejetos aplicados diretamente no solo como insumo agrícola pode se tornar fonte de poluição ambiental com altas cargas de nitrato, Cobre (Cu), Zinco (Zn), Manganês (Mg), inclusive de medicamentos como antibióticos, produtos sanitários: acaricidas, germicidas e microrganismos fecais patogênicos, advindos da sua composição química principalmente se depositados na mesma área de forma indiscriminada e por longos períodos (MORINO., 2021 & MACHADO., 2008).

A expansão da suinocultura também tem gerado conseqüências graves em relação a poluição hídrica produzindo alta carga orgânica e presença de coliformes fecais provenientes dos dejetos desses animais, que somado aos problemas de resíduos domésticos e industriais, tem causado sérios problemas ecológicos (CARDOSO et al, 2015).

Segundo Konzen (1998) e Diesel, Miranda e Perdomo (2002), os dejetos suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros, água de higienização, resíduos de ração, pêlos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo de criação dos suínos.

Embora se tenha diversas formas de tratar os dejetos desses animais para diminuir os impactos, os tipos de tratamentos convencionais ainda não são capazes de resolver o problema da contaminação do solo e dos mananciais superficiais e subterrâneos, como mostra o estudo de Silva et al. (2015) que após analisar os tipos de tratamentos de dejetos suínos verificou que ainda não existe uma tecnologia totalmente eficaz, possuindo vantagens e desvantagens em todos os tipos de tratamentos avaliados.

Nesse contexto, a agroecologia tem permitido estruturar pesquisas com a perspectiva de criar tecnologias socioambientais, principalmente para as áreas rurais, a partir da compreensão da natureza dos agroecossistemas bem como dos princípios dos quais ela funciona (ALTIERRE, 2004).

A bacia de evapotranspiração (BET) é uma das possíveis soluções para o tratamento de esgoto em comunidades rurais e áreas mais isoladas, principalmente de agricultores familiares que tem a suinocultura como atividade econômica, mas possuem poucas possibilidades de tratar os seus resíduos de forma eficiente e que se determinada sua eficácia pode também ser uma alternativa no tratamento dos dejetos desses animais.

Esse sistema é utilizado principalmente na permacultura para o tratamento de águas negras (águas dos vasos sanitários) em residências das propriedades rurais, se destacando por aliar plantas com grande potencial de evapotranspiração ao tratamento biológico realizado por bactérias anaeróbias, produzindo pouca quantidade de lodo e gerando pouco ou nenhum efluente final (FIGUEIREDO, 2019). Dessa forma, é possível o aproveitamento da água e de grande parte dos nutrientes contidos no esgoto doméstico pelas plantas do sistema, sem necessidade de pós-tratamento ou de contato direto dos usuários com o efluente, o que pode ser um tipo de tratamento viável para a suinocultura.

A BET (figura 1) é formada por uma caixa de alvenaria impermeabilizada, com uma estrutura interna em forma de câmara, cujo exterior é preenchido por materiais filtrantes diversos (FUNASA, 2015). O efluente entra no sistema pela

câmara localizada na parte inferior do tanque, permeando, em seguida, as camadas de material filtrante, onde ocorre a digestão anaeróbia. Com o aumento do volume de esgoto, o efluente em processo de tratamento passa a preencher também as camadas superiores até atingir a areia e o solo através da qual se move por ascensão capilar até a superfície onde espécies vegetais selecionadas são plantadas. Por meio da evapotranspiração, a água é eliminada do sistema, enquanto os nutrientes são incorporados à biomassa dos vegetais (GALBIATI, 2009).

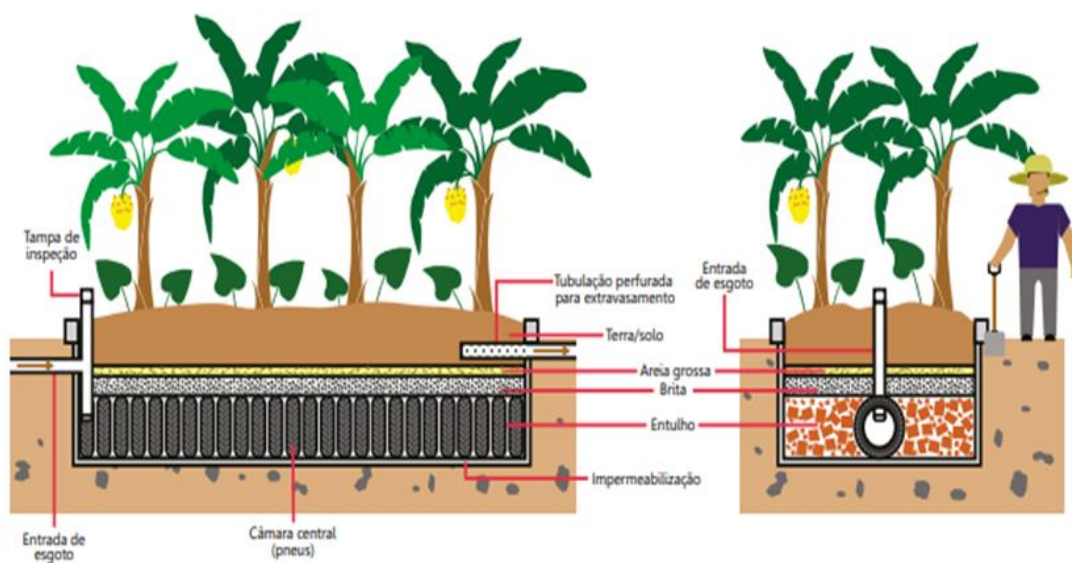


Figura 1 - Esquema de uma bacia de evapotranspiração. Fonte: TONETTI et al. (2018).

Apesar de estar sendo implantado há quase 20 anos no Brasil e de estar ganhando cada vez mais visibilidade e notoriedade, existem poucos trabalhos científicos sobre a BET e seu monitoramento (GALBIATI, 2009) bem como seu uso na suinocultura.

De acordo com Konzen (2005) a utilização dos dejetos de suínos pode alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Os indicadores biológicos, são constituintes vivos, presentes na parte superior do solo e são representados por uma grande diversidade de espécies, as quais desempenham inúmeras e complexas funções no solo e devido a sua ampla funcionalidade e sensibilidade é possível detectar alterações decorrentes do manejo do solo (SILVA et al, 2021).

Para aprofundar o conhecimento sobre essa tecnologia e validá-la como uma opção viável para o saneamento rural no Brasil e considerando que a presença de bactérias do grupo coliformes é um indicador da presença de microrganismos patogênicos (Souza et al, 2017) e que o despejo de resíduos da suinocultura pode ser um dos meios de contaminação de efluentes hídricos e do solo, a presente pesquisa teve por objetivo estudar parâmetros do solo para avaliação da eficiência da Bacia de Evapotranspiração (BET) no tratamento dos dejetos de suínos construída na UEP – Suínos (Unidade de Experimento e Produção) do Instituto Federal de Brasília (IFB) - Campus Planaltina, realizando uma análise quali-quantitativa do seu desempenho por meio da análise de solo coletado na camada superior da BET.

Descrição da Experiência

O sistema de tratamento BET foi construído no ano de 2020, no Instituto Federal de Brasília (IFB) – Campus Planaltina, com o apoio do projeto PIBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) e da FAP-DF (Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal), professores do Instituto e colaboradores estudantes do curso superior de Agroecologia com o objetivo de tratar os dejetos de suínos na UEP- Suínos, com capacidade para receber 10 matrizes e suas leitegadas.

Essa capacidade foi determinada segundo a média de produção diária de dejetos suínos, que é por volta de 5 a 7 L de esterco por dia para suínos em terminação e 27 L para porcas em lactação com leitões (Brasil 1998).

Considerando a média de produção diária de esterco, a BET foi construída com as medidas de 32m²/4x8 de área e 1,20 de profundidade, com dimensão total de 38m³.

Para o monitoramento da BET, foi definido como parâmetros das amostras analisadas do solo: ensaios microbiológicos de coliformes totais e termotolerantes; bactérias heterotróficas e fungos; além da umidade e do conteúdo de matéria orgânica do solo. Tal monitoramento ocorreu nos períodos de julho de 2021 a agosto de 2022, em 4 momentos distintos.

As amostras foram coletadas nas profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 60 cm, correspondendo aos respectivos perfis: A, B e C. Foram coletadas 3 amostras para cada perfil de solo (amostra composta), dentro da área da BET e próximos à área central onde se encontra o cano e os pneus, colocadas e misturadas em sacos plásticos limpos, de acordo com o perfil retirado, por meio de trado manual e encaminhadas ao Laboratório de Saneamento Ambiental do IFB, *Campus* Samambaia.

As amostras foram acondicionadas em geladeira e utilizadas para os ensaios em período inferior a 24 horas. Foram realizadas 4 amostragens do solo nos períodos de julho de 2021 a agosto de 2022.

No Laboratório, as amostras foram homogeneizadas, por perfil, em bacias plásticas higienizadas com álcool 70% e espátulas estéreis. A partir da amostra homogeneizada foram realizados os ensaios de Caracterização do Solo,

Contagem de Microrganismos (Fungos e Bactérias Heterotróficas) e, Determinação do NMP de Coliformes Totais e Termotolerantes.

Caracterização do solo

Para a caracterização do solo foram realizados ensaios de umidade, massa seca, sólidos voláteis e sólidos fixos, adaptada a Norma Técnica Interna SABESP NTS 013/1999 (SÃO PAULO, 1999).

De cada perfil do solo, foram utilizadas 3 porções de solo de aproximadamente 25 gramas, para os ensaios de umidade, massa seca, sólidos voláteis e fixos (SÃO PAULO, 1999). Os resultados apresentados foram obtidos a partir das médias dos valores encontrados.

Ensaio microbiológicos

Os ensaios microbiológicos do solo foram realizados a partir da adaptação da metodologia apresentada na Instrução Normativa MAPA nº 30/2018 (BRASIL, 2018) e anexos da Instrução Normativa MAPA nº 62/2003 (BRASIL, 2003)

Para extração dos microrganismos da amostra do solo, utilizou-se água peptonada 1%. Para a primeira diluição foi pesado 25 g de solo e acrescentado 225 mL de água peptonada estéril, com agitador magnético também estéril. A amostra assim diluída (10^{-1} ou 0,1 g de solo por mL) foi colocada em agitador magnético por 15 minutos e depois procedeu-se às demais diluições decimais, até a obtenção da diluição 10^{-4} (figura) .

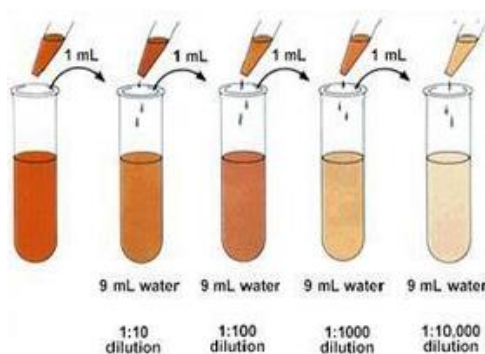


Figura 2. Diluição das amostras Fonte: Martha Montenegro

Contagem Microrganismos

A contagem de microrganismos foi realizada pelo método da semeadura em superfície. Metodologia adaptada do livro *Guia Prático de Biologia do Solo* Dionísio et al (2016).

De cada uma das diluições da amostra, foram transferidas alíquotas que variaram de 0,3 a 1,0 mL para as placas contendo meio de cultivo: Ágar Nutriente para verificação predominante de bactérias heterotróficas e Ágar Sabouraud para verificação de fungos predominantemente.

Foram feitas de duas a três placas por diluição para cada um dos tipos de Ágar utilizado: Ágar Nutriente (Bactérias Heterotróficas) e Ágar Sabouraud (Fungos). As placas foram incubadas invertidas a temperatura ambiente por uma semana. Após esse período, foram selecionadas e contadas as placas de Petri com as diluições entre 25 e 250 (UFC) colônias isoladas.

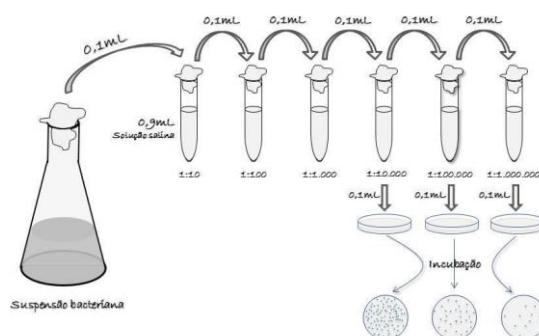


Figura 3. Esquema de diluição das amostras nas placas de ágar. Fonte: Martha Montenegro

Coliformes Totais e Termotolerantes

Como indicador de contaminação fecal no solo, foi realizado ensaios de Coliformes Totais e Termotolerantes pelo método dos tubos múltiplos e interpretação dos resultados pela Tabela do NMP por grama de solo (NMP/g), segundo as orientações da IN 62/2003 - MAPA (BRASIL, 2003) e NT L5.202 - Cetesb (SÃO PAULO, 2018)

Utilizou-se as mesmas diluições para o plaqueamento das amostras do Perfil do Solo A, B e C, até a diluição 10^{-4} .

Resultados

O sistema de tratamento foi implantado no ano de 2020, após entrar em operação ocorreram problemas como a falta de suínos devido a pandemia de COVID-19 não podendo atingir seu potencial de tratamento e enchimento por não haver quantidade suficiente de animais. Além disso, cabras invadiram o sistema diversas vezes no decorrer do uso destruindo as plantas que haviam na camada superior da BET, comprometendo o tratamento, além de terem defecado na camada superficial, mesmo com a instalação de cerca, o que pode ter comprometido o resultado das análises (figura 4).



Figura 4. Sistema BET no início da implantação (figura A) e invadido por cabras (figura B). Fonte: Autora

Monitoramento do Solo da Bacia Evapotranspiração

Na tabela 1 é exposto os tipos de ensaios realizados por perfil do solo (A, B e C) com suas respectivas datas.

Tabela 1. Ensaios realizados por perfil do solo

Amostra / Perfil		13/07/21	08/12/21	11/05/22	02/08/22
Caracterização	A	+	+	+	+

Solo	B	+	+	+	+
	C	+	+	-	+
NMP de Coliformes	A	+	+	+	-
	B	+	+	+	+
	C	+	+	-	+
Contagem de Microorganismos	A	+	-	-	+
	B	+	-	-	+
	C	+	-	-	+

+: ensaios realizados

- : ensaios sem resultados e/ou não realizados.

Caracterização do solo

A umidade do solo (figura 5) no sistema está relacionada com o período do ano e os ensaios estavam condizentes com essas condições.

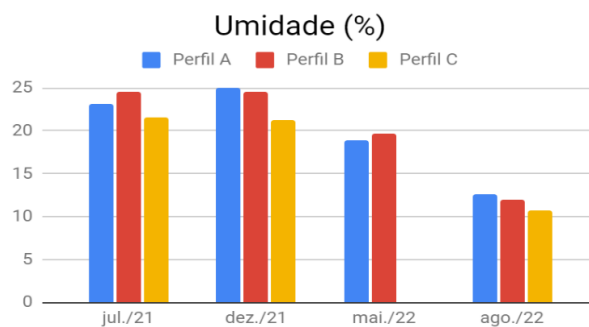


Figura 5 Fonte: Martha Montenegro.

Considerando a umidade de todos os perfis em todas as coletas, a figura 5 demonstra pouca variação nas duas primeiras coletas (23% a 24%), apesar do primeiro ensaio ter sido feito em período seco do ano. Nas duas últimas coletas houve uma variação maior, cerca de 19% a 12%, mas condizente com o período seco do ano, que em Brasília vai de maio a setembro.

Em relação a matéria orgânica (sólidos voláteis) houve pouca mudança (figura 6), ou seja, não ocorreu nenhum acréscimo significativo de matéria orgânica em nenhum dos pontos coletados. É importante ressaltar que isso se deve a época que o sistema foi implantado; em plena pandemia se reduziu o número de animais e a BET passou a ser alimentada por um animal, sendo que o sistema foi construído para tratar os resíduos de 10 matrizes e suas leitegadas, ou seja, não foi utilizado sua capacidade máxima. Se houve um efluente este ficou confinado e não foi possível verificar um aumento da matéria orgânica.

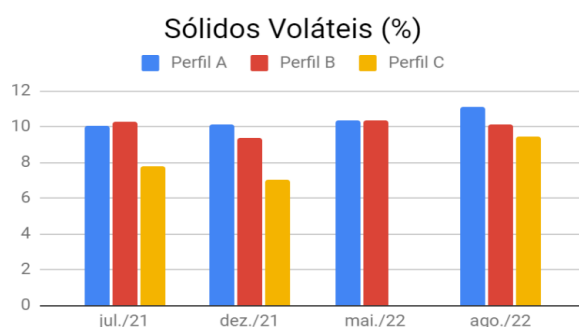


Figura 6: Sólidos voláteis obtidos nas diferentes profundidades de solo: Perfil A (0 – 20 cm), perfil B (20-40 cm) e perfil C (40 -60 cm) Fonte:

A média de sólidos voláteis (matéria orgânica) quando considerado todos os perfis e suas respectivas coletas demonstrou haver pouca variação: 10% a 11%. Contudo a variação da matéria orgânica no Perfil C, parece ser mais significativa, aumentando de 7% a 9,4%. Essa variação maior pode estar relacionada com o aumento da matéria orgânica na camada inferior da BET em contato com a camada mais próxima à câmara de digestão anaeróbica.

Em termos de medidas de densidade de coliformes totais no solo da BET, os dados obtidos mostraram algumas inconsistências que podem ser interpretadas como problemas no preparo dos meios e utilização dos reagentes utilizados, assim como nas diferenças de experiência dos envolvidos na execução dos ensaios. Contudo, o aumento expressivo dos resultados obtidos para os coliformes totais, na segunda coleta, é condizente com o aumento dos coliformes termotolerantes para a mesma coleta (figura 7).

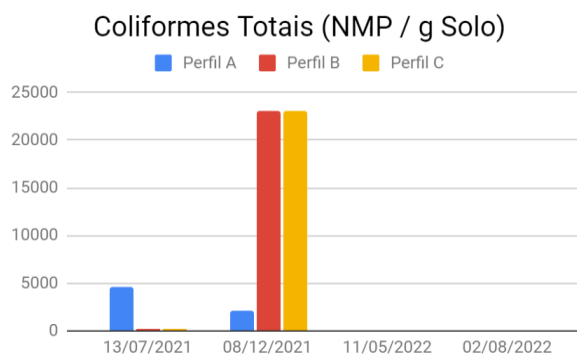


Figura 7: Número de coliformes Totais obtidos nas diferentes profundidades de solo: Perfil A (0 – 20 cm), perfil B (20-40 cm) e perfil C (40 -60 cm). Fonte: Martha Montenegro

As bactérias do grupo coliformes totais no período da segunda coleta é mais expressiva nas camadas B e C, o que pode indicar a contaminação de forma ascendente por parte dos dejetos.

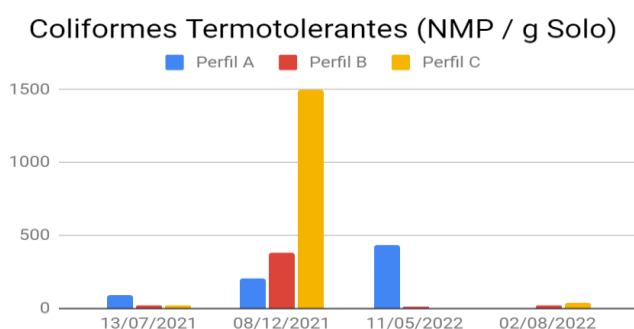


Figura 8: Número de coliformes termotolerantes obtidos nas diferentes profundidades de solo: Perfil A (0 – 20 cm), perfil B (20-40 cm) e perfil C (40 -60 cm) Fonte: Martha Montenegro

As bactérias do grupo coliformes termotolerantes (figura 8) também foram mais expressivas na segunda coleta no qual o perfil C apresenta a maior densidade termotolerantes, indicando que os dejetos podem estar contaminando a camada de 40-60 (perfil C), mas diminui no perfil B (20-40) e é bem reduzida na camada mais superficial, Perfil A (0-20). Isso pode nos mostrar que o sistema está realizando sua função de tratamento ascendente. Na terceira coleta houve uma quantidade expressiva somente no perfil A, o que podemos relacionar com a invasão das cabras no local, que aumenta a cada coleta. É importante ressaltar que ajustes precisam ser feitos em relação a metodologia de coleta das amostras, bem como o uso de reagentes e a manipulação das amostras no

laboratório. Sendo preferível coletar e levar diretamente para o laboratório para realização dos ensaios.

Quanto as análises do solo para verificar a riqueza e diversidade microbiana: bactérias heterotróficas e fungos, foi possível apenas cultivar os microrganismos do solo nos ensaios da primeira e última coleta, obtendo-se valores muito discrepantes entre si. Por outro lado, os valores mostraram sempre uma densidade muito maior de bactérias heterotróficas do que de fungos, o que pode estar correlacionado com o tipo de solo e sua condição atual condição. O solo usado para formar a BET é provindo de solo de empréstimo de outra área que ficou exposta ao sol, possuindo uma baixa concentração de matéria orgânica. Somente com o decorrer do uso da BET é que será possível monitorar e averiguar a povoação microbiana e as diferenças na densidade e diversidade dos grupos envolvidos no processo.

Os parâmetros utilizados para os ensaios com o solo demonstraram ser fáceis de serem reproduzidos, de fácil acesso e monitoramento, e podem ser utilizados para avaliar de forma mais rotineira o sistema oferecendo um histórico de dados e possibilitando o estabelecimento de um protocolo de monitoramento de baixo custo para agricultores.

Os ensaios são os primeiros passos para estabelecer um parâmetro de monitoramento que possa demonstrar a eficiência do sistema no tratamento de dejetos de suínos.

Os parâmetros utilizados estão relacionados com o resíduo, matéria orgânica do solo, bem como o crescimento microbiano no solo em geral. É importante que a matéria orgânica seja biodegradada e que os nutrientes do resíduo enriqueçam o solo para que as plantas na BET cresçam e sirvam posteriormente de alimento para os porcos. Esse processo de retirada dos nutrientes do solo por meio das plantas por evapotranspiração, avaliando os parâmetros do solo, do crescimento microbiano, dos fungos são importantes na cadeia trófica do solo, além dos coliformes como parâmetros de controle, o que fecha um ciclo de reciclagem e reutilização dos resíduos na suinocultura.

Tais parâmetros se justificam como método de controle em termos de tratamento e os resultados nos gráficos são valores que podem ser utilizados como referência do início do funcionamento da BET. Os ensaios não trouxeram resultados que mostrassem relação suficiente com a eficiência do sistema devido aos problemas ocorridos em laboratório e na coleta e pela falta de repetições dos ensaios. mas demonstraram a possibilidade de serem utilizados para verificar a evolução e o funcionamento do sistema.

Por terem sido feitos ensaios iniciais no qual se adaptou uma metodologia em laboratório pelo fato de normalmente ser realizados ensaios com a água, os resultados indicam a possibilidade de uso como protocolo de monitoramento do sistema de forma a avaliar sua evolução no decorrer do tempo.

Apesar de alguns resultados inconsistentes, os ensaios realizados demonstram que as metodologias utilizadas possuem potencial para serem utilizadas como parâmetros de monitoramento da BET em termos de eficiência, uma vez que pôde ser medida a variação de população microbiana, a densidade de coliformes o teor de matéria orgânica e a umidade do solo. Por esse motivo é possível de serem utilizados como parâmetros de controle e podem ser utilizados de forma regular durante o funcionamento do sistema para que se possa ir verificando os resultados.

O monitoramento do sistema por meio desses ensaios nos laboratórios dos *campi* do IFB possibilita o fortalecimento dentro do instituto, abrindo possibilidades de conexões, tornando-se uma possibilidade de uso dos métodos estudados na avaliação de sistemas alternativos de tratamento agroecológico. Tal procedimento pode ser usado tanto para a avaliação da eficiência do sistema de tratamento, como também para avaliação financeira (custo/benefício), sendo tais aspectos pioneiros no Instituto Federal de Brasília (IFB) e podem ser utilizados como parâmetros de avaliação para implementação de novos sistemas.

O método construtivo da BET se apresenta como uma alternativa aos tratamentos convencionais da suinocultura, se mostrando mais vantajosa por ser de baixo custo, fácil construção, manejo, manutenção e sem produção de efluente final, eliminando a contaminação, e ainda possibilitando a produção de

alimentos.

Os ensaios utilizando o solo da BET indicaram potencial em termos de monitoramento do sistema de tratamento, podendo ser utilizados para avaliar a qualidade e segurança do sistema.

As análises dos parâmetros físicos do solo, como o conteúdo de matéria orgânica presente no sistema apontou para um aumento deste parâmetro no perfil mais profundo (Perfil C), mostrando haver um enriquecimento do solo a partir do efluente tratado de forma ascendente, indicando que o processo de tratamento da BET está ocorrendo.

Agradecimentos

Agradecemos à FAP-DF e ao CNPq pelas bolsas de pesquisa concedidas, às professoras Julia Eumira e Martha Montenegro pelo auxílio na pesquisa. Também aos colegas do curso Superior de Agroecologia pelo apoio em todas as etapas dos estudos.

Referências bibliográficas

ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal**. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>. Acesso: agosto de 2022.

ALTIERRE, M. **Agroecologia: A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4ªed, Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. Acesso: maio de 2021

ARAÚJO, N.S; MONTENEGRO, R.C; MARANGUAPE, J.S. **Uso de tecnologias no tratamento de dejetos de suínos para redução dos impactos ambientais**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande/PB. ano-2016. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/XI-035.pdf>. Acesso: maio de 2021

BRASIL, 2003. MAPA–Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 62**, de 26 de agosto de 2003. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-62-de-26-08-2003,665.html> . Acesso em: agosto de 2009.

BRASIL, 2018. MAPA–Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 30**, de 26 de junho de 2018, indexado ao International Standard Book Number (ISBN) sob o número 978-85-7991-111-8, disponível no sítio eletrônico do MAPA. Acesso: junho de 2021

CARDOSO, B.; OYAMADA, G.; SILVA, C. Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. **Desenvolvimento em Questão**, v. 13, n. 32, p. 127-145, 16 abr. 2015. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/3159> .Acesso: junho de 2021

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Porto Alegre: Embrapa Suínos e Aves, 2002. Disponível em: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers14.pdf>. Acesso: maio de 2021.

DIONÍSIO, J.A. et al., 2016. **Guia Prático de Biologia do Solo**. Disponível em: http://www.dsea.ufpr.br/publicacoes/guia_pratico_biologia_solo.pdf Acessado em 15/05/2018

FIGUEIREDO, I.C.S; BARBOSA, A.C; MIYAZAKI, C.K; SCHENEIDER, J; COASACA, R. L; MAGALHÃES, T.M; TONETTI, A.L. **Bacia de Evapotranspiração (BET): uma forma segura e ecológica de tratar o esgoto do vaso sanitário**. Artigos Técnicos. Revista DAE, nº220, Vol.67. São Paulo. Edição especial. Nov de 2019. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_220_n_1822.pdf. Acesso: agosto de 2021.

FUNASA - **Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. Manual de Saneamento.** Brasília, 4 ed., 2015. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/506>. Acesso: maio de 2021.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração.** Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2009. Disponível em: <https://fazenda.paginas.ufsc.br/files/2017/02/2009-GALBIATTI-Tratamentode-aguas-negras-por-tanque-de-evapotranspiracao.pdf>. Acesso: maio de 2020.

KONZEN, E. A. et al. **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho.** 2. ed. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1998. 31 p. (Circular técnica, 25). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/476453/1/Dejetossuinos.pdf>. Acesso: junho de 2021.

KONZEN. **Dejetos de suínos fermentados em biodigestores e seu impacto ambiental com insumo agrícola.** VII Simpósio Goiano de Avicultura e 11 Simpósio Goiano de Suinocultura - Avesui Centro-Oeste Seminários Técnicos de Suinocultura. Ano 2005. Disponível em: file:///C:/Users/Dell%20Inspiron/Desktop/Arquivos%20Salvos/Desktop/Arquivos%20Salvos/Desktop/Pr%C3%A9-TCC/Dejetossuinos%20ler%20novametne.pdf. Acesso: agosto de 2021.

LIMA, et al. **Impactos ambientais dos resíduos da suinocultura industrial e alternativas de tratamento.** Colloquium Agrariae, vol. 13, n. Especial 2, Jan-Jun, 2017, p. 235-253. ISSN: 1809-8215. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328244657_IMPACTOS_AMBIENTAIS_DOS_RESIDUOS_DA_SUINOCULTURA_INDUSTRIAL_E_ALTERNATIVAS_DE_TRATAMENTO. Acesso: junho de 2021

MACHADO, G E SONEGATTI, O. **Consequências ambientais relacionadas à suinocultura no município de Dois Vizinhos.** Caderno Prudentino de Geografia – número 30 – p.132-160. Ano: 2008. Disponível em: <http://revista.fct.unesp.br> Acesso: maio de 2021.

MORINO, C.C. Aplicação de dejetos no solo como insumo agronomico e seus impactos ambientais. Monografia. São Paulo. Ano-2021. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2021/08/Camila-Canesi-Morino_TCC-T2-2021-versao-final.pdf. Acesso: maio de 2021

SÃO PAULO, 2018. **CETESB - Norma técnica. Coliformes totais, coliformes termotolerantes e escherichia coli - Determinação pela técnica de tubos múltiplos.** L 5.202. 5ªed. Jan-2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp->

[content/uploads/2018/01/Para-enviar-ao-PCSM -NTC-L5.202 5%C2%AAed-dez.-2018.pdf](#). Acesso: junho de 2021

SÃO PAULO, 1999. **Norma Técnica Interna SABESP NTS 013** Revisão 1 - NTS 013: 1999. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>
Acessado em maio de 2018

SILVA, C.M; FRANÇA, M.T; OYAMADA, G.C. **Características da suinocultura e os dejetos causados ao ambiente**. Connection Line, 2015. N°. 12 (2015)
ISSN: 19807341. Disponível em: <https://periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/view/199>.
Acesso: maio de 2021

SILVA, M.O; SANTOS, M.P; SOUSA, A.C.P; SILVA, R.L.V; MOURA, I.A.A; SILVA, R.S; COSTA, K.D.S. **Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável**. Brazilian Journal of Development. ISSN: 2525-8761. Ano: 2021. Acesso: setembro de 2022. Disponível em: file:///C:/Users/Dell%20Inspiron/Downloads/admin,+463.pdf.

SOUZA, Q.S.S; MACHADO, C.M.S; MOURA, L.O.G; LIMA, F.S. **Análise de coliformes totais e termotolerantes-fecais em diferentes pontos da sub-bacia do Rio Poxim -Sergipe, Brasil**. Revista Agro Forestalis News. v.2, n2, 2017. ISSN 2525-6920. Disponível em: file:///C:/Users/Dell%20Inspiron/Downloads/10810-Texto%20do%20artigo-30786-1-10-20190213%20(2).pdf. Acesso: maio de 2021

TONETTI, A.L. BRASIL, A.L.; MADRID, F.J.P.L.; FIGUEIREDO, I.C.S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L.M.O.; DUARTE, N.C.; FERNANDES, P.M.; COASACA, R.L.; GARCIA, R.S.; MAGALHÃES, T.M. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Biblioteca/Unicamp. Campinas, São Paulo, 153 p, 2018. Disponível em: https://cfg.com.br/up_catalogos/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Domesticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepd.pdf. Acesso: agosto de 2022

Documento Digitalizado Público

TCC FINAL RAÍSSA

Assunto: TCC FINAL RAÍSSA
Assinado por: Edimilson Caldas
Tipo do Documento: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Edimilson de Sousa Caldas, ASSISTENTE DE ALUNO, em 31/10/2023 12:00:16.

Este documento foi armazenado no SUAP em 31/10/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 522283

Código de Autenticação: 633da27050

