

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 14 (11)

November 2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/141120211493>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1493>



# Utilização de biofertilizante obtido em um biodigestor anaeróbico alimentado pela mistura de resíduos agroindustriais em área agrícola

## Use of biofertilizer obtained in an anaerobic biodigestor fed by agro-industrial waste mixture in agricultural area

**Corresponding author**

**Rafael Gotardo**

Aubos e Gestão de Resíduos Indústria e Comerciais

[rafael@agric.agr.br](mailto:rafael@agric.agr.br)

**Analu Mantovani**

Universidade do Oeste de Santa Catarina

**Resumo.** O presente estudo avaliou o impacto da aplicação de diferentes doses de biofertilizante (proveniente do tratamento anaeróbico dos resíduos de frigoríficos e laticínios) na produção de Aveia preta (*Avena strigosa*) em um Nitossolo Vermelho Distrófico. O estudo foi desenvolvido na Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC, no município de Campos Novos-SC. Foram aplicadas cinco doses de biofertilizante RLF (25; 50; 80; 150 e 300 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>), além da testemunha. No experimento foi empregado o delineamento experimental em blocos ao caso, com parcelas de 4,0 x 5,0 m, em esquema fatorial 6 x 4, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. O biofertilizante (efluente) é oriundo do biodigestor da empresa AGRIC Aubos e Gestão de Resíduos Industriais e Comerciais Ltda. As variáveis avaliadas foram as quantidades de matéria seca e matéria verde, os elementos de fertilidade e dos níveis residuais de metais pesados no solo. Os resultados mostram que biofertilizante utilizado atende aos limites de tolerância para todas as variáveis estabelecidas pela Resolução N<sup>o</sup> 420/2009 e podem ser aplicados no solo em uma taxa de aplicação de até 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>. Estes por sua vez proporcionam aumento da fertilidade e não demonstraram influência sobre as concentrações de metais pesados no solo, bem como aumento de 25,2% da massa verde entre as doses 0 e 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> e de 16,2% para a matéria seca nas mesmas doses.

**Palavras-chaves:** fertilidade do solo, biodigestor, metais pesados.

**Abstract.** The aim of the study was to evaluate the impact of different doses of biofertilizer (anaerobic treatment of refrigerators and dairy residues) in black oats production (*Avena strigosa*) in a Nitossolo Vermelho Distrófico. The study was developed in the University of the West of Santa Catarina - UNOESC, in the municipality of Campos Novos-SC. Five doses of RLF biofertilizer (25; 50; 80; 150 and 300 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>) were applied, in addition to the control. In the experiment, an experimental block design was used in the case, with plots of 4.0 x 5.0 m, in a 6 x 4 factorial scheme, with six treatments and four replications, totaling 24 plots. The biofertilizer (effluent) is from the biodigester of the company AGRIC Aubos e Gestão de Resíduos Industriais e Comerciais Ltda. The evaluated variables were the amounts of dry matter and green matter, soil fertility and residual levels of heavy metals in the soil. The results show that the biofertilizer meets the tolerance limits for all variables established by Resolution No. 420/2009 and can be applied to the soil at an application rate of up to 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>. These rates provide an increase in soil fertility and did not show influences on heavy metals concentrations in the soil, as well as an increase of 25.2% in green mass between doses 0 and 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> and 16.2% for dry matter in the same doses.

**Keywords:** soil fertility, biodigester, heavy metals.

### Introdução

O uso de biofertilizantes na agricultura brasileira vem crescendo a cada ano.

Biofertilizantes possibilitam o desenvolvimento de uma agricultura sustentável e menos dependente de insumos minerais. Os biofertilizantes são dotados

de altas concentrações de matéria orgânica, no qual proporcionam melhorias nas características químicas, físicas e biológicas do solo (CARDOSO et al., 2014). Por exemplo Silva et al. (2012), verificou que um efluente tratado em biodigestor anaeróbico apresentou características em termos de fertilidade, por conter elementos solúveis que são nutrientes essenciais as plantas, além de disponibilizar micronutrientes e matéria orgânica durante a sua degradação no solo.

Normalmente fontes de biofertilizante são resíduos agroindústrias frigoríficas (resto digestivo do abate de animais, pelos, tecidos, lavagem em geral etc) e de laticínios (leite, soro de leite, gordura, produtos descartados entre outros). Os resíduos agroindustriais quando não decompostos constituem um problema em termos de poluição ambiental, pois ocasionam toxidade, salinidade, patogenicidade, e desbalanço de nutriente no solo e nas culturas. Neste sentido a biodigestão anaeróbica é um dos métodos mais eficientes para tratamento de resíduos agroindustriais, que consiste na degradação de compostos orgânicos em substâncias mais simples, como metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), através da interação de diferentes microrganismos que atuam na ausência de oxigênio (GONÇALVES, 1982). A biodigestão ocorre nos chamados biodigestores que são constituídos por câmara fechada, sem contato com o ar atmosférico, onde a matéria orgânica sofre degradação anaeróbia, produzindo um efluente com características de fertilizante e geração de gases (DOTTO; WOLFF, 2012). O tratamento anaeróbico é considerado alternativa para o tratamento de efluentes líquidos agroindustriais (MANFROI, 1990). O biofertilizante é um subproduto do processo anaeróbico e sua utilização em áreas agrícolas tem se mostrado viável sob o ponto de vista técnico, uma vez que reduz a carga poluidora e contribui com a redução de produtos não renováveis, além de reduzir os custos da produção agropecuária.

A utilização de efluentes na atividade agrícola tem sido empreendida em várias partes do Brasil, sendo que práticas de reuso tem sido apoiada pelas legislações ambientais federais como a CONAMA N° 357/2005 e a CONAMA N° 430/2011. Em especial, o uso de resíduos frigoríficos e laticínios requer atenção aos aspectos relacionados à oferta de nutrientes e/a logística de distribuição, visto que também agregam custos e têm limitações de ordem técnica e ambiental. Assim para o uso como fertilizante é necessário saber a dose a ser aplicada no solo referente a cada cultura. Estudos são fundamentais uma vez que biofertilizantes podem causar impactos ambientais, aumentando perdas de nutrientes no solo e nas águas subterrâneas e superficiais. De maneira geral, as recomendações de adubação para as diferentes culturas têm por objetivo estabelecer as doses de maior eficiência técnica e econômica, baseadas principalmente nas concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (GATIBONI et al., 2016). No entanto, a legislação sobre o tema

é pouco contribuinte em relação a normalização do uso de biofertilizante. Vários estudos com resíduos agroindustriais têm sido realizados (MACIEL 2016, LOZANO et al. 2015, MATOS et al. 2015, OLIVEIRA et al. 2011, SANTOS et al. 2013, ERTHAL et al. 2010, FERREIRA et al. 2010), mas grande parte não utiliza a biodigestão anaeróbica como uma forma de tratamento primário.

O uso de biofertilizantes na agricultura deve ser planejado para não gerar efeitos de longo prazo, como toxidade, salinidade, patogenicidade e desbalanço de nutrientes no solo e nos recursos hídricos. O presente estudo avaliou o impacto da aplicação de diferentes doses de biofertilizante do proveniente do tratamento anaeróbico dos resíduos de frigoríficos e laticínios na produção de Aveia preta (*Avena strigosa*) em um Nitossolo Vermelho Distrófico.

### **Materiais e Métodos**

O estudo foi realizado em um Nitossolo Vermelho Distrófico na cidade de Campos Novos – SC (Tabela 1).

No presente estudo foi utilizado testado o biofertilizante (efluente) oriundo do biodigestor da empresa AGRIC Adubos e Gestão de Resíduos Industriais e Comerciais Ltda (Tabela 2), no qual a alimentação é dada por resíduos orgânicos de frigoríficos e laticínios em um período de detenção hidráulica de 45 dias.

Os resíduos de frigoríficos utilizados no biodigestor são oriundos do abate e processamento de suínos e aves (dentre estes incluem excrementos do gastrointestinal, sangue, pelos, penas, cartilagem, pele, cascos, bico, etc), e lodos biológicos das lagoas de tratamento de resíduos líquidos. Os resíduos de laticínios utilizado no biodigestor são derivados da fabricação de produtos lácteos, como soro, leite, gorduras e produtos descartados.

No experimento foi empregado o delineamento experimental em blocos ao caso, com parcelas de 4,0 x 5,0 m, em esquema fatorial 6 x 4, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. O biofertilizante foi aplicado logo após o plantio da Aveia preta (*Avena strigosa*), nas proporções de 0 (T1); 25 (T2); 50 (T3); 80 (T4); 150 (T5) e 300 (T6) m<sup>3</sup>, com base no volume de solo de 1 ha. As taxas de aplicações tiveram como base a concentração dos teores de Fósforo (P) na camada arável do solo. Para isso foram realizadas análises químicas do solo e do biofertilizante antes da instalação do experimento, sendo os resultados destacados nas Tabelas 1 e 2.

Como cultura foi utilizado a semeadura da aveia preta foi realizada com em sistema de semeadura direta, em maio de 2020 em uma taxa de 80 kg. ha<sup>-1</sup>. E a aplicação do biofertilizante foi manual por meio de regador. Durante o ciclo da cultura foram realizadas práticas culturais necessárias para controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

As variáveis agronômicas avaliadas foram as quantidades de massa seca e massa verde, no qual foram realizados dois cortes com intervalos de 30 dias entre cortes. A amostragem foi realizada por meio de um quadro de 1,00 m<sup>2</sup> e a altura de corte foi mantida a 20 cm do solo. Após o corte a amostra foi acondicionado em sacos pesada e posteriormente secado em estufa de circulação aberta até seu peso constante. No final da cultura foram realizadas amostragens de solo nas camadas 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, com trado tipo holandês. Após a coleta, as amostras foram secas em estufa de circulação aberta 65 °C, em moídas em moinho de martelo mantendo uma granulometria de 2 mm.

Amostras foram submetidas às análises química do pH, os níveis de fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica (MO), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mn) manganês (Mg) e metais pesados dentre eles cobre (Cu), zinco (Zn), cromo (Cr), chumbo (Pb) e níquel (Ni), no Laboratório da Universidade do Oeste de Santa Catarina, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Ao final do experimento os dados foram submetidos à análise de variância e regressão a 5%, para verificar o efeito das doses de biofertilizante sobre os atributos do solo, utilizando-se o software STATISTICA.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo utilizado no experimento

Trat. (m <sup>3</sup> . ha <sup>-1</sup> )	Prof. (cm)	pH	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K (mg dm <sup>-3</sup> )	Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	Zn (mg dm <sup>-3</sup> )
T1	0 - 20	5,57	10,52	72,64	0,02	8,74	2,32	9,47	19,65	1,51
	21 - 40	5,12	3,29	30,35	0,54	5,45	1,38	10,67	4,45	0,81
T2	0 - 20	5,37	13,04	135,36	0,00	9,38	1,46	8,65	28,85	1,79
	21 - 40	5,12	4,76	47,75	0,48	5,74	1,20	9,97	5,42	0,96
T3	0 - 20	5,24	12,33	136,07	0,10	7,66	1,86	9,77	21,98	1,70
	21 - 40	5,16	6,54	80,46	0,42	6,26	1,26	10,26	8,00	1,02
T4	0 - 20	4,95	26,43	106,90	0,49	7,30	1,81	10,03	22,76	1,52
	21 - 40	5,00	6,06	62,18	0,96	5,51	1,20	9,52	7,45	0,92
T5	0 - 20	4,89	12,89	118,46	0,38	8,23	1,15	9,18	23,29	1,36
	21 - 40	4,96	5,74	34,75	1,00	5,66	1,02	10,12	3,54	0,66
T6	0 - 20	5,32	19,56	99,58	0,13	7,18	2,33	10,22	18,18	1,33
	21 - 40	5,04	4,14	34,09	0,85	4,58	1,22	10,74	3,56	0,69

**Tabela 2.** Composição química do efluente empregado no experimento

Elemento	pH	Densidade	N	P	K	Ca	Mn	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr	Pb	Ni
Unidade	---	kg m <sup>-3</sup>	----- g. kg <sup>-1</sup> -----			----- mg. kg <sup>-1</sup> -----								
Concentração	7,97	988,6	5,4	1,84	0,95	2,65	279	19,2	51,9	17,1	2,38	23,3	4,06	5,01

## Resultados e discussão

Os resultados mostraram que incrementos de 50 e 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> de doses do biofertilizante proporcionaram aumento (p < 0,05) na produção de massa verde e massa seca da pastagem. A maior produção de massa seca ocorreu na dose equivalente a 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> de biofertilizante. Doses superiores (150 e 300 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>) proporcionaram uma “crosta” na camada superficial do solo, selamento poros, reduzindo a germinação das sementes o povoamento de plantas para o corte 1 (Figura 1A). Entre o primeiro o e segundo corte, ocorreu um aumento significativo na produção de massa seca na dose 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> possivelmente foi ocasionado pela maior disponibilidade de nutrientes do biofertilizante (Figura 2A).

No primeiro corte, o aumento na produção de massa verde em relação as plantas que não receberam nenhuma dose atingiram 11.059; 12.366 e 11.747 kg. ha<sup>-1</sup> com as doses de 25; 50 e 80 m<sup>3</sup>.

ha<sup>-1</sup>, respectivamente. E no segundo corte os incrementos foram de 8.971; 9.625 e 11.497 kg. ha<sup>-1</sup> para as mesmas doses. O incremento na produção de massa verde em relação a dose de fertilizante também foi observado por Silva Neto et al. (2010) e Galbiatti (2012), com água residuária de frigoríficos bovinos no capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, e Serafim. Lozano et al. (2015), também observaram aumento na quantidade de matéria verde do capim Capim-mombaça com aplicação de água residuária de abatedouro de avicultura.

O selamento (Figura 1B) nas doses mais elevadas foi demonstrado nos resultados pela baixa quantidade de massa seca e verde no primeiro corte. No entanto, no segundo corte houve aumento do volume em virtude da germinação de sementes presentes no substrato. A curva exponencial, que apresentou melhores resultados apresentou R<sup>2</sup>= 0,90 para o primeiro corte e de R<sup>2</sup>= 0,874.

A produção de matéria seca no primeiro corte da forrageira apresentou valores de 1246; 1234 e 1179 kg. ha<sup>-1</sup> nas doses de 25; 50 e 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>, respectivamente. E para o segundo corte os incrementos foram de 946; 991 e 1.024 kg. ha<sup>-1</sup> para as mesmas doses (Figura 2B). O biofertilizante complementou a fertilização mineral com aumento da biomassa, também observado por Pradoa; Cunha 2011; Cardoso et al., 2015 e Santos et al., (2016).

A dosagem de 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> foi a mais adequada sem influenciar a germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas, com

acréscimos de 33,7% e 19,4% na matéria verde e seca. SILVA NETO et al. (2010) estudando *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e água residuária de frigorífico de bovinos também observaram aumento na produção de massa seca.

A aplicação de biofertilizante apresentou relação direta com a redução do pH (Figura 3A). No entanto o aumento do pH não foi observado entre as camadas de solo estudadas. A acidez do solo é determinante na disponibilidade dos nutrientes. VARALLO (2012), no entanto, encontrou redução dos valores de pH após aplicação de efluentes no solo em casa de vegetação.

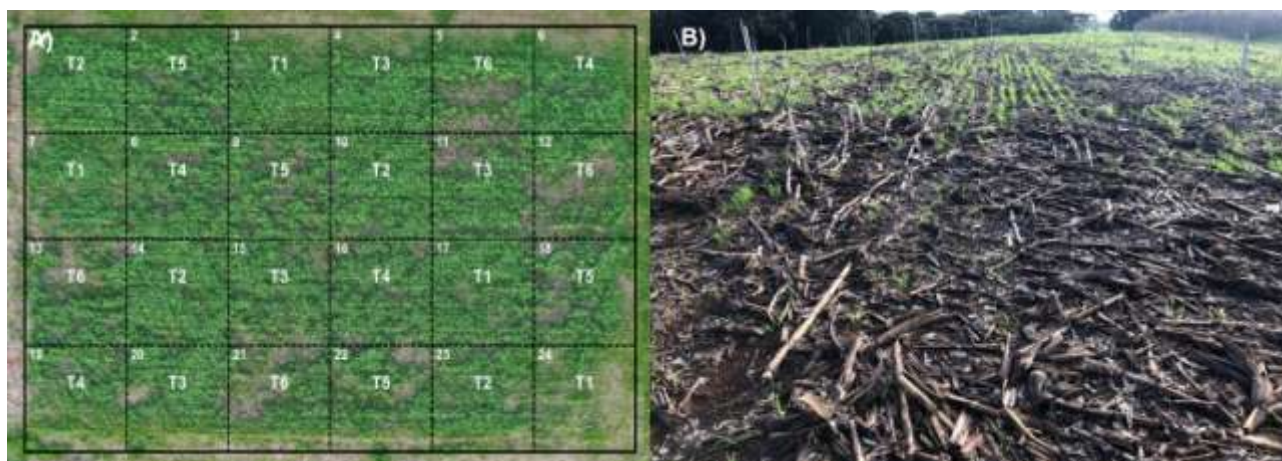


Figura 1. Distribuição das doses no experimento (A) formação da crosta nas doses mais altas (B)

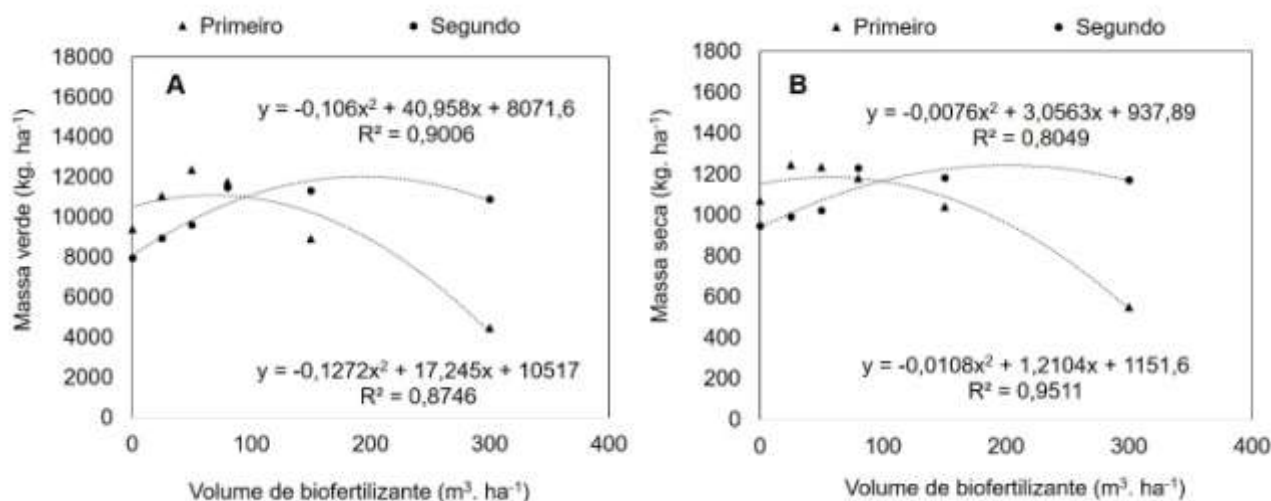


Figura 2. Quantidades de (A) massa verde e (B) massa seca para as diferentes doses de biofertilizante aplicadas no solo

Foi observado o aumento de MO em relação as doses de biofertilizante, principalmente na camada superficial do solo (Figura 3B). Vale citar que o curto período de avaliação não proporcionou a degradação desta pelos microrganismos em tempo hábil para atingir as camadas mais profundas. Por exemplo, MINHAS et al. (2015)

observaram aumento de MO na camada superficial do solo em áreas de Eucalypto (*Eucalyptus tereticornis* Sm.) irrigadas com efluentes de esgoto. De acordo com Cavalcante et al. (2016), maiores concentrações de MO na camada superficial está ligado ao incremento de nitrogênio no solo e aos resíduos das culturas antecedentes.

A Figura 4A traz o resultado das concentrações de fósforo (P) e potássio (K) no solo e doses do biofertilizante. Os teores de P tiveram aumento significativo no solo comparado com a condição testemunha. As maiores concentrações de P foram observadas nas camadas superficiais, entre 0 a 10 cm. Este resultado é decorrente da presença de fósforo orgânico no biofertilizante e pela reação de solubilização das formas insolúveis de fósforo no solo e teor de matéria orgânica do solo. Segundo Cruz (2015), devido à baixa mobilidade no solo e a forma de transporte via difusão, grande parte de P fica adsorvido nos óxidos de ferro e alumínio. Deve-se ressaltar que esses valores correspondem aos teores de P não absorvidos pela cultura, referente ao residual. Scherer et al. (2010) e Oliveira et al. (2014), em solos cultivados com forrageiras existe acréscimo

de concentração de P disponível nas camadas superficiais de biofertilizante de dejetos. Na Figura 4B constam os teores de K, com maiores concentrações na camada de 31-40 cm em relação a camada superficial do solo. Este resultado é semelhante ao encontrado por Teixeira (2020), no que observou incrementos na concentração de K nas camadas superficiais do solo com o aumento das doses de efluentes de laticínios. Concentrações não diferiram entre as doses a 95% de probabilidade.

Na camada superficial a concentração média de K foi de 279,2 mg. dm<sup>-3</sup> ou 81% superior à média da camada mais profunda (51,2 mg. dm<sup>-3</sup>). Para Portela e Abreu (2018) a fixação do K está ligada aos produtos de meteorização dos minerais, principalmente os contidos nas frações silte e areia fina.

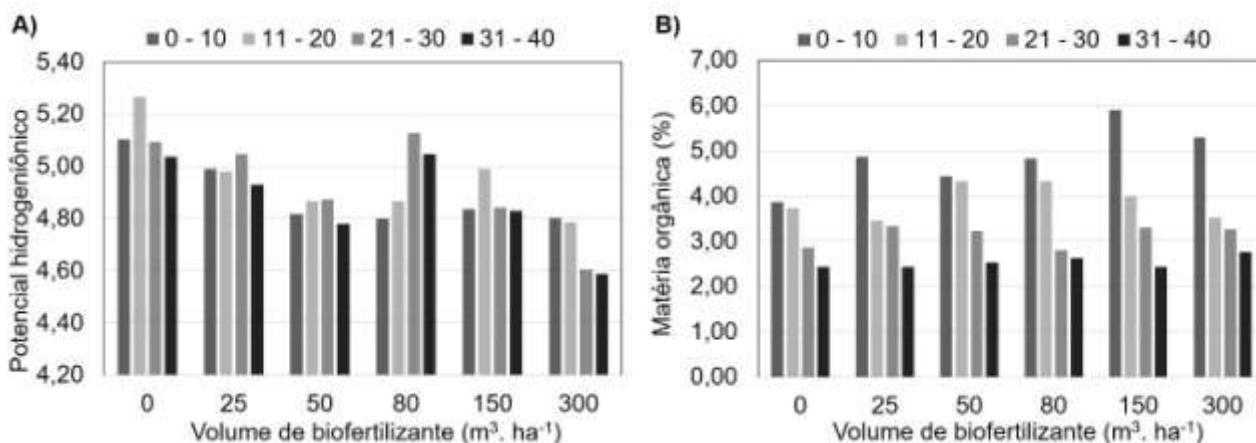


Figura 3. Níveis de pH (A) e concentrações da Matéria orgânica (MO) (B), no solo para as diferentes camadas do solo

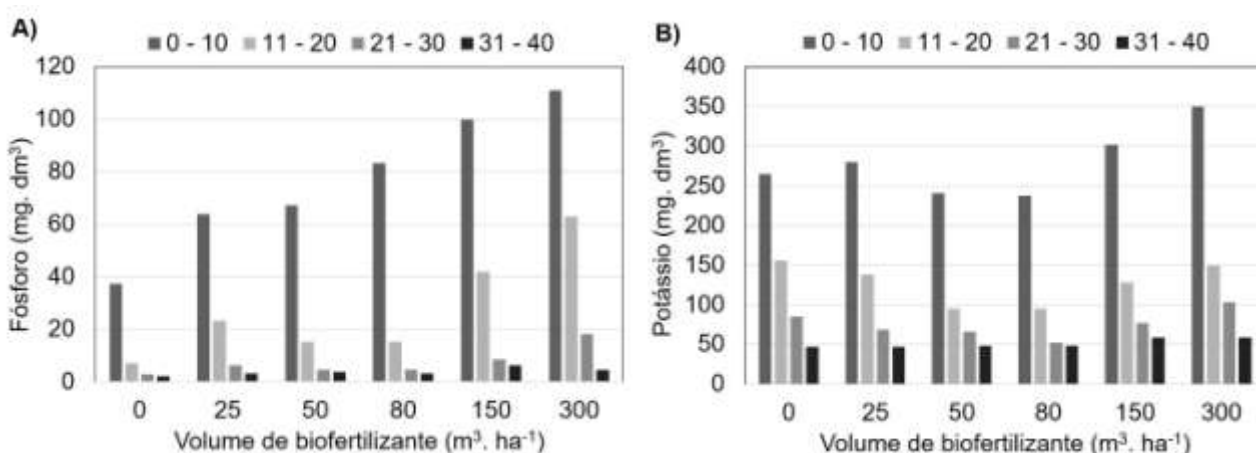


Figura 4. Concentrações de (A) Fósforo e (B) Potássio no solo para as diferentes camadas do solo

As aplicações de doses crescentes de efluentes do biodigestor no solo não alteraram significativamente as concentrações de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) a 95% de probabilidade (Figura 5A e B). O resultado pode ser explicado ao tamponamento do solo, já que existem baixas concentrações de Ca e Mg no biofertilizante, e a

redução na codificação do solo por apresentar menor raio atômico hidratado que o Na<sup>+</sup>, e consequentemente, maior força de adsorção na MO. Resultado semelhante foi encontrado por Silva (2013) estudando de efluente de esgoto em capim Tifton 85. Freitas et al. (2004), também observou aumento significativo dos níveis de Ca com a

aplicação de dejetos suíno em lisímetros. Para Santos (2015), no entanto, as concentrações de Ca resultantes não variaram com a aplicação de efluente de tratamento de esgoto.

Com relação ao Mg, Maggi et al. (2011), não obtiveram diferença na concentração Mg no solo em função da aplicação de água residuária de suinocultura. Ressalta-se aqui a baixa concentração deste elemento no biofertilizante utilizado.

Figura 6A e B mostram os resultados das concentrações de manganês (Mn) e alumínio (Al) nas camadas. Para o Mn houve maiores concentrações em relação ao aumento da dose de biofertilizante, principalmente na camada superficial. Resultado também foi observado por Mattias et al. (2010), avaliando metais no solo com aplicação de dejetos suíno, onde a aplicação de efluentes elevaram o pH e consequentemente a capacidade de troca de cátions (CTC) que resulta na retenção de cátions e no aumento na adsorção de Mn. Lana et al. (2014), observaram redução na concentração de Mn no perfil do solo e influência do pH pela

adição dos resíduos. Segundo Dechen e Nachtigall (2006), a disponibilidade de Mn é resultado da combinação entre pH, oxirredução, teor de matéria orgânica e do equilíbrio com outros elementos como o Fe e Ca.

Com relação a Al, que a camada superficial apresentou as menores concentrações. Não foi observada diferença significativa entre as doses. Garcia et al. (2012) e Mito et al. (2016) estudaram aplicação de esgoto doméstico no solo não verificaram alteração nos valores de Al. As baixas concentrações de alumínio na camada superficial são dadas pelo fato de as reações do calcário serem lentas e limitadas as camadas superficiais. Após aplicado no solo ocorre a disponibilização de  $SO_4^{2-}$ , em função da substituição do  $OH^-$  que interfere diretamente no aumento do pH e redução da acidez do solo causada pelo alumínio (NORA et al., 2014). Já as maiores concentrações de Al nos perfis mais profundos estão ligadas a redução na saturação de  $Al^+$  ao longo do perfil do solo, devido a calagem (AMARAL et al., 2004).

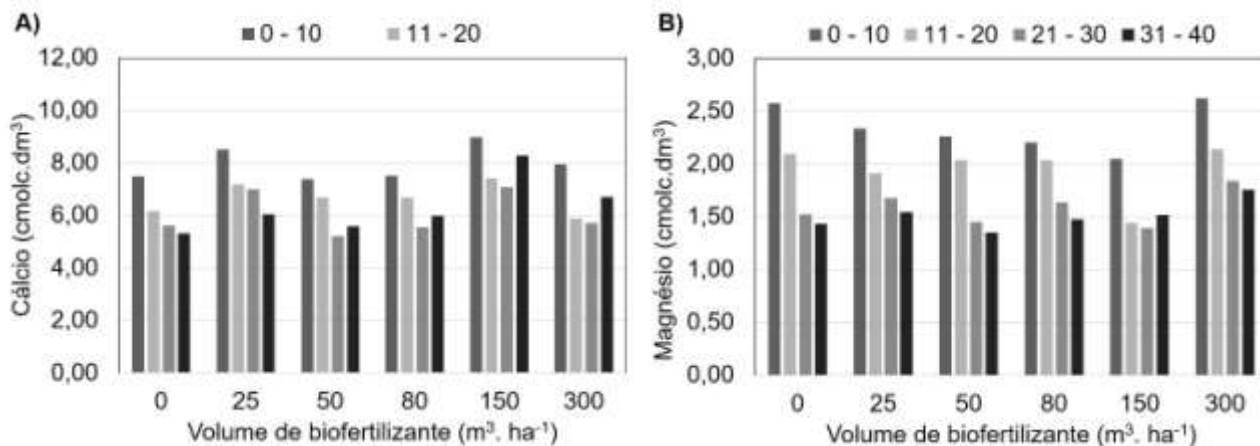


Figura 5. Concentrações de Cálcio (A) e Magnésio (B) no solo no solo para as diferentes camadas do solo

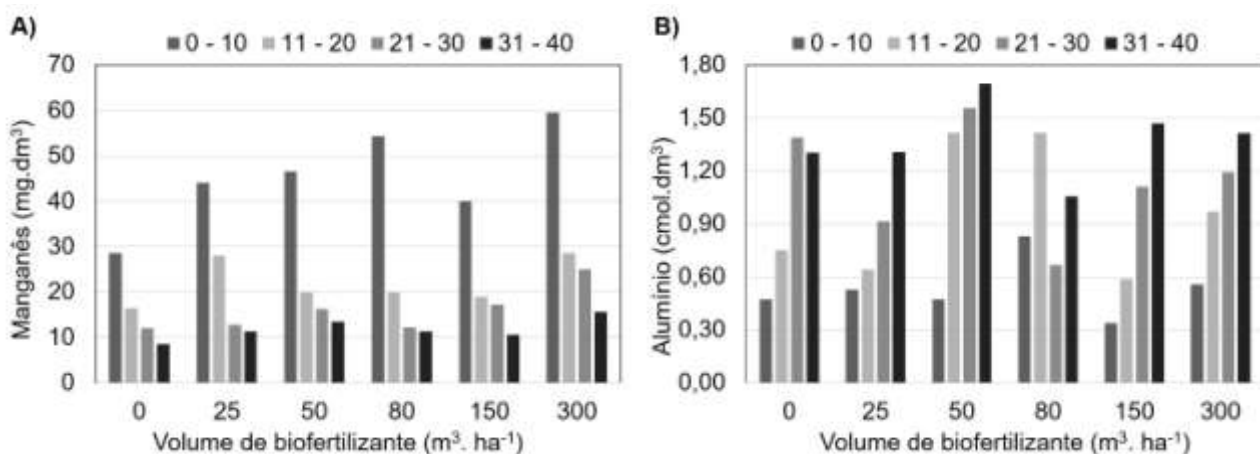


Figura 6. Concentrações de Manganês (A) e Alumínio (B) no solo para as diferentes camadas do solo

Os resultados de cobre (Cu), zinco (Zn), cromo (Cr), chumbo (Pb) e níquel (Ni) obtidos não

representam risco de toxicidade para as plantas. As concentrações se mostraram abaixo dos valores



verificados na literatura para diferentes tipos de matéria orgânica utilizadas como biofertilizantes, e atende aos parâmetros de estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 420/2009. Além disso, o material utilizado atende aos requisitos de qualidade sem ocasionar perigo de contaminação do solo e de águas subterrâneas.

Os resultados de Cu mostram diferença estatística entre as camadas de solo, sendo que a menor concentração ocorreu na camada superficial do solo (Tabela 3). No entanto, não houve diferença significativa entre os resultados a 95% de probabilidade. O próprio solo possui uma alta concentração de Cu na camada superficial. Embora tenha ocorrido aumento nos teores de Cu não foram constatados riscos de contaminação, uma vez que as quantidades foram abaixo da estabelecida na Resolução CONAMA N° 420/2009 (60 mg dm<sup>-3</sup> de Cu no solo), sendo que o aporte médio das camadas foi de 13,4 mg. dm<sup>-3</sup>. De acordo com Pegoraro et al. (2006), a semelhança estatística

entre os tratamentos pode ser explicada pela formação de complexos altamente estáveis entre Cu, MO e óxidos de Fe e Al.

Na Tabela 4 estão apresentadas concentrações de Zn em relação as doses. Houve diferença significativa entre as doses 150 e 300 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> na camada de 0 a 10 cm com concentrações de 8,3 m. dm<sup>-3</sup> e 9,06 mg. dm<sup>-3</sup> respectivamente. Azevedo e Oliveira (2005), também obtiveram aumento de Zn no solo com a aplicação de água residuária. Nascimento et al. (2015), também observou o aumento de Zn nas doses de lodo de esgoto, com maiores teores na camada de 0-10 cm. As concentrações de Zn nas camadas superficiais do solo estão ligadas a baixa mobilidade no perfil em função da capacidade de fixação pela MO, argilas, óxidos e hidróxidos de ferro (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). O acúmulo de Zn até a camada de 60 cm ocorre em função da baixa adsorção de Zn pelas plantas (LEGROS et al., 2013).

**Tabela 3.** Concentração de Cobre (Cu) (mg dm<sup>-3</sup>) no perfil do solo para as diferentes doses de biofertilizante

Profundidade (cm)	0	25	50	80	150	300
	----- m <sup>3</sup> . ha <sup>-1</sup> -----					
0 - 10	10,6 Aa	9,6 Aa	10,2 Aa	10,6 Aa	9,7 Aa	11,1 Aa
11 - 20	14,1 Ab	13,3 Ab	13,7 Ab	13,7 Ab	13,2 Ab	13,6 Ab
21 - 30	14,1 Ab	14,3 Ab	13,3 Ab	13,1 Ab	13,5 Ab	14,3 Ab
31 - 40	14,5 Ab	13,4 Ab	14,7 Ab	13,6 Ab	14,7 Ab	15,4 Ab

Média seguidas de letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey (p< 0,05).

**Tabela 4.** Concentração de Zinco (Zn) (mg dm<sup>-3</sup>) no perfil do solo para as diferentes doses de biofertilizante

Profundidade (cm)	0	25	50	80	150	300
	----- m <sup>3</sup> . ha <sup>-1</sup> -----					
0 - 10	3,25 Aa	4,44 Aa	5,81 Aa	4,23 Aa	8,29 Ba	9,06 Ba
11 - 20	1,78 Ab	2,69 Ab	2,83 Ab	2,83 Ab	2,46 Ab	3,32 Ab
21 - 30	1,19 Ab	1,51 Ab	1,41 Ab	1,50 Ab	1,89 Ab	2,48 Ab
31 - 40	1,19 Ab	1,25 Ab	1,27 Ab	1,33 Ab	1,68 Ab	1,57 Ab

Média seguidas de letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey (p< 0,05).

**Tabela 5.** Concentração de Cromo (Cr) (mg dm<sup>-3</sup>) no perfil do solo para as diferentes doses de biofertilizante

Profundidade (cm)	0	25	50	80	150	300
	----- m <sup>3</sup> . ha <sup>-1</sup> -----					
0 - 10	6,02 Aa	4,62 Aa	4,36 Aa	4,98 Aa	5,73 Aa	4,31 Aa
11 - 20	6,66 Ab	6,73 Ab	6,90 Ab	6,90 Ab	7,16 Ab	7,30 Ab
21 - 30	8,09 Ac	7,93 Ac	9,09 Ac	8,98 Ac	9,15 Ac	8,19 Ac
31 - 40	9,23 Ad	9,12 Ad	9,29 Ad	9,55 Ad	9,63 Ad	9,22 Ad

Média seguidas de letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Apesar das concentrações, estas estão abaixo do limite da Resolução CONAMA N° 420/2009. Tabela 5 apresenta os resultados de Cromo (Cr). Houve diferença significativa entre as camadas. A concentração média foi de 5,0 mg. dm<sup>-3</sup> para a camada superficial, de 6,94 mg. dm<sup>-3</sup> para a camada de 11 a 20 cm, de 8,57 mg. dm<sup>-3</sup> para a

Na Tabela 6 são apresentados os resultados das concentrações de Chumbo (Pb) no solo nas doses de biofertilizante. Os resultados demonstraram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nas profundidades. Não foram encontradas diferenças entre as doses de biofertilizante. As maiores concentrações foram determinadas na camada superficial, reduzidas ao longo da profundidade. Silva et al. (2006) não constataram efeito da aplicação de resíduo nos teores Pb em solos. É válido destacar concentrações de Pb estão abaixo dos limites estipulados pela Resolução CONAMA N° 420/2009 que é de 72 mg. kg<sup>-1</sup>.

A Tabela 7 traz os resultados das concentrações do Níquel no solo em relação aos diferentes tratamentos. Houver diferença

camada de 21 a 30 cm e de 9,34 mg. dm<sup>-3</sup> para a camada de 31 a 40 cm. Para Rodrigues et al. (2008), o material de origem e os processos pedogênicos influenciam na quantidade e distribuição de Cr e Ni no solo. Valores são inferiores ao limite de 75 mg. kg<sup>-1</sup> estabelecido pela Resolução CONAMA N° 420/2009.

significativa entre perfis do solo (95%), com maiores concentrações encontradas abaixo dos 30 cm e menores concentrações na camada superficial. De acordo com Ungureanu et al. (2017), a presença do Ni no solo tem origem antropogênica geralmente de fertilizantes em meio agrícola. Porém, Berton et al. (2006), considera o Ni um dos elementos mais comuns no solo em função do material de origem. Segundo Pastor e Hernández (2012), uma vez liberado, o Ni é móvel em sua forma iônica, principalmente em solos ácidos, sendo adsorvido fracamente pela argila e MO. As concentrações de Ni no solo foram inferiores aos 30 mg. kg<sup>-1</sup> estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 420/2009.

**Tabela 6.** Concentração de Chumbo (Pb) (mg dm<sup>-3</sup>) no perfil do solo para as diferentes doses de biofertilizante

Profundidade (cm)	0	25	50	80	150	300
	----- m <sup>3</sup> . ha <sup>-1</sup> -----					
0 - 10	12,2 Aa	12,0 Aa	16,9 Aa	13,5 Aa	12,9 Aa	13,5 Aa
11 - 20	9,51 Ab	7,62 Ab	7,59 Ab	7,59 Ab	10,2 Ab	7,79 Ab
21 - 30	6,55 Ac	7,56 Ab	9,88 Ac	10,6 Ac	6,88 Ac	11,1 Ac
31 - 40	12,2 Aa	9,59 Aa	10,5 Aa	12,1 Aa	10,1 Ab	9,98 Aa

Média seguidas de letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 7.** Concentração de Níquel (Ni) (mg dm<sup>-3</sup>) no perfil do solo para as diferentes doses de biofertilizante

Profundidade (cm)	0	25	50	80	150	300
	----- m <sup>3</sup> . ha <sup>-1</sup> -----					
0 - 10	1,04 Aa	1,26 Aa	0,97 Aa	1,33 Aa	0,94 Aa	1,48 Aa
11 - 20	1,56 Ab	1,83 Ab	1,38 Ab	1,38 Ab	1,72 Ab	1,31 Ab
21 - 30	1,57 Ab	1,56 Ab	1,43 Ab	1,37 Ab	1,47 Ab	1,65 Ab
31 - 40	2,01 Ac	1,91 Ac	1,66 Ac	1,84 Ac	2,44 Ac	1,86 Ac

Média seguidas de letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## Conclusão

O biofertilizante atendeu aos limites recomendados para todas as variáveis estabelecidas pela Resolução N° 420/2009 do CONAMA para sua disposição no solo como fertilizante. Doses utilizadas proporcionaram aumento nos parâmetros de fertilidade e não demonstraram influência sobre as concentrações de

metais pesados no solo. O uso que mais se adequou ao solo da área de estudo (Nitossolo Vermelho Distrófico na cidade de Campos Novos) foi a taxa de aplicação de até 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> de biofertilizante, proporcionando maior produtividade de massa verde e seca com aumento de 25,2% da massa verde entre as doses 0 e 80 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> e de 16,2% para a matéria seca nas mesmas doses.



A utilização do efluente de biodigestor proveniente de frigoríficos e laticínios como biofertilizante em sistemas produtivos é uma alternativa eficiente e econômica na substituição da adubação convencional, bem como na disposição destes resíduos de forma ambientalmente correta.

### Referências

- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; HINRICH, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um cambissolo em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 28: 359-367, 2004.
- ARAUJO, A. S. Características agronômicas e nutricionais do Capim-marandu em função da aplicação de resíduo líquido de frigorífico. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 32: 9-17, 2010.
- AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. *Engenharia Agrícola* 25: 253-263, 2005.
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J. Heavy metals, salts and organic residues in old solid urban waste landfills and surface waters in their discharge areas: Determinants for restoring their impact. *Journal of Environmental Management* 95: 42-49, 2012.
- BERTON, R. S.; PIRES, A. M. M.; ANDRADE, S. A. L.; ABREU, C. A.; AMBROSANO, E. J.; SILVEIRA, A. P. D. Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41: 1305-1312, 2006.
- CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; SILVA, C. M. Produção, Tratamento e uso dos dejetos de suínos no Brasil. *Desenvolvimento em questão* 32: 127, 2015.
- CARDOSO, R. U. A.; BENTO, A. S.; MORESKI, H. M.; GASPAROTTO, F. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo na cultura da soja. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde* 35: 51-60, 2014.
- CAVALCANTE, K. L.; DEON, M. D.; SILVA, H. K. P. Acidez e matéria orgânica de solo irrigado com efluente de estação de tratamento de esgoto de Petrolina-PE. *Revista Semiárido De Visu* 4: 181-189, 2016.
- CRUZ, C. V. Efeito residual de fontes de fósforo e adubação fosfatada no crescimento do milho. 54f. (Dissertação Mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Julio De Mesquita Filho". Botucatu, Brasil, 2015.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.327-354.
- DOTTO, R. B.; WOLFF, D. B. Biodigestão e produção de biogás utilizando dejetos bovinos. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas* 13: 13-26, 2012.
- DUARTE NETO, E. D.; ALVARENGA, L. H.; COSTA, L. M.; NASCIMENTO, P. H.; SILVEIRA, R. Z.; LEITE, L. H. M. Implementação e avaliação de um biodigestor de produção descontínua. *e-Xacta* 3: 36-43, 2010.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- ERTHAL V. J. T.; FERREIRA P. A.; MATOS A. T.; PEREIRA O. G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental* 14: 467-477, 2010.
- FEREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; NASCIMENTO, C. G.; RAMOS, F. S. Impacto de resíduos orgânicos de abatedouro de aves e suínos na produtividade do feijão na região dos Campos Gerais – PR – Brasil. *Revista Verde* 5: 15-21, 2010.
- FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; CENCON, P. R.; PINTO, F. A.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura sobre a produção de milho para silagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 8: 120-125, 2004.
- GARCIA, G. O.; RIGO, M. M.; CECÍLIO, R. A.; DOS REIS, E. F.; BAUER, M. DE O.; RANGEL, O. J. P. Propriedades químicas de um solo cultivado com duas forrageiras fertirrigadas com esgoto doméstico tratado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 7: 737-742, 2012.
- GATIBONI, L. C.; SILVA, L. S.; ANGHINONI, I. Diagnóstico da fertilidade do solo e recomendação da adubação. In: *MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/ SC, 2016. p. 89-99.
- GONÇALVES, A.C.R. A potencialidade de outros substratos para a digestão anaeróbica. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1982. 29 p.
- HALMEMAN, M. C. R.; STACCHISSINI, M. G.; DAMACENO, F. M.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; CREMASCO, C. P.; PUTTI, F. F. The deployment of biodigester systems in rural properties. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* 8: 351-360, 2014.
- LANA, R. M. Q.; REZENDE, R. V.; LANA, A. M. Q.; SILVA, A. A.; VITORINO, L. B.; GOMIDES, J. N.,

- Ferro e Manganês no perfil do solo em *Saccharum officinalis* fertilizada com resíduos orgânicos. *Bioscience Journal* 30: 131-139, 2014.
- LEGROSA, S.; DOELSCH, E.; FEDER, F.; MOUSSARD, J.; SANSOULET, J.; GAUDET, J. P.; RIGAUD, S.; BASILE DOELSCH, I.; SAINT MACARY, H.; BOTTERI, J. Y. Fate and behaviour of Cu and Zn from pig slurry spreading in a tropical water-soil-plant system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164: 70-79, 2013.
- LOPES, L. F.; COSTA, C. S.; D'OLIVEIRA, P. S.; GIL, L. G. Utilização agrícola de lodo industrial como fonte de zinco na cultura do crisântemo. *Revista Horticultura Brasileira* 22: 620-623, 2004.
- LOZANO, C. S.; TONELLO, T. U.; BORTOLETTO, E. C.; ARAÚJO, M. A.; TONELLO, A. P.; CASCAVEL, P. B. Resposta do capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) submetido à aplicação de água residuária de abatedouro de aves. *Enciclopédia Biosfera* 11: 3797-3805, 2015.
- LOZANO, C. S.; TONELLO, T. U.; TONELLO, A. P.; BORTOLLETO, E. C.; ARAÚJO, A. A.; TIAGO LUAN HACHMANN, T. L. Desenvolvimento do Capim Monbaça sob a aplicação de água residuária de abatedouro de aves. IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar 03 a 06 de novembro de 2015 Maringá – Paraná – Brasil. 2015.
- MACIEL, A. M. Avaliação da aplicação de biofertilizante de bovinocultura proveniente da digestão anaeróbia em um planossolo. 18f. (Monografia graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, Brasil, 2016.
- MAGGI C. F.; FREITAS, P. S. L. DE; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15: 170-177, 2011.
- MANFRON, M. P. Aproveitamento do soro de queijo para produção de metano. 11f. (Dissertação Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”. Botucatu, Brasil, 2016.
- MATOS, C. F.; PINHEIRO, E. F. M.; PAES, J. L.; LIMA, E.; MARQUES, A. de S.; CAMPOS, D. V. B. Efeito da aplicação de biofertilizante de dejetos de bovino no solo e cultura do sorgo. In: Embrapa Solos - Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL. São Paulo. Anais... São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015.
- MATTIAS, J. L.; CERETTA, C. A.; NESI, C. N.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B. Copper, zinc and manganese in soils of two watersheds in Santa Catarina with intensive use of pig slurry. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34: 1445-1454, 2010.
- MINHAS, P. S. S.; YADAV, R. K. K.; LAL, K.; CHATURVEDI, R. K. K. Effect of long-term irrigation with wastewater on growth, biomass production and water use by Eucalyptus (*Eucalyptus tereticornis* Sm.) planted at variable stocking density. *Agricultural Water Management* 152: 151-160, 2015.
- MIOTO, L. S.; FREITAS, P. S. L.; VORONIAK, J. M.; REZENDE, M. K. A.; TONELLO, A. P.; REZENDE, G. S. Impacto da aplicação de efluente doméstico nos teores de alumínio e carbono do solo. *Journal of Agronomic Sciences* 5: 43-53, 2016.
- NASCIMENTO, A. L.; JUNIO, G. R. Z.; SAMPAIO, R. A.; FERNANDES, L. A.; CARNEIRO, J. P.; BARBOSA, C. F. Metais pesados no solo e mamoneira adubada com biossólido e silicato de cálcio e magnésio. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental* 19: 505-511, 2015.
- NORA, D. D.; AMADO, T. J. C.; BORTOLOTTI, A. P.; FERREIRA, A. O.; KELLER, C.; KUNZ, J. Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. *Magistra* 26: 1-10, 2014.
- OLIVEIRA, A. B. M.; ORRICO, A. C. A.; JÚNIOR, M. A. P. O.; SUNADA, N. S.; CENTURION, S. R. Biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola. *Revista Ceres* 58: 690-700, 2011.
- OLIVEIRA, J. F.; ALVES, S. M. C.; BATISTA, R. O.; LIMA, V. I.; SOUZA, L. D. Avaliação de sistema de tratamento de laticínio e o efeito do efluente gerado nos atributos físico-químico de um argissolo vermelho. *REVENG Engenharia na agricultura* 22: 58-66, 2014.
- PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; MENDONÇA, E. S.; GEBRIM, F. O.; MOREIRA, F. F. Fluxo difusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30: 859-868, 2006.
- PORTELA, E.; ABREU, M. M. Fixação do potássio nos solos portugueses. *Revista de Ciências Agrárias* 41: 569-591, 2018.
- PRADOA, A. K.; CUNHA, M. E. T. Efeito da aplicação de lodo de esgoto e curtume nas características físico-químicas do solo e na absorção de nitrogênio por feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas* 10: 37-41, 2011.
- RODRIGUEZ, J. A.; NANOS, N.; GRAU, J. M.; GIL, L.; LOPEZ-ARIAS, M. Multiscale analysis of heavy

- metal contents in Spanish agricultural topsoils. *Chemosphere* 70: 1085-1096, 2008.
- SANTOS G. O. Aplicação de efluente de tratamento de esgoto, via aspersão, no solo e em *Brachiaria*. 197f. (Tese doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil, 2015.
- SANTOS, P. M.; SANTOS, A. C.; SILVA, J. E. C. Resíduo de laticínio em pastagem de capim Mombaça: atributos químicos da forragem e do solo. *Semina: Ciências Agrárias* 34: 377-390, 2013.
- SANTOS, P. M.; SILVA, J. E. C.; SANTOS, A. C.; SANTOS, J. G. D.; ARAÚJO, A. S.; RODRIGUES, O. D. Resíduo líquido de laticínio como fertilizante para o capim Mombaça. *Comunicata Scientiae* 7: 251-261, 2016.
- SANTOS, S. R.; PEREIRA, G.M. Comportamento da alfaca tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. *Engenharia Agrícola* 24: 569-577, 2004.
- SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência Solo* 34: 1375-1383, 2010.
- SERAFIM, R. S.; GALBIATTI, J. A. Efecto de la aplicación de la água residual porcina en el pasto *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Colombiana de Ciência Animal* 4: 185-203, 2012.
- SILVA NETO, S. P.; SILVA, J. E. C.; SANTOS, A. C.; CASTRO, J. G. D.; DIM, V. P.; ARAÚJO, A. S. Características agronômicas e nutricionais do capim-Marandu em função da aplicação de resíduo líquido de frigorífico. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 32: 9-17, 2010.
- SILVA, A. G. B. Efeito da irrigação com efluente de esgoto rico em sódio em propriedades químicas e físico-hídricas de um Argissolo e produtividade de capim Tifton 85 no município de Lins. 83f. (Dissertação de mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Botucatu, Brasil, 2013.
- SILVA, C. A.; RANGEL, O. J. P.; DYNIA, J. F.; BETTIOL, W. C.; MANZATTO, V. Disponibilidade de metais pesados para milho cultivado em Latossolo sucessivamente tratado com lodos de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30: 353-364, 2006.
- SILVA, W.T.L.; NOVAES, A.P.; KUROKI, V.; MARTELLI, L.F.A.; MAGNONI JÚNIOR, L. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbico para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. *Química Nova* 35: 35-40, 2012.
- SUNADA, N. S. Efluente de abatedouro avícola: processos de biodigestão anaeróbica e compostagem. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Grande Dourados – Universidade da Grande Dourados, Dourados, 2011.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).
- TEIXEIRA, P. T. R. Aspectos ambientais e agronômicos da disposição de efluentes de laticínios no solo. 58f. (Dissertação de Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí, Urutaí, 2020.
- UNGUREANU, T.; IANCU, G. O.; PINTILEI, M.; CHICOS, M. M., Spatial distribution and geochemistry of heavy metals in soils: a case study from the area of Vaslui county. *Journal of Geochemical Exploration* 176: 20-32, 2017.
- VARALLO, A. C. T.; SOUZA, C. L.; SANTORO, B. L. Mudanças nas características físico-químicas de um latossolo vermelho amarelo distrófico após a irrigação com água de reuso na cultura da alfaca-crespa. *Revista de Engenharia Agrícola* 32: 271-279, 2012.