

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DIRETORIA DE
PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA CADEIA PRODUTIVA DO BIOGÁS**

MAURO ROBERTO DE ANDRADE

**ANÁLISE DO POTENCIAL FITOTÓXICO DO BIOFERTILIZANTE
PROVENIENTE DA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESTOS
ALIMENTARES E GRAMA**

MONOGRAFIA

MEDIANEIRA

2019

MAURO ROBERTO DE ANDRADE

**ANÁLISE DO POTENCIAL FITOTÓXICO DO BIOFERTILIZANTE
PROVENIENTE DA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESTOS
ALIMENTARES E GRAMA**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof^a Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa.

MEDIANEIRA

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO POTENCIAL FITOTÓXICO DO BIOFERTILIZANTE PROVENIENTE DA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESTOS ALIMENTARES E GRAMA

MAURO ROBERTO DE ANDRADE

Esta Monografia foi apresentada em três de maio de dois mil e dezenove como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa
Prof^a.Orientadora

Prof. Dr. Thiago Edwiges
Membro titular

Prof^a Ms. Alessandra Freddo
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

RESUMO

Objetivou-se avaliar as características do biofertilizante proveniente do processo de digestão anaeróbia (DA) conduzido em um reator *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) em que se utilizou como substrato os resíduos orgânicos de restaurante e aparas de grama. O biofertilizante foi caracterizado em função dos teores de sólidos totais (ST), voláteis (SV) e fixos (SF), do carbono orgânico total (COT), pH, CE, alcalinidade parcial (AP), alcalinidade intermediária (AI) e acidez volátil (AV). A avaliação da fitotoxicidade do biofertilizante foi determinada pelo índice de germinação (IG). Foram definidas cinco diluições do biofertilizante, as quais definiram os tratamentos, a saber: 0,1; 1,0; 10,0; 15,0 e 20,0%. Os resultados da análise de fitotoxicidade (IG) foram submetidos à análise de variância em delineamento totalmente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Com relação à série de sólidos, observou-se uma redução média de 51% da carga orgânica dos resíduos submetidos à DA. Pela análise dos resultados da alcalinidade (AT, AP, AI e AV) observou-se que o fertilizante foi proveniente de um processo estável de DA. De acordo com os resultados de IG pode-se concluir que até a diluição de 20%, o biofertilizante não se apresenta fitotóxico e ainda, nas demais diluições (0,1; 1,0; 5,0; 10,0; e 15,0%), apresenta efeito fitoestimulante.

Palavras chave: Efeito fitoestimulante, resíduo orgânico de restaurante, Reator CSTR.

ANALYSIS OF THE PHYTOTOXIC POTENTIAL OF BIOFERTILIZER FROM ANAEROBIC CODING OF FOOD AND GRASS.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the biofertilizer characteristics of anaerobic digestion (AD) in a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR), which was used as substrate for restaurant organic waste and grass cuttings. The biofertilizer was characterized according to the total solids (TS), volatile (VS) and fixed (FS), total organic carbon (TOC), pH, EC, partial alkalinity (PA), intermediate alkalinity (IA) and volatile acidity (VA). The evaluation of the phytotoxicity of the biofertilizer was determined by the germination index (GI). Five dilutions of the biofertilizer were defined, which defined the treatments, namely: 0.1; 1.0; 10.0; 15.0 and 20.0%. The results of the phototoxicity (GI) analysis were submitted to analysis of variance in a completely randomized design and the means were compared by the Tukey test at 5% of probabilities ($p < 0.05$). Regarding the series of solids, an average reduction of 51% of the organic load of the residues submitted to the AD was observed. By analyzing the alkalinity results (TA, PA, IA and VA) it was observed that the fertilizer came from a stable process of AD. According to the results of GI, it can be concluded that up to 20% dilution, the biofertilizer is not phytotoxic and, in the other dilutions (0.1, 1.0, 5.0, 10.0 and 15. 0%), has phytostimulant effect.

Key words: Phytostimulant effect, restaurant organic waste, CSTR Reactor.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
1.1 JUSTIFICATIVA	01
1.2 OBJETIVO	02
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	03
2.1 BENEFÍCIOS DA MATÉRIA ORGÂNICA PARA PLANTAS E SOLO.....	03
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	05
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	05
3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	06
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	07
5 CONCLUSÃO	10
6 REFERÊNCIAS.....	11

1 INTRODUÇÃO

No Brasil o tratamento anaeróbio dos resíduos orgânicos objetivando a recuperação energética por meio da produção do biogás e dos nutrientes do efluente líquido, até pouco tempo, não recebiam a devida atenção.

O biogás era considerado somente um subproduto da decomposição anaeróbia e o efluente um passivo ambiental oneroso a ser gerenciado. Atualmente este quadro está mudando e cresce o número de plantas de biogás instaladas no país.

Segundo o Biogasmapp (cadastro Nacional de Biogás), mantido pelo Centro Internacional de Energias Renováveis – (CIBiogás), no ano de 2015, haviam 127 plantas de biogás em operação no Brasil, distribuídas por tipo de resíduos, sendo que a agropecuária é o setor com maior participação, com 60 plantas, seguida pelo setor industrial com 43 plantas.

O processo de metanização por meio de biodigestores possui enorme potencial no Brasil pelo fato de dispor de biomassa em abundância que podem ser processadas com vistas à produção do biogás. A biodigestão anaeróbica tem como meta dois objetivos principais. O primeiro é a produção do biogás com vistas à exploração comercial do potencial e da versatilidade energética que este combustível proporciona. O segundo, porém não menos importante, é o saneamento ambiental do resíduo que tem como resultado do processo o efluente, com características líquida “pastosa” e que possui como vantagem a possibilidade de ser utilizado como fertilizante agrícola pelos níveis de nutrientes que apresenta (CHEN et al., 2012b; IPCC, 2013).

1.1 JUSTIFICATIVA

O biofertilizante apresenta certas propriedades de condicionador de solo, especialmente a fração sólida que incrementa os teores de matéria orgânica. Esta característica é importante para os solos de clima tropical onde o intemperismo é mais intenso e a degradação da matéria orgânica mais acelerada. Porém, é importante ressaltar que nem sempre o biofertilizante encontra-se adequadamente estabilizado, exigindo em muitas vezes um pós-tratamento antes de ser utilizado.

Segundo Lepsch (2002), regiões com temperatura elevada e solos com boa aeração, a mineralização ocorre rapidamente, liberando mais depressa os nutrientes para as plantas. Assim, as condições são favoráveis para o aumento da atividade microbiana, resultando, geralmente, em um solo pobre em matéria orgânica.

Portanto, o biofertilizante é um produto rico em nutrientes que melhora a agregação dos solos e que possibilita reduzir os custos na propriedade pelo fato de diminuir o uso de insumos químicos sintéticos (SILVA et al., 2012b). Sua aplicação por meio da irrigação, além de fornecer água em períodos de seca, favorece a microbiologia do solo e melhora a eficiência do sistema solo-planta.

O biofertilizante, quando aplicado no solo na planta ou na semente, coloniza a rizosfera ou o interior da planta promovendo o crescimento vegetal pelo aumento no suprimento de nutrientes, com reflexos positivos no estado nutricional e na produtividade (CAVALCANTE et al., 2012).

Pode-se citar ainda como vantagens do biofertilizante, a reciclagem de nutrientes, e a sua utilização estar associada ao saneamento ambiental, pelo fato da digestão anaeróbia ser uma tecnologia indicada para tratar resíduos orgânicos poluentes, contando com os produtos resultantes do processo a energia e o biofertilizante.

1.2 OBJETIVO

O propósito desse trabalho é avaliar o potencial fitotóxico de um biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia de resíduos alimentares de restaurante e aparas de grama por meio do monitoramento do índice de germinação (IG)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que se possa avaliar se um biofertilizante encontra-se estabilizado ou não, recorre-se principalmente as análises de DBO₅, pH, condutividade elétrica e fitotoxicidade por meio do Índice de Germinação, além das características agronômicas quando se pretende utilizá-lo como fertilizante agrícola.

A análise de fitotoxicidade de um biofertilizante é possível por meio da utilização do teste de índice de germinação (IG) proposto por Zucconi et al. (1981). Os resultados do referido teste permitem classificar o biofertilizante como fitotóxico ou fitoestimulante. Belo (2011) apresenta classificação dividida em faixas, sendo: menor que 30% muito fitotóxico; entre 30 e 60% fitotóxico; entre 60 e 80% moderadamente fitotóxico; entre 80 e 100% não fitotóxico e acima de 100% fitoestimulante na germinação e crescimento da raiz das plantas. Esta informação é útil principalmente quando do uso do biofertilizante em sistemas hidropônicos.

O monitoramento da qualidade do biofertilizante por meio da análise do IG tem sido relatado na literatura (ALBURQUERQUE *et al.*, 2012; DA ROS *et al.*, 2018). Damaceno *et al.* (2019) avaliaram a codigestão anaeróbia de proporções crescentes de lodo de flotor com batata doce. Os autores concluíram que os biofertilizantes contendo maiores porcentagens de lodo flotor em relação à batata-doce apresentam maior teor de nutrientes e maior valor agrônômico sem os problemas de fitotoxicidade associados.

2.1 BENEFÍCIOS DA MATERIA ORGANICA PARA SOLO E PLANTAS

Dentre as inúmeras vantagens da aplicação do biofertilizante nos solos agrícolas, a principal encontra-se no incremento dos teores da matéria orgânica que este insumo proporciona.

A relação da matéria orgânica com a qualidade dos solos e sua biota já havia sido notada por cientistas no final do século XIX. Bottomley (1914) realizou vários experimentos com plantas e micro-organismos do solo com a finalidade de testar a turfa como fertilizante. Este material foi incubado com uma cultura mista de micro-organismos provenientes do solo e a solução resultante foi chamada de “humato” ou “húmus ácido”. Bottomley descreveu este material essencialmente como um extrato aquoso proveniente de turfa e micro-organismos. Este extrato foi considerado um excelente meio de cultura para bactérias e para crescimento de plântulas de trigo, por conter elementos adicionais aos nutrientes minerais.

Esses elementos suplementares, também chamados por Bottomley de “estimulantes ativos”, estariam presentes somente no extrato de turfa tratado com micro-organismos do solo.

Nos ambientes tropicais, a matéria orgânica do solo tem importância elevada. É amplamente reconhecida por seus efeitos benéficos à física e química dos solos devido a melhor agregação e retenção de água, maior CTC e disponibilidade de nutrientes. O processo pelo qual as fontes orgânicas liberam, a medida que se decompõe, minerais solúveis prontamente disponíveis para serem absorvidos pelas plantas é chamado de mineralização.

Os fertilizantes orgânicos fornecem nutrientes, melhoram as condições do solo e também apresentam bioatividade, ou seja, efeitos estimulantes nas plantas. Efeitos como indução de crescimento e melhora na qualidade nutricional vêm justificando a crescente comercialização de bioestimulantes e fertilizantes de base orgânica. A função de promoção de crescimento de extratos aquosos da matéria orgânica do solo tem sido estabelecida por autores diversos (DELL'AGNOLA; NARDI, 1987; SCHMIDT *et al.*, 2007; ZANDONADI *et al.*, 2016).

Estudos de pesquisadores italianos (SCAGLIA *et al.*, 2015) sugerem que a ação fitoestimulante está associada a presença de hormônios vegetais, como a auxina e alta presença de ácidos fenil-acéticos atribuídos à biodegradação de aminoácidos aromáticos presentes na biomassa. Estes fito hormônios induzem o desenvolvimento do sistema radicular, principalmente dos pelos radiculares responsáveis pela absorção de água e nutrientes.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O efluente utilizado é proveniente de um reator anaeróbio CSTR de 500 litros (40 dias de tempo de detenção hidráulica), que possui controle de temperatura, isolamento térmico e agitador mecânico para homogeneizar a biomassa. O reator está em operação no laboratório de Técnicas de Reciclagem da Universidade Estadual de Londrina.

O reator recebeu resíduo de restaurante (80%) mais resíduo de grama (20%) pré-tratada com hidróxido de sódio com o intuito de favorecer a quebra da lignina (SONG et al. 2014; CROCE et al. 2016).

Inicialmente o reator foi inoculado com lodo de ETE na proporção de 30% de seu volume útil (400 litros) e após uma semana de repouso a 36⁰C, para a aclimação da comunidade bacteriana, foi dada a partida no reator iniciando sua alimentação lentamente.

A carga orgânica introduzida no início foi de 0,3 kgSV.m³.d⁻¹ até a estabilização do reator com carga de 1,2 kgSV.m³.d⁻¹. Foi mantido o teor de sólidos em torno de 5%, respeitando o índice técnico recomendado para este tipo de reator.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Após a estabilização do reator, iniciou-se a coleta de amostras do biofertilizante. Foram coletadas seis amostras do reator em operação visando acompanhar suas características de forma compatível com TDH – Tempo de Detenção Hidráulica - do reator. Após coletadas, as amostras de biofertilizante foram acondicionadas em garrafas PET e congeladas até a avaliação.

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Resíduos Agroindustriais – LARA – da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Cada amostra de biofertilizante, coletada semanalmente, foi caracterizada em função da série de sólidos (sólidos totais, voláteis e fixos) pelos métodos gravimétricos, baseados na secagem e ignição da amostra (APHA, 2012). O carbono orgânico total (COT) foi obtido dividindo a porcentagem de sólidos voláteis por 1,8 (CARMO; SILVA, 2012). As leituras de pH e CE foram realizadas com um pHmêtro e um condutivímetro de bancada, respectivamente. A alcalinidade parcial (AP), alcalinidade intermediária (AI) e acidez volátil (AV) foram determinadas pelo método titulométrico (RIPLEY et al., 1986). A relação AV/AT foi calculada dividindo a AV pela soma das AP e AI, isto é, a alcalinidade total (AT).

O índice de germinação (IG) foi realizado seguindo metodologia proposta por Zucconi et al., (1981), utilizando-se de sementes de *Lepidium sativum* (agrião de jardim)

para verificar se o biofertilizante apresenta efeito fitotóxico ou fitoestimulante, em função do número de sementes germinadas e o comprimento da radícula (Equação 1).

$$IG = (Gt/Gc) * 100 * (Lt)/(Lc) \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

IG – índice de germinação (%);

Gt – número de sementes germinadas no tratamento (adimensional);

(Gc) – média de sementes germinadas no controle (adimensional);

(Lt) – comprimento médio das raízes germinadas no tratamento (cm);

(Lc) – comprimento médio das raízes germinadas no controle (cm).

O resultado da germinação do teste controle é considerada 100%. O resultado é um índice de germinação (%) ou índice de fitotoxicidade.

Belo (2011) apresenta classificação dividida em faixas, conforme o Quadro 1:

Quadro 1 - Índice de classificação para o teste de germinação.

% Germinação	Classe Toxicológica
Menor que 30%	Muito Fitotóxico
Entre 30 e 60%	Fitotóxico
Entre 60 e 80%	Moderadamente fitotóxico
Entre 80 e 100%	Não fitotóxico Composto Maturado
Acima de 100%	Fitoestimulante

3. 2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Para a avaliação do efeito fitotóxico ou fitoestimulante dos biofertilizantes obtidos, confeccionou-se uma amostra composta com seis amostras isoladas. A partir desta amostra composta definiram-se tratamentos em função da diluição do biofertilizante, a saber: 0,1; 1,0; 10,0; 15,0 e 20,0%. Os resultados do teste de fitotoxicidade (IG) foram submetidos à análise de variância em delineamento experimental totalmente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar pelos resultados apresentados na Tabela 1 que os valores referentes à série de sólidos e carbono orgânico total (COT) são muito próximos entre as amostras avaliadas, pressupondo estabilidade do reator dentro do TDH monitorado.

Tabela 1. Série de sólidos (totais, voláteis e fixos) e teor de Carbono Orgânico Total das amostras de biofertilizante coletadas semanalmente durante um TDH.

AMOSTRA	ST	SV	SF	COT
			%	
1	0,60±2,01	53,62±2,01	46,38±2,01	29,79±1,1
2	0,56±2,64	51,94±2,64	48,06±2,64	28,86±1,5
3	0,45±0,66	49,14±0,66	50,86±0,66	27,30±0,4
4	0,54±0,37	48,91±0,37	51,09±0,37	27,17±0,2
5	0,50±3,98	51,48±3,98	48,52±3,98	28,60±2,2
6	0,43±0,44	49,80±0,44	50,20±0,44	27,67±0,2
MÉDIA	0,51	50,81	49,20	28,23

Fonte: O autor

Em termos de características dos biofertilizantes produzidos, verifica-se que do total de ST detectado houve uma redução média de 51% da carga orgânica dos resíduos submetidos à digestão anaeróbia. Este resultado está condizente com resultados de outras pesquisas. Daniel (2015) observou valores semelhantes na redução de ST trabalhando com biofertilizantes obtidos a partir de dejetos da pecuária leiteira. Cappi et al. (2009), obtiveram redução de 63,74% de SV avaliando biodigestor tubular contínuo, com TDH de 55+ 5dias.

Os resultados das análises físico-químicas dos biofertilizantes avaliados (pH e CE) são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de pH e condutividade elétrica (CE) das amostras de biofertilizantes coletadas semanalmente durante um TDH.

AMOSTRA	pH	CE (mS cm ⁻¹)
1	8,1±0,01	3,2±0,03
2	8,0±0,05	3,3±0,03
3	8,0±0,03	3,0±0,02
4	8,4±0,03	3,5±0,01
5	8,3±0,02	3,2±0,03
6	8,2±0,01	2,9±0,03
MÉDIA	8,2	3,2

Fonte: O autor

Os parâmetros pH e CE afetam diretamente a germinação das sementes. Com relação ao pH, Damaceno (2018) realizou estudos de codigestão entre lodo de flotador e batata doce e observou correlação forte positiva ($p = 0,7883$) entre o pH e o IG dos biofertilizantes obtidos, comprovando que conforme diminuiu o pH nos tratamentos, o IG reduz.

A CE afeta sobremaneira a germinação das sementes e a alongação das raízes. Nasri et al. (2015) concluíram que a salinidade reduz a germinação de sementes de alface, bem como o comprimento e a massa fresca das raízes e da parte aérea.

Outros parâmetros de interesse na avaliação do biofertilizante como reflexo do desempenho do processo da digestão anaeróbia são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Teores de Alcalinidade Parcial (AP), Alcalinidade Intermediária (AI), Acidez volátil (AV), Alcalinidade Total (AT) e suas relações nas amostras de biofertilizante coletadas semanalmente durante um TDH.

AMOSTRA	AP	AI	AV	AT	AI/AP	AV/AT
	mg L^{-1}					
1	1979,17	416,67	105,00	2395,83	0,21	0,04
2	2021,28	319,15	142,98	2340,43	0,16	0,06
3	1875,00	416,67	140,00	2291,67	0,22	0,06
4	2083,33	416,67	105,00	2500,00	0,20	0,04
5	1875,00	416,67	140,00	2291,67	0,22	0,06
6	1914,89	319,15	142,98	2234,04	0,17	0,06
Média	1958,1	384,2	129,3	2342,3	0,19	0,05

Fonte: O autor

A alcalinidade parcial (AP) representada pela presença de bicarbonato, somada a alcalinidade intermediária (AI) devida aos ácidos graxos, resulta na alcalinidade total (AT) capaz de neutralizar os ácidos no reator.

Os valores da razão AI/AP superiores a 0,3 sugerem a instabilidade do processo de digestão anaeróbia, configurando-se, portanto, importante parâmetro de verificação e controle operacional (RIPLEY et al., 1986; MARTÍN-GONZÁLEZ et al., 2013).

Dessa forma, o monitoramento do sistema por meio da medição diária da alcalinidade, visa avaliar a estabilidade biológica da digestão anaeróbia, detectando eventuais falhas no processo, permitindo dessa forma interferir com medidas corretivas ou preventivas antes mesmo que a falha do sistema seja pronunciada.

Observa-se pelos dados obtidos no experimento que a relação AI/AP de todas as amostras ficou abaixo de 0,3, demonstrando estabilidade no processo anaeróbio.

O efeito destes parâmetros no IG está relacionado à qualidade do biofertilizante. Relação AV/AT dentro dos valores referenciais demonstra que houve equilíbrio/estabilidade durante a degradação do substrato e, portanto, o biofertilizante não se apresenta com excesso de ácidos orgânicos, o que diminuiria o pH e causaria problemas na germinação das sementes.

Neste caso, os valores relacionados na Tabela 3 não afetaram o IG, fato também observado por Da Ros et al. (2018). Os autores relatam que a capacidade tampão também poderia afetar o pH, mas no seu estudo, a alcalinidade parcial e total não afetaram a qualidade final do biofertilizante.

Por fim, os valores do IG em função das diferentes diluições dos biofertilizantes podem ser visualizados

	Diluições	Índice de Germinação (%)	
Tabela 4. médios do Germinação nas diluições do	0,1%	110 ^{AB} ±21,2	na Tabela 4. Valores Índice de (IG) obtidos diferentes digestato.
	1,0%	111 ^{AB} ±14,0	
	5,0%	125 ^A ±14,2	
	10,0%	108 ^{AB} ±13,8	
	15,0%	102 ^B ±13,8	
	20,0%	98 ^B ±16,0	
	CV (%)	14,44	

Fonte: O autor

Observa-se pelos resultados obtidos, que de acordo com a classificação de Belo (2011), todos as diluições avaliadas resultaram em biofertilizantes não fitotóxicos (20%) e com efeito fitoestimulante (0,1; 1,0; 5,0; 10,0 e 15,0%), sendo que destas, apenas a diluição de 15% é estatisticamente inferior à diluição de 5%.

O efeito fitoestimulante dos biofertilizantes também foi relatado por Damaceno et al. (2019) e Restrepo (2019) ao avaliarem a mono e co-digestão anaeróbia do lodo de flotor e batata doce ou caldo de cana, respectivamente.

A avaliação do IG em biofertilizantes é útil quando de sua utilização em sistemas hidropônicos, em que mudas recém-formadas são submetidas à soluções nutritivas. Neste sentido, Ronga et al. (2019) concluíram que o digestato/biofertilizante representa um meio de cultura sustentável e alternativo ou solução nutritiva para a produção de alface cultivada em sistema hidropônico.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que o biofertilizante obtido apresentou características similares durante um período de TDH e que não há restrição do seu uso até a diluição máxima testada (20%). A diluição de 5% favorece o maior efeito fitoestimulante do biofertilizante.

O pH levemente alcalino demonstra que a digestão anaeróbica ocorreu de forma equilibrada e que o efeito tampão neutralizou excessos de ácidos graxos, o que seria prejudicial ao solo e as plantas.

De acordo com a classificação de Belo (2011), todas as diluições avaliadas resultaram em biofertilizantes não fitotóxicos e com efeitos fitoestimulantes.

5 REFERÊNCIAS

ALBURQUERQUE, J.A.; FUENTE, C. DE L.; FERRER-COSTA, A.; CARRASCO, L.; CEGARRA, J.; ABAD, M.; BERNAL, M.P. **Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues**. *Biomass Bioenerg.* 40 (2012) 181-189.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 18^a ed., Washington, 2012.

BELO, S. R. S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

CAPPI, N.; SANTOS, T.M. B.& LUCAS JR., J. 2009. **Características físico-químicas de água residuária de suinocultura tratada em reator anaeróbio contínuo de PVC**. In: CONBEA, 38, 2009, Juazeiro (BA)/Petrolina (PE).

CARMO, D. L. do; SILVA, C. A. **Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, n. 4, p. 1211-1220, 2012.

CAVALCANTE, L.F.; CAVALCANTE, Í.H.L.; RODOLFO JÚNIOR, F.; BECKMANNCAVALCANTE, M.Z.; SANTOS, G.P. **Leaf-macronutrient status and fruit yield of biofertilized yellow passion fruit plants**. *Journal of Plant Nutrition*, v. 35, p. 176-191, 2012.

CHEN, S.; CANAS, E. M. Z.; ZHANG, Y.; ZHU, Z.; HE, Q. **Impact of substrate overloading on archaeal populations in anaerobic digestion of animal waste**. *J. Appl. Microbiol.*, v. 113, n. 6, p. 1371-1379. 2012a.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: UFMG, 246 p., 2007.

CROCE, Serena et al. Anaerobic digestion of straw and corn stover: The effect of biological process optimization and pre-treatment on total bio-methane yield and energy performance. **Biotechnology Advances**, [s.l.], v. 34, n. 8, p.1289-1304, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2016.09.004>

DANIEL, T. R. **Avaliação dos afluentes e Efluentes em sistemas de biodigestores em escala real para produção de biogás e biofertilizante à partir de dejetos da pecuária leiteira.** 2015. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

DAMACENO, F. M. **Codigestão anaeróbia do lodo obtido em abatedouros de frangos e batata-doce: valorização energética e agrônômica.** 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2018.

DAMACENO, F.M.; CHIARELOTTO, M.; RESTREPO, J.C.P.S.; BULIGON, E.L.; MENDONÇA COSTA, L.A. DE; LUCAS JUNIOR, J. de; COSTA, M.S.S. de M. **Anaerobic co-digestion of sludge cake from poultry slaughtering wastewater treatment and sweet potato: Energy and nutriente recovery.** *Renewable Energy*, v. 133, pp 489-499, 2019.

DA ROS C.; LIBRALATO G.; CHIRARDINI A. V.; RADAELLI M.; CAVINATO C. **Assessing the potential phytotoxicity of digestate from winery wastes.** *Ecotoxicology and Environmental Safety* 150 (2018) 26-33.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** CORE WRITING TEAM; PACHAURI, R.K and REISINGER, A. (Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, 104 p. 2007.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos.** São Paulo : Oficinas de Textos, 2002.

RESTREPO, J.C.P.S. **Codigestão anaeróbia de lodo de flotador do abate de frangos e caldo de cana de açúcar.** 2019. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. **Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digestion of High-Strength Wastes.** *Water Pollution Control Federation*, v. 58, n. 5, p. 406-411, 1986.

RONGA, D.; SETTI, L.; SALVARANI, C.; DE LEO, R.; BEDIN, E.; PULVIRENTI, A.; MILCA, J.; PECCHIONI, N.; FRANCA, E. **Effects of solid and liquid digestate for hydroponic baby leaf lettuce (*Lactuca sativa L.*) cultivation.** *Scientia Horticulturae*, v. 244, p. 172-181, 2019.

SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P. L.; KUROKI, V.; ALMEIDA, L. F.; MAGNONI JÚNIOR, M. L. **Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio**

para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. Química Nova, v. 35, n.1, p. 35-40, 2012b.

SONG, Zilin et al. Comparison of Seven Chemical Pretreatments of Corn Straw for Improving Methane Yield by Anaerobic Digestion. Plos One, [s.l.], v. 9, n. 4, p.93801-93809, 2 abr. 2014. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0093801>.

ZUCCONI, F.; PERA, A.; FORTE, M.; BERTOLDI, M. de. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. BioCycle, v. 22, p. 54-57, 1981.