II CONGRESSO BRASILEIRO DE BIODIVERSIDADE VIRTUAL

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

ESTIMATIVA E CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS NO BRASIL: ANÁLISE PARA AUXILIAR NA MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

VAGNER JANIEL DE LIMA; FRANCISCO WEDSON FAUSTINO; MARIA DAS DÔRES MILENA DE SOUSA LEITE; INGRID VITÓRIA SILVA CARDOSO; ROSEMARY DE MATOS CORDEIRO

RESUMO

A suinocultura consiste em um setor de destaque no agronegócio brasileiro, uma vez que a carne suína é uma das mais consumidas no mundo. Desse modo, essa atividade se desenvolve no país para atender o mercado interno e externo, tornando o Brasil o quarto maior produtor e exportador desse produto, para mais, ressalta-se que essa atividade apresenta grande relevância social. Todavia, à vista disso, a suinocultura detém um alto potencial de causar impactos ambientais, principalmente, nos ecossistemas aquáticas, pelo fato dos dejetos produzidos na criação de porcos apresentar elevadas concentrações de resíduos contaminantes. Diante disso, o presente artigo teve como finalidade estimar a produção de dejetos suínos no Brasil, bem como analisar os constituintes de tal resíduos, além disso, buscou-se expor os principais impactos decorrente da presença de metais pesados e nutrientes, propondo a geração de fertilizantes como alternativa para mitigar os impactos ambientais, por mais, deduziu-se a economia com essa prática. Para tanto, procurou-se dados na literatura que favorecessem o cálculo para estimar a produção de dejetos suínos, bem como os principais constituintes do mesmo. Dessa forma, após estimar a carga de constituintes, recorreu-se, mais uma vez, a literatura para verificar os principais impactos dessa atividade. Ademais, expõe-se como alternativa a remoção dos nutrientes para produzir fertilizante e, por meio de pesquisa orçamentária, pode-se estimar, de forma subjetiva, a economia com esta prática. Por meio dessas etapas, verificou-se uma elevada carga de metais pesados e nutrientes presentes, e que caso não apresentem uma disposição adequada, tem um alto grau de causar impactos ambientais, sobretudo, nos ecossistemas aquáticos, a exemplo, da eutrofização. Ainda, devido as estimativas orçamentarias, observou-se que a carga de nutrientes poderia gerar uma elevada economia, além de mitigar os impactos ambientais. Em síntese, verifica-se que o dejeto suíno necessita de tratamento, por reunir diversos elementos potencialmente prejudiciais aos ecossistemas. Nessa perspectiva, os biodigestores se tornam uma alternativa viável pelo seu baixo custo operação, além da produção de biofertilizante. Contudo, sugere-se para trabalhos futuros a análise dos gastos para extração de nutrientes e produção de fertilizantes, a fim de obter dados mais assertivos.

Palavras-chave: biodigestores; nutrientes; fertilizantes; NPK; metais pesados.

ABSTRACT

Pig farming is a prominent sector in Brazilian agribusiness, since pork is one of the most consumed in the world. Thus, this activity is developed in the country to serve the internal and external market, making Brazil the fourth largest producer and exporter of this product, moreover, it is emphasized that this activity has great social relevance. However, in view of this, swine farming has a high potential to cause environmental impacts, mainly in aquatic ecosystems, due to the fact that the waste produced in pig farming has high concentrations of contaminating residues. Therefore, this article aimed to estimate the production of swine

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

manure in Brazil, as well as to analyze the constituents of such waste, in addition, it sought to expose the main impacts resulting from the presence of heavy metals and nutrients, proposing the generation of fertilizers as an alternative to mitigate environmental impacts, however, savings were deducted from this practice. Therefore, we searched for data in the literature that favored the calculation to estimate the production of swine manure, as well as its main constituents. Thus, after estimating the load of constituents, the literature was once again used to verify the main impacts of this activity. Furthermore, the removal of nutrients to produce fertilizer is exposed as an alternative and, through budget research, it is possible to subjectively estimate the economy with this practice. Through these steps, there was a high load of heavy metals and nutrients present, and if they are not properly disposed, they have a high degree of causing environmental impacts, especially in aquatic ecosystems, such as eutrophication. Also, due to budget estimates, it was observed that the nutrient load could generate a high economy, in addition to mitigating environmental impacts. In summary, it appears that swine manure needs treatment, as it brings together several potentially harmful elements to ecosystems. From this perspective, biodigesters become a viable alternative due to their low cost of implantation and operation, in addition to the production of biofertilizer. However, it is suggested for future work the analysis of expenses for nutrient extraction and fertilizer production, in order to obtain more assertive data.

Key Words: biodigesters; nutrients; fertilizers; NPK; heavy metals.

1 INTRODUÇÃO

A presente expansão da suinocultura tem como fundamental característica a concentração de animais por área, e tem por finalidade atender o consumo interno e externo de carne, seus produtos e derivados (SILVA; FRANÇA; OYAMADA, 2015). A carne suína é uma das carnes mais consumidas no mundo, devido às suas altas qualidades organolépticas, como maciez, suculência, sabor agradável e único, além do alto teor de gordura, que atende às expectativas do consumidor. Nos últimos anos, entre 2011 e 2017, a produção e consumo de carne suína no Brasil cresceu substancialmente, com produção média de 3,6 milhões de toneladas e consumo per capita anual de 15 kg. Com 81,5% do produto utilizado no mercado interno e 18,5% para exportação, o Brasil constitui-se no quarto maior produtor e exportador desse produto, apresentando boas perspectivas no mercado internacional (ROCHA, 2020).

Com isso, as atividades ligadas à suinocultura têm destaque na matriz produtiva do agronegócio brasileiro, destacando sua importância em escala econômica e social, principalmente no que se refere à geração de empregos, uma vez que sua produção ocorre principalmente em áreas rurais de pequeno e médio porte onde é plenamente utilizada. (HABAS; BARICHELLO; ZANELLA, 2016). Assim como outras cadeias produtivas do agronegócio, a suinocultura brasileira tem crescido rapidamente nos últimos anos. Esse crescimento fica evidente quando se analisam diversos indicadores econômicos e sociais, como: volume de exportações; participação nos mercados mundiais; número de empregos diretos e

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

indiretos etc. (HECKLER, 2019).

Ademais, a relevância da suinocultura para a agricultura familiar se deve particularmente às suas características de utilização de mão de obra familiar plena, pouca exigência de área de terra, prática própria do produtor de financiar investimentos e custos e retornos financeiros. Pequenos agricultores com condições limitadas encontraram viabilidade na diversificação da produção. A suinocultura viabiliza as bacias leiteiras, pois os resíduos dessa produção são utilizados como adubo para pastagens e também para a produção de grãos (HECKLER, 2019).

Porém, nota-se, como consequência, uma generalizada poluição hídrica proveniente dos dejetos da suinocultura (SILVA; FRANÇA; OYAMADA, 2015). Além disso, Morais et al., (2017) afirmam que um dos problemas cruciais na criação de suínos está no elevado volume de dejetos gerados e na sustentabilidade da sua produção. O lançamento inadequado de dejetos não tratados em lagos, rios e no solo podem causar enfermidades (alergias, hepatite, verminoses); causar desconforto à população (mau cheiro e proliferação de insetos) e, ainda, acarretar impactos no meio ambiente (toxicidade em plantas, eutrofização dos cursos d'água e morte de peixes e animais).

Dito isso, a principal causa da poluição é a descarga direta de dejetos de suínos não tratados nos cursos d'água, resultando em um desequilíbrio ecológico e poluição devido à redução dos níveis de oxigênio dissolvido na água, transmissão de patógenos e contaminação da água potável por amônia e outros elementos tóxicos. Os principais componentes do esterco suíno que modificam as águas superficiais são matéria orgânica, bactérias fecais, nutrientes e sedimentos. Bactérias e nitratos são componentes que alteram a qualidade das águas subterrâneas. A suinocultura também causa outro tipo de problema que é a poluição do ar relacionada ao odor desagradável dos dejetos. Isso acontece devido à evaporação de compostos voláteis, que podem ter efeitos prejudiciais ao bem-estar humano e animal. Os poluentes atmosféricos mais comuns nas fezes são: amônia, ácidos graxos voláteis, metano, H2S, N20, etanol, propanol, etanol, entre outros (SILVA; FRANÇA; OYAMADA, 2015).

O esterco é composto pelas fezes dos animais que, geralmente, se apresentam na forma sólida ou pastosa. Os dejetos podem possuir grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo adotado e, particularmente, da quantidade de nutrientes e água em sua composição. O esterco líquido dos suínos possui matéria orgânica, nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, sódio, manganês, zinco, ferro, cobre e outros elementos que estão presentes nas dietas dos animais (SILVA; FRANÇA; OYAMADA, 2015).

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

Os sistemas intensivos de suinocultura fechada produzem grandes volumes de dejetos e requerem destinação. Dentre as alternativas possíveis, a mais aceita pelos agricultores é o uso como fertilizante (SILVA; FRANÇA; OYAMADA, 2015). O que tem sido feito para minimizar o impacto das atividades de suinocultura é a conscientização dos suinocultores, mas diante dos resultados, mais ações devem ser desenvolvidas, como fiscalizações, políticas públicas regulatórias como impostos, desenvolvimento de programas de sustentabilidade econômica e apoio à produção. Incentivos à implantação de biodigestores (HABAS; BARICHELLO; ZANELLA, 2016).

Diante disso, o presente artigo teve como finalidade estimar a produção de dejetos suínos no Brasil, bem como analisar os constituintes de tal resíduos, além disso, buscou-se, por meio de revisão bibliográfica, expor os principais impactos decorrente da presença de metais pesados e nutrientes, propondo a geração de fertilizantes como alternativa para mitigar os impactos ambientais dessa atividade e deduzindo a economia com essa prática.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos do presente trabalho, buscou-se na literatura trabalhos para caracterizar o efluente de biodigestores tratando dejetos suínos. Após essa etapa, verificou-se a presença de metais pesados e nutrientes com potencial de causar impactos ambientais negativos, em especial, aos ecossistemas aquáticos. Dessa forma, realizou-se uma revisão bibliográfica com intuito de relatar os danos mencionados, bem como trazer justificativas para a importância de se dispor desses resíduos de forma ambientalmente correta, com finalidade de mitigar os possíveis impactos ambientais da atividade suína.

Relacionado a quantificação dos dejetos, de início, utilizou-se as informações de Afonso et al. (2019) que relaciona a quantidade de suínos, expressa em matrizes, com a produção de dejetos em $m^3.ano^{-1}$, conforme exposto na Tabela 01. Ademais, adotou-se a estimativa da produção anual de matrizes suínas expressa pelo IBGE (2021), que correspondia a 4.839.630 matrizes em 2020.

Tabela 01 - Produção anual de efluentes de suínos

Quantidade de suínos (Matrizes)	Dejetos ($m^3.ano^{-1}$)
300	1.346,74
650	2.917,94
1.000	4.493,62

Valores médios

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

Quantidade de suínos (Matrizes)	Dejetos ($m^3.ano^{-1}$)
650	2.919,43
Dejetos por matriz suína*	
4,491 $m^3.ano^{-1}.n°\ suínos^{-1}$	

* Obtido pela divisão dos valores médios (dejetos por quantidade de suínos).
Fonte: Organizado pelos autores a partir dos dados de Afonso et al., 2019.

Para mais, empregou-se a Equação 01 para determinar a produção de dejetos suínos em $m^3.ano^{-1}$.

$$PD = Q_{Matrizes} * DPM \qquad \text{Equação 01}$$

Onde:

$PD_{suíno}$ = Produção de dejeto suínos ($m^3.ano^{-1}$);

$Q_{Matrizes}$ = Quantidade de matrizes suínas por anos (n° suínos.ano^{-1});

DPM = Dejetos por matriz suína ($m^3.ano^{-1}$. n° $suínos^{-1}$). Para o DPM, adotou-se o valor de 4,491 $m^3.ano^{-1}.n°\ suínos^{-1}$ a partir da média aproximada dos valores expressos na Tabela 01.

Além disso, buscou-se, na literatura, valores de concentração dos constituintes de resíduos após tratamento em biodigestores, conforme dispostos por Moura (2019) e Silva (2020), organizados na Tabela 02. Ainda, reforça-se que os valores expostos na tabela 02 correspondem a concentrações já presente no efluente do biodigestor, optou-se por esse ao invés do dejeto de suinocultura bruto (sem tratamento), pelo fato do tratado ser passível de ser empregado como biofertilizante, ou seja, a partir das estimativas realizadas a seguir, pode-se verificar, de certa forma, a viabilidade por conta dos nutrientes, em especial, ao nitrogênio, fósforo e potássio presente no efluente final.

Tabela 02 - Resultados bibliográficos de análise de efluente suíno tratado em biodigestores

Parâmetros analisados	Fonte	
	Moura (2019)	**Silva (2020)**
Alumínio (Al)	2,31 $mg.L^{-1}$	ND
Boro (B)	5,67 $mg.L^{-1}$	ND
Cálcio (Ca)	ND	600 $mg.L^{-1}$
Cobre (Cu)	0,12 $mg.L^{-1}$	54,8 $mg.L^{-1}$
Enxofre (S)	ND	400 $mg.L^{-1}$
Ferro (Fe)	2,55 $mg.L^{-1}$	125,0 $mg.L^{-1}$
Fósforo (P)	ND	500 $mg.L^{-1}$
Magnésio (Mg)	42,63 $mg.L^{-1}$	200 $mg.L^{-1}$
Manganês (Mn)	0,72 $mg.L^{-1}$	11,4 $mg.L^{-1}$
Nitrogênio (N)	ND	3.400 $mg.L^{-1}$
Potássio (K)	97,41 $mg.L^{-1}$	300 $mg.L^{-1}$
Zinco (Zn)	31,11 $mg.L^{-1}$	113,8 $mg.L^{-1}$
Densidade	ND	1.004 $g.L^{-1}$
Massa Seca	ND	1,4%
Matéria Orgânica	ND	600 $mg.L^{-1}$

Fonte: Organizado pelos autores, 2022.

II CONGRESSO BRASILEIRO DE BIODIVERSIDADE VIRTUAL

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

Assim, pode-se aplicar as Equação 02 e 03 para estimar a produção de cada constituinte presente no resíduo mencionado. Para mais, salienta-se que foram operados os cálculos matemáticos apenas com as informações de Silva (2020), por esse ser o único que dispõe de dados para os três elementos presentes no NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), sendo esses nutrientes importante em relação a viabilidade dos biofertilizantes.

$$PC_{Anual} = [(Po_{ssuímos} * 1.000) * CC] * 10^{-9} \qquad \text{Equação 02}$$

Onde:
PC_{Anual} = Produção anual do constituinte (ton.ano^{-1}); $PD_{Suíno}$ = Produção de dejeto suínos (m^3.ano^{-1});
CC = Concentração do constituinte (mg.L^{-1});

Observações = O valor 1.000 na fórmula foi utilizado para converter o $PD_{Suíno}$ de m^3.ano^{-1} para L. ano^{-1}, por sua vez, o valor de 10^{-9} foi empregado para converter o resultado final de mg. ano^{-1} para ton. ano^{-1}.

$$\%_{Constituinte} \qquad)] * 10^{-6}\ 100 \qquad \text{Equação 03}$$

Onde:
PC_{Anual} = Produção anual do constituinte (ton.ano^{-1}); d = Densidade do dejeto suíno (g.L^{-1});
$\%_{Constituinte}$ = Porcentagem que o constituinte representa no dejeto suíno (mg.L^{-1});
Observações = O valor 1.000 na fórmula foi utilizado para converter o $PD_{Suíno}$ de m^3.ano^{-1} para L. ano^{-1}, por sua vez, o valor de 10^{-6} foi empregado para converter o resultado final de mg.ano^{-1} para ton. ano^{-1}.

Destaca-se, ainda, que a Equação 02 foi manipulada para os constituintes no qual o autor estimava a concentração em unidade de massa e volume. Por sua vez, fez-se uso da Equação 03 no parâmetro que o autor expressou os dados em porcentagem, a citar, a matéria orgânica.

Com a tentativa de estimar, de forma subjetiva, a economia relacionada ao biofertilizante produzido teoricamente, caso todo o nitrogênio, fósforo e potássio fosse removido e convertido em NPK com eficiência de 100%, fez-se uma pesquisa orçamentária a cerca nesse fertilizante (NPK). Nessa perspectiva, pelo fato do NPK ser comercializado em variadas concentrações, considerou-se as porcentagens de 10% para cada um dos elementos químicos, a fim de padronizar os custos por empresa.

Para mais, adotou-se o potássio como constituinte limitante, sendo a sua produção utilizada como valor para estimativa em reais, uma vez que esse nutriente apresentou uma estimativa de produção menor quando comparado aos valores de nitrogênio e fósforo (Tabela 02), em outras palavras, quer dizer que esse material poderia ser utilizado em 100% sem faltar os demais, que apresentam maiores quantidades teóricas. Para mais, foi possível verificar os

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

custos a partir dos dados coletados em pesquisa orçamentaria e expostos na Tabela 03.

Tabela 03 - Orçamentos dos fertilizantes NPK (Nas concentrações 10% de N; 10% de F; e 10% de P) realizados em 2022

Empresa	Adubo	Preço ($R\$.kg^{-1}$)	Uso
Empresa 01	Agrosolo NPK	4,65	Agrícola
Empresa 02	NPK mistura de grânulos	8,60	Arvores, frutíferas e jardim
Empresa 03	Fertilizante Heringer	6,00	Arvores, frutíferas e jardim
Empresa 04	Insumax	14,00	Arvores, frutíferas, hortaliças e jardim
Empresa 05	Vitaplan	17,72	Jardim
Empresa 06	Fertilizante mineral dimy	22,90	Jardim
Empresa 07	ilizante Adubo Para Zamioculca Npk	14,90	Jardim
Empresa 08	NPK	7,07	Agrícola, arvores, frutíferas, forragem, hortaliças e jardim
Empresa 09	Vanguarda	7,24	Agrícola
Empresa 10	Ourofertil	5,00	Agrícola

Observação: Optou-se por empresas que apresentavam a mesma formulação 10% de N; 10% de F; e 10% de P
Fonte: Organizado pelos autores, 2022.

Diante das informações apresentadas, adotou-se a Equação 04 para estimar a economia em reais com NPK presente em biofertilizantes. Salienta-se, ainda, que por mais que seja uma estimativa subjetiva, essa pode trazer uma noção da economia que esses biofertilizantes poderiam trazer, além de mitigarem os impactos ambientais caso esses nutrientes fossem dispostos de modo inadequado na natureza.

$$E_{NPK} = (PC_{Anual} * 10) * 1.000 * V_{Fertilizante} \qquad \text{Equação 04}$$

Onde:

E_{NPK} = Economia com NPK ($R\$.ano^{-1}$)
PC_{Anual} = Produção de dejeto suínos ($ton.ano^{-1}$); $V_{Fertilizante}$ = Valor do fertilizante ($R\$.kg^{-1}$);
Observação = O valor de 10 multiplicado o PC_{Anual} decorre da porcentagem de cada nutriente presente no fertilizante, ou seja, como o orçamento foi feito por kg de fertilizantes completo e esse apresenta um percentual de nutrientes (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) de 10%, cada, significa que 1 kg de potássio produziria, teoricamente, 10 kg de tal fertilizante. Relacionado ao valor 1.000, esse foi introduzido na formula para converter o PC_{Anual} de $ton.ano^{-1}$ para $kg^{-1}.ano^{-1}$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

Dentre os primordiais setores da economia brasileira, se encontra a agroindústria que apresenta relevância tanto para a performance exportadora brasileira, quanto para o abastecimento interno (NARDELI et al., 2019). Por outro lado, os setores agropecuários são um dos principais poluidores do meio ambiente, sendo responsáveis pela liberação de GEE (gases do efeito estufa), tendo a suinocultura um lugar de destaque no setor, devido a isso causa preocupação mundial. Por esse motivo, foi desenvolvido no Plano Agrícola e Pecuário 2010.2011, o "Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)" coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e aprovada pela Resolução BACEN nº 3.896 de 17.08.2010 (EMBRAPA, 2022).

Desse modo, a suinocultura é considerada pelos órgãos ambientais como uma "atividade potencialmente causadora de degradação ambiental", classificando-a como de grande potencial poluidor, em decorrência dos impactos ambientais causados (GONÇALVES E OLIVEIRA, 2018; ZAMBIASI et al., 2018). Em consequência disso, essa atividade vem ganhando atenção mundial em relação à produção de resíduos. Esses resíduos são constituídos de fezes, urina, resíduos de ração, pelos, poeira e insumos usados na produção dos suínos (SOUZA et al., 2019), sendo responsáveis por grave problema, causando forte degradação do solo, do ar (GEE) e, principalmente, dos recursos hídricos (BOTELLO et al., 2021; GELINSKI NETO; GELINSKI JUNIOR E ROGOSKI, 2019).

Para mais, destaca-se que os ecossistemas aquáticos estão sendo acometidos com o processo progressivo de contaminação, em decorrência de atividades agrícolas, urbanas e industriais (VITORINO, 2015). Fato esse que corrobora com Villlwock e Crispim (2019) no qual afirmam que à ascendente amplificação industrial e demográfica, observada nas últimas décadas, produziu o comprometimento da qualidade hídrica de reservatórios, lagos e rios, em razão do lançamento de efluentes industriais e domésticos, bem como das cargas difusa de origem agrícola e urbana.

Assim, torna-se relevante estimar a produção de dejetos suínos no Brasil, bem como a composição dos seus constituintes. Diante do exposto na metodologia, fez-se possível estimar a produção de dejetos suínos do Brasil, em 2020, que equivale a 21.747.458,16 $m^3.ano^{-1}$. Desse modo, é crucial a utilização de tecnologias que visem o tratamento desses rejeitos. Além disso, pontua-se que, em elevado percentual da sua produção, os dejetos são passíveis de serem convertidos em produtos agrícolas e implantados nos locais que são produzidos, potencializando a performance das culturas e elevação da produção (NARDELI et al., 2019).

Por conseguinte, ocorre uma redução nos custos com elevação da qualidade do solo

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

(NARDELI et al., 2019). Para tanto, é necessário a utilização de uma tecnologia apropriada, dessa forma, entra em cena os Biodigestores. Esse sistema, consiste em um recipiente fechado, construído de alvenaria, concreto e outros materiais, no qual é depositado resíduo animal, que sofre digestão anaeróbica pelas bactérias, decompondo a matéria orgânica e gerando biofertilizante (TEIXEIRA; SIQUEIRA E HERNANDES, 2019). Além disso, os biodigestores trazem diversos benefícios, solucionando um dos maiores desafios da suinocultura enfrentado pelos produtores, que são os danos ambientais ligados ao descarte inadequado de resíduos dessa atividade.

Ainda mais, a biodigestão anaeróbia possibilita a geração de renda com o aproveitamento de subprodutos de valor agregado gerados, que podem produzir ganho econômico quando transformados em energia elétrica e ou térmica, créditos de carbono e biofertilizante (COSTA E SOTO, 2018).

Para mais, transfigura-se relevante avaliar a composição do material proveniente de tal tecnologia tratando dejetos suínos. Assim, a hipótese da produção de cada constituinte presente nesse material pode ser visualizada na Tabela 03. Pelos dados obtidos, verifica-se que, a partir das informações de Moura (2019), o elemento químico com maior estimativa de produção seria o potássio com 2.118,42 ton.ano^{-1}, seguido por zinco com 676,56 ton.ano^{-1} e boro com valor de 123,31 ton.ano^{-1} (Tabela 04). Salienta-se, mais uma vez, que para o autor supracitado não foi estimado as concentrações de nitrogênio e fósforo, demais constituintes do NPK, apenas foi verificado os valores de potássio, conforme apresentado anteriormente.

Tabela 04 – Estimativa para a geração anual dos constituintes dos dejetos suínos no Brasil em 2020

	Moura (2019)	**Silva (2020)**
Alumínio (Al)	50,74 ton.ano^{-1}	NE
Boro (B)	123,31 ton.ano^{-1}	NE
Cálcio (Ca)	NE	13.048,47 ton.ano^{-1}
Cobre (Cu)	2,61 ton.ano^{-1}	1.191,76 ton.ano^{-1}
Enxofre (S)	NE	8.698,98 ton.ano^{-1}
Ferro (Fe)	55,46 ton.ano^{-1}	2.718,43 ton.ano^{-1}
Fósforo (P)	NE	10.873,73 ton.ano^{-1}
Magnésio (Mg)	927,09 ton.ano^{-1}	4.349,49 ton.ano^{-1}
Manganês (Mn)	15,66 ton.ano^{-1}	247,92 ton.ano^{-1}
Nitrogênio (N)	NE	73.941,36 ton.ano^{-1}
Potássio (K)	2.118,42 ton.ano^{-1}	6.524,24 ton.ano^{-1}
Zinco (Zn)	676,56 ton.ano^{-1}	2.474,86 ton.ano^{-1}
Massa Seca	NE	305.682,27 ton.ano^{-1}
Matéria Orgânica	NE	13.048,47 ton.ano^{-1}

NE – Não Estimado.

Fonte: Organizado pelos autores, 2022.

II CONGRESSO BRASILEIRO DE BIODIVERSIDADE VIRTUAL

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

Relacionado as estimativas feitas a partir dos dados de Silva (2020), verifica-se que os constituintes mais produzidos em 2020, decorrentes da atividade suína, foram: nitrogênio com 73.941,36 ton.ano^{-1}; cálcio e matéria orgânica, ambos com 13.048,47 ton.ano^{-1}; e enxofre com 8.698,98 ton.ano^{-1} (Tabela 04). Pontua-se, ainda, que o valor estimado de massa seca foi de 305.682,27 ton.ano^{-1}.

Diante do exposto na Tabela 04, verifica-se uma grande quantidade de elementos químicos que seriam, teoricamente, produzidos anualmente. Por mais, ressalta-se que dentre os elementos produzidos encontram-se metais pesados, que notoriamente tem um alto potencial de causar impactos negatives em diferentes ecossistemas, inclusive, nos aquáticos, tornando ainda mais relevante a sua remoção e aplicação de forma ambientalmente correta.

Salienta que os elementos químicos denominados metais pesados sucedem-se na natureza em reduzidas concentrações, em ordens de ppm (parte por milhão) a ppb (parte por bilhão), estes também podem ser denominados, frequentemente, como elementos-traço, micronutrientes e metais-traço (OLIVEIRA, OLIVEIRA E MELO, 2018). Para mais, pontua-se que alguns elementos, a exemplo do alumínio, ferro e zinco, entre outros, são fundamentais para alguns ecossistemas, trazendo benefícios para o progresso de algumas plantas, contudo, outros materiais, tais como mercúrio, chumbo, cromo, cádmio e arsênio, apresentam toxicidade, e estão contidos na formulação de vários fertilizantes (MARQUES E AMÉRICO-PINHEIRO, 2018).

Para mais, ressalta-se que esses elementos químicos (metais pesados) são empregados pela sociedade e identificados em vários produtos químicos por muito tempo, apresentando consequência danosa a saúde de organismos humanos. Além disso, esses materiais também se encontram em corpos hídricos, oriundos, várias vezes, das áreas urbanas e da agricultura (VILLLWOCK E CRISPIM, 2019).

Relacionado aos ambientes aquáticos, os metais pesados apresentam elevada importância, uma vez que auxiliam na precipitação de matéria orgânica dissolvida, por meio da quelação, favorecendo o aprimoramento das características óticas da coluna d'água, atuando na produção do fitoplâncton, mesmo assim, em decorrência da elevação da atividade industrial e a necessidade progressiva por recursos minerais, favoreceu a concentração desses elementos nos ecossistemas, o que provoca danos ambientais (OLIVEIRA, OLIVEIRA E MELO, 2018). Nesse contexto, no tocante ao alumínio, a partir dos valores de Moura (2019), observou-se uma estimativa de 50,74 ton.ano^{-1}, salienta, ainda, que Silva (2020) não apresentou valores para esse metal pesado.

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

Nesse cenário, pontua-se que o metal pesado alumínio não é observado de forma pura na natureza, em decorrência da sua elevada afinidade pelo elemento oxigênio, ocorrendo em combinação com minerais e rochas (RODRIGUES, 2021). Além disso, enfatiza-se que esse elemento detém uma relevância, por sua capacidade de toxicidade, na elevação de forma drástica da taxa de contaminação por metais pesados em ambientes hídricos, devido ao progresso industrial, utilização de materiais químicos em defensivos agrícolas e resíduos de efluentes sanitários e esgotos não tratados (FLAUZINO JUNIOR, 2017).

Nessa circunstância, acentua-se que o meio de toxicidade do alumínio em peixes pode apresentar relação com a influência no equilíbrio osmótico e iônico, danos respiratórios em decorrência do aumento na barreira de difusão dos gases respiratórios, proveniente de uma produção demasiada de muco, além propiciar fusão lamelar, edema, hiperplasia e degeneração (RODRIGUES, 2021). Ainda mais, enfatiza-se que o efeito tóxico do alumínio pode apresentar relação com o pH, sendo o potencial hidrogeniônico ácido gerando maiores efeitos deletérios ao comparado com potencial básico, em exposições de forma aguda (RODRIGUES, 2021).

Por sua vez, o cobre, outro elemento com potencial de causar danos aos ecossistemas, apresentou uma estimativa de geração anual, a partir das informações de Moura (2019), de 2,61 $ton.ano^{-1}$, já pelo caso das concentrações de Silva (2020) serem maiores, os valores obtidos a partir das mesmas foi de 1.191,76 $ton.ano^{-1}$ (Tabela 04). De qualquer forma, evidencia-se estimativas elevadas para a geração teórica desse metal pesado por meio dos cálculos destacados na metodologia.

O efeito toxico do cobre (bem como o da prata, outro metal pesado) pode ser relacionado a distúrbios decorrentes da interatividade entre as estruturas celulares e os metais em questão, para mais, pontua-se que as brânquias dos organismos consistem no primordial sítio de atuação da toxicidade de tais elementos (BIANCHINI, MARTINS E JORGE, 2009). Salienta-se, ainda, que o cobre pode influenciar na atividade metabólica dos peixes de variadas formas, dessa maneira, também são variadas as opções de analisar as atividades toxicas desse material em organismos, uma delas é o teste de toxicidade aguda, tento como objetivo a determinação da CL_{50} - concentração média letal – (OLIVEIRA et al., 2018).

Nessa perspectiva, torna-se relevante expor o estudo de Novaes et al. (2018) que analisaram efeitos tóxicos do cobre e níquel, obtendo, como resultado, que concentrações de cobre de apenas 9 $\mu g.L^{-1}$ exibe efeito tóxico em indivíduos aquáticos, inclusive, ao serem expostos em valores de concentração subletais. Para além, o estudo de Oliveira et al. (2018), analisando a toxicidade do sulfeto de cobre em *Carassius auratus* (Peixe dourado), relataram

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

alguns efeitos quantitativos e qualitativos na espécie de peixe dourado, a citar como exemplo, efeitos comportamentais como a alteração do habito comum de nadar na parcela de baixo do aquário e passando a nadar na fração superior do ambiente, indicando uma possível relação com prejuízos ao sistema nervoso central.

Ainda segundo o estudo de Oliveira et al. (2018), também se evidenciou-se uma redução no peso dos peixes, para amostras laboratoriais, com exceção da que apresentava 1 mg de sulfeto de cobre, e para o material coletado em Minas de Camaquã, o que pode indicar um dos precedentes indícios de toxicidade. Ademais, acentua-se que estudos antecedentes indicam que o cobre e outros metais pesados são primariamente agentes tóxicos ionorregulatórios, atuando na inibição da influição do sódio na membrana apical (BIANCHINI, MARTINS E JORGE, 2009).

Em relação ao Ferro, pelas observações do trabalho de Moura (2019), as estimativas desse constituinte em efluentes de biodigestores foi de 55,46 $ton.ano^{-1}$, já pelos dados de Silva (2020) o valor foi de 2.718,43 $ton.ano^{-1}$ (Tabela 04). Em síntese, mesmo o ferro apresentando um papel essencial para a sobrevivência e crescimento celular, caso esteja em demasia, pode resultar em prejuízos (SANTOS, 2019).

Nesse aspecto, expõe-se o estudo realizado por Cabral (2017), no qual o autor analisou a toxicidade do Fe e Mn em indivíduos da espécie de *Crassostrea rhizophorae*, de forma separada e associada, a partir dos dados, conclui-se que os elementos Fe^{2+}e Mn^{2+} mesmo quando estavam em valores de concentrações recomendadas pela legislação (No caso do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA) poderiam provocar prejuízos genotóxicos e bioquímicos na espécie analisada.

Outro constituinte de destaque, no que concerne aos metais pesados, é o zinco em que as estimativas indicaram produções anuais, em 2020, variando de 676,56 $ton.ano^{-1}$, com as informações de Moura (2019), a 2.474,86 $ton.ano^{-1}$, com os relatos de Silva (2020). Em resumo, acentua-se que esse metal pesado apresenta toxicidade em valores reduzidos, sendo observado duas maneiras de a toxicidade desse elemento ser propagada em organismos aquáticos, em níveis subletais pode ocasionar hipocalcemia, perda de Cl^- e Na^+, além da inibição da anidrase carbônica nas células sanguíneas e brânquias, já em relação a níveis letais, este associa-se ao estado de hipoxia por prejuízos nas brânquias (BIANCHINI, MARTINS E JORGE, 2009).

Desse modo, relata-se o trabalho elaborado por Alkimin (2016), que analisou a toxicidade do Zn e Cd, concluiu-se que mesmo os metais pesados de estudo apresentando concentrações que cumprem as exigências da legislação pertinente a defesa da vida aquática, ainda apresentam a capacidade de causar danos fisiológicos, ocasionando a redução da proteína

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

Vitelogenina no fígado de machos de *Danio rerio*, confirmando o efeito de tais elementos como influenciadores endócrinos, com potencial de atingir a habilidade reprodutiva da espécie.

Ainda segundo o estudo do autor supracitado, o fígado do *Danio rerio* consiste no órgão mais prejudicado a interação com Zn e Cd, sendo os distúrbios mais relevantes observados ao contato com Zn, em que evidenciaram necrose pronunciada do tecido hepático, favorecendo, assim, prejuízos ao funcionamento desse órgão (ALKIMIN, 2016).

Além dos metais pesados, outros constituintes de interesse são os nutrientes, dentre os constituintes encontrados no dejeto suíno (DS), podemos encontrar o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K), elementos importantes para o desenvolvimento das plantas, mas que possuem um grande potencial para causarem danos ambientais, especialmente, contaminação dos recursos hídricos.

Relacionado ao nitrogênio, esse constituinte apresentou uma estimativa de produção anual de 73.941,36 $ton.ano^{-1}$, relacionado aos valores de Silva (2020), conforme mencionado anteriormente, ou seja, o resíduo de biodigestores apresenta um alto teor de nitrogênio que poderia ser reutilizado, além de mitigar impactos ambientais caso o mesmo fosse disposto de forma inadequada. À vista disso, salienta-se que o nitrogênio pode ser encontrado em águas naturais, efluentes industriais e domésticos, e as diversas formas em que se apresenta são de enorme relevância, tendo-se nas seguintes formações: nitrato (NO^{-3}), nitrito (NO^{-2}), amônia (NH_3) e nitrogênio orgânico (SILVA, 2020).

Relacionado aos seus impactos nos ecossistemas, ressalta-se que a grande presença de nitrogênio na água é responsável pelo consumo do oxigênio dissolvido para a realização do processo de nitrificação, conversão do nitrogênio amoniacal a nitrato e, sobretudo ao crescimento e proliferação de algas e macrófitas aquáticas que tem no nitrogênio o elemento primordial para sua existência (SILVA, 2020), matando outros organismos aquáticos pela baixa concentração de oxigênio.

Outro nutriente de interesse é o fósforo, esse elemento obteve uma estimativa de produção de 10.873,73 $ton.ano^{-1}$, conforme exposto na Tabela 04, isto significa, assim como o nitrogênio que seria mais um elemento passível de ser empregado como fertilizante. Resumidamente, o fósforo é muito importante para todas as formas de vida aquáticas, no entanto, em excesso é responsável pela eutrofização. Ao adicionar fósforo ao sistema aquático induz o crescimento de algas que, por sua vez, impedem a passagem da luz solar para dentro dos corpos hídricos e causam a mortandade de organismos bentônicos, que ao serem decompostos consomem oxigênio (CADONÁ et al., 2018).

Por último, tem-se o potássio, outro constituinte do NPK, juntamente ao nitrogênio e

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

fósforo, esse nutriente obteve estimativa variando de 2.118,42 ton.ano^{-1} a 6.524,24 ton.ano^{-1}, por outro lado, o K também apresenta possibilidade de causar danos ambientais caso disposto no ambiente de forma inadequada.

Para mais, salienta-se que o potássio é encontrado em diversos tipos de rochas, tais como as rochas magmáticas alcalinas, rochas metassedimentares cálcio-silicáticas, e rochas oriundas do metassomatismo potássico, distribuídas de forma ampla e variável em todo o território do Brasil (QUEIROZ et al., 2017). Além disso, este componente promove o crescimento das plantas e aumenta o teor deste elemento nelas, mas afeta a concentração de outros nutrientes, principalmente de Ca e Mg em quantidades equivalentes (BET, 2021).

Diante dos constituintes estimados, observa-se uma grande relevância na sua utilização, a fim de mitigar os impactos ambientais desses elementos, além gerar uma economia. Uma das possibilidades seria a utilização como fertilizante, em vista da elevada presença de nutrientes. A mais, poderia gerar receita que seria empregada em outras medidas sustentáveis para reduzir os impactos de demais constituintes. Nessa medida, buscou-se estimar a receita caso todos nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) fossem removidos e utilizados para produzir NPK, conforme discutido na metodologia. Assim, depois dos orçamentos realizados e utilização dos cálculos matemáticos, obteve-se os valores econômicos dispostos na Tabela 05.

Tabela 05 – Estimativa em reais da presença de NPK (Nas concentrações 10% de N; 10% de F; e 10% de P) de biofertilizantes

Empresa	Adubo	Preço(R$).kg^{-1}	Estimativa em reais por ano
Empresa 01	Agrosolo NPK	4,65	303.377.160,0
Empresa 02	NPK mistura de grânulos	8,60	561.084.640,0
Empresa 03	Fertilizante Heringer	6,00	391.454.400,0
Empresa 04	Insumax	14,00	913.393.600,0
Empresa 05	Vitaplan	17,72	115.6095.328,0
Empresa 06	Fertilizante mineral dimy	22,90	1.494.050.960,0
Empresa 07	Fertilizante Adubo Para Zamioculca NPK	14,90	972.111.760,0
Empresa 08	NPK	7,07	461.263.768,0
Empresa 09	Vanguarda	7,24	472.354.976,0
Empresa 10	Ourofertil	5,00	326.212.000,0
	MÉDIA		705.139.859,2

Fonte: Organizado pelos autores, 2022.

À vista disso, em primeira análise, verifica-se que utilizando os valores orçados na Leroy Merlin, obteve-se a maior economia, com equivalente a 1.494.050.960,0 R$.ano^{-1}, em outras palavras, esse seria o valor economizado caso todo o nitrogênio, fósforo e potássio

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

presente do efluente de biodigestores tratando dejetos suínos fossem removido dos dejetos e aproveitados, em 100%, para a produção de NPK. Ademais, os valores da empresa 01 geraram a menor economia com 303.377.160,0 R$.ano^{-1}. Por fim, pontua-se que a média econômica com os valores das 10 empresas foi de 705.139.859,2 R$.ano^{-1}.

Sobreleva-se, ainda, que pelo fato do nitrogênio e fósforo apresentarem valeres superiores quando comparado e o potássio, teoricamente, esses dois primeiros nutrientes ainda apresentariam sobreas depois de todo o potássio ser utilizado. Dessa maneira, estima-se que 67.417,12 ton.ano^{-1} de nitrogênio e 4.349,49 ton.ano^{-1} ainda poderiam ser utilizados fertilizantes apenas com esses dois nutrientes ou de forma isolada, ocasionando um aumento da receita, teoricamente.

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, verifica-se que os dejetos suínos apresentam uma elevada quantidade de contaminantes, passíveis de causar impactos ambientais, especialmente, nos ecossistemas aquáticos. Nessa perspectiva, torna-se de extrema importância a utilização de tecnologias para tratar tais dejetos, nesse tocante, os biodigestores apresentam grande potencial.

Contudo, observou-se que no efluente tratado ainda havia a presença de metais pesados, logo, pode-se pontuar que concentrações maiores desses elementos podem ser encontradas no efluente bruto. Diante disso, torna-se relevante a análise futura de mecanismos que consigam remover a carga de metais pesados, uma vez que mesmo utilizando biodigestores, esses podem permanecer no efluente tratado, pois a digestão anaeróbia não consegue remover esses contaminantes de forma efetiva.

Além disso, outros constituintes presentes em demasia são os nutrientes, a citar, nitrogênio, fósforo e potássio. Em relação a esses elementos, uma alternativa promissora seria a implantação dos mesmos na agricultura por meio de fertilizantes, visto que o NPK apresenta elevado destaque no cenário agrícola Brasileiro. Desse modo, a partir de pesquisas orçamentárias, observou-se que a economia dessa prática seria promissora.

Todavia, sugere-se para trabalhos futuros a análise dos gastos para extração de nutrientes e produção de fertilizantes, a fim de obter dados mais assertivos, em decorrência dessas atividades demandarem recursos financeiros que reduziriam a receita de tal prática. Assim, realizou-se apenas uma estimativa subjetiva, mesmo assim, verificou-se essa atividade como promissora. Para mais, sugere-se, também, a análise mais aprofundada dos impactos ambientais decorrentes da presença de metais pesados em efluentes de biodigestores, bem como

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

alternativas para a sua reutilização.

REFERÊNCIAS

AFONSO, Esther Ramalho; NACIMENTO, Rafael Araujo; ALVES, Laya Kannan Silva; PALHARES, Julio Cesar Pascale; GAMEIRO, Augusto Hauber. Viabilidade econômica na construção e implantação de biodigestor e esterqueira na suinocultura. **Pubvet**, [S.L.], v. 13, n. 12, p. 1-16, dez. 2019. http://dx.doi.org/10.31533/pubvet.v13n12a470.1-16.

ALKIMIN, Gilberto Dias de. **Toxicidade de cádmio e zinco em *Danio rerio***: comparação entre valores permitidos em legislação para proteção da vida aquática e a potencial atuação como interferentes endócrinos. 2016. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Unesp, Sorocaba, 2016.

BET, Jessica Angela. **Diagnose do estado nutricional de nitrogênio, potássio e cálcio em *Urochloa brizantha* cv. Marandu utilizando-se técnicas de *machine learning***. 2021. 224 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciências, Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2021.

BIANCHINI, Adalto; MARTINS, Samantha Eslava; JORGE, Marianna Basso. **O Modelo do Ligante Biótico e suas Aplicações em Ecotoxicologia**. [S.I.]: FURG, 2009. 34 p. Disponível em: http://www.inct-ta.furg.br/english/difusao/BLMM.pdf. Acesso em: 13 mar. 2022.

BOTELLO, Yoan Manuel Ramos; CABRERA, Jorge Alexander Bosch; HIDALGO, René Misael Arias; REYES, Amaury Santana; TOLEDO, David Ramón Gutiérrez. Dimensionamiento de un biodigestor para el tratamiento de excretas de cerdos. **Revista Cubana de Ingeniería**, [S.I.], v. 8, n. 317, p. 1-8, 2021. ISSN: 2223-1781.

CABRAL, Dandara Silva. **Efeitos bioquímicos, genotóxicos e bioacumulação em ostras (*Crassostrea rhizophorae*) expostas a diferentes concentrações de ferro e manganês**. 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ecologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecossistemas, Universidade Vila Velha, Vila Velha, 2017.

CADONÁ, Eliana Aparecida; LOURENZI, Cledimar Rogério; SOUZA, Eduardo Lorensi de; RAMPINELLI, Eduarda Carvalho; SANTOS, Marcos Leandro dos; SETE, Paula Beatriz; SOARES, Claudio Roberto Fonseca Sousa. Contaminação por nitrogênio e fósforo de águas destinadas ao consumo humano em região com intensa atividade suinícola. **Geociências**, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 883-891, 28 dez. 2018. http://dx.doi.org/10.5016/geociencias.v37i4.12274.

COSTA, Adriano Adelson; SOTO, Francisco Rafael Martins. Tratamento do dejeto de suíno por biodigestão anaeróbia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 11, n. 3, p. 801, 27 set. 2018. http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n3p801-823.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agricultura de Baixa Emissão de Carbono**. 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-agricultura-de-baixo-carbono/sobre-o-tema. Acesso em: 21 fev. 2022.

FLAUZINO JUNIOR, Mauricio. **Análise da concentração de alumínio na água e sedimentos em um trecho do Rio do Campo – Campo Mourão/PR**. 2017. 36 f. TCC (Graduação) - Curso

de Engenharia Ambiental, Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

GELINSKI NETO, Francisco; GELINSKI JUNIOR, Eduardo; GUESSER, Filipe. Biodigestores e biogás na suinocultura Catarinense. **Textos de Economia**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 204-229, 15 ago. 2019. http://dx.doi.org/10.5007/2175-8085.2019v22n1p204.

GONÇALVES, Ieda Barreto; OLIVEIRA, Rafael Tobias de Souza. **Impacto da variação dos parâmetros nas projeções de produção de biogás e aproveitamento energético de biomassa residual na suinocultura por meio da utilização de biodigestor**. 2018. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, DAENP – Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

HABAS, Renato Francisco; BARICHELLO, Rodrigo; ZANELLA, Cleunice. **A importância das instituições para o desenvolvimento sustentável da suinocultura**. 2016.

HECKLER, Diego Anderson. **Análise do retorno sócio econômico da suinocultura no município de Salvador do Sul**. 2019. 43 p. Relatório de trabalho de conclusão de curso (Administração) - Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2019. Disponível em: https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/6085/TCC%20Diego%20%c3%82nderson%20Heckler.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 13 mar. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PPM - Pesquisa da Pecuária Municipal**. 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=o-que-e. Acesso em: 17 mar. 2022.

MARQUES, Márjori Brenda Leite; AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê. Efeitos ecotoxicológicos de metais aos organismos aquáticos. **Fórum Ambiental do Alto Paulista**, [S.I.], v. 14, n. 4, p. 85-95, 2018.

MORAES, Renata Espíndola et al. Suinocultura e o Meio-ambiente. Revisão de Literatura. REDVET. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 10, p. 1-17, 2017.

MOURA, Bruno Rocha de. **Reuso da água residuária de suinocultura na produção de palma forrageira, como contribuição para a educação ambiental no semiárido**. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019.

NARDELI, A. J.; LORETTI, G. H.; PRESUMIDO JUNIOR, M.; TADAYOZZI, Y. S.; FORTI, J. C.. Métodos complementares para tratamento de resíduos provenientes da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 339-348, 5 dez. 2019. Universidade Estadual Paulista - Campus de Tupa. http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2019v13n4p339-348.

NOVAES, Glaucia Helena Castro de Freitas; AURELIANO, Bianca Cadurim; MOURA, Evelise Nunes Fragoso-; CAVALCANTE, Werbate; FRACÁCIO, Renata. Toxicidade dos metais níquel e cobre e sua possível atuação como interferentes endócrinos em ambientes

aquáticos. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, [S.L.], n. 48, p. 128-141, jun. 2018. http://dx.doi.org/10.5327/z2176-947820180329.

OLIVEIRA, Gilmara Maureline Teles da Silva de; OLIVEIRA, Eder Silva de; MELO, Nuno Filipe Alves Correia de. Metais pesados no ambiente aquático. In: SOUZA, Raimundo Aderson Lobão de (org.), Willian Leslie Overal (Rev. Téc.). **Ecossistemas aquáticos**: tópicos especiais. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2018. Cap. 6. p. 167-183.

OLIVEIRA, Stener Camargo de; WAGNER, Caroline; HERMAN, Emile da Costa; ROSA, Rafael Batista da; PERTILLE, Debora Caroline; VIVIAN, Francieli Trindade. Avaliação toxicológica dos efeitos do cobre na espécie *Carassius auratus*. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 260, 27 abr. 2018. http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018260-275.

QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade; SABARÁ, Millor Godoy; QUEIROZ, Carolina Andrade; LEÃO, Mônica Maria Diniz; AMORIM, Camila Costa; LIMA, Leonardo Ramos Paes de. Estudo sobre os teores de Tório, Urânio e Potássio nas águas superficiais e sedimento marginal do Rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 371-380, 19 jan. 2017. http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016126287.

ROCHA, Isis Daniele dos Santos. **Caracterização da suinocultura no Estado da Paraíba, Brasil**. 2020. 37 p. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Animal) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/17825. Acesso em: 13 mar. 2022.

RODRIGUES, Maria Luiza Assis. **Toxicidade por metais pesados em testículo de *Oreochromis niloticus* e *Geophagus brasiliensis* da Bacia do Rio Doce, três anos após o rompimento da barragem de rejeitos em Mariana – MG**. 2021. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Scientiae, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

SANTOS, Naara Marcondes dos. **Estudo do transporte de ferro em *Caulobacter crescentus***. 2019. 27 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia do Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SILVA, André Luiz. **Efeitos genotóxicos e citotóxicos da água resíduária de suinocultura processada por biodigestor em modelos animais e vegetais**. 2020a. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Biodiversidade e Conservação, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, 2020a.

SILVA, Paulo Victor Sousa da. **Proposta de método de redução da concentração de nitrogênio amoniacal em efluentes oriundos de indústria de beneficiamento do leite**. 2020b. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Química, Departamento de Química Analítica e Físico-Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020b.

SILVA, Carlos Magno da; FRANÇA, Marcos Tertuliano de; OYAMADA, Graciela Cristine. Características da suinocultura e os dejetos causados ao ambiente. **Connection Line-Revista**

DOI: 10.51189/ii-conbiv/6344

Eletrônica Do Univag, n. 12, 2015.

SOUZA, Juliana Bruno Borges; MOREIRA, Thaynara Souza; RODRIGUES, Merielton Carvalho; OLIVEIRA, Raiane Lima de; BARROS, Vítor Lopes; CARDOZO, Stanislau Parreira. Biodigestores na suinocultura. In: IV Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar & II Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar, 4 e 2, 2019, [S.I.]. **Anais ...** [S.I.]: UNIFIMES, 2019. p. 1-4.

TEIXEIRA, Alfredo Vasconcellos; SIQUEIRA, Claudinei Pereira; HERNANDES, Robson Kalleb. BIODIGESTOR: minoração de impactos ambientais e melhoria na qualidade de vida. In: Congresso Nacional do Meio Ambiente, 16., 2019, Poços de Caldas. **Anais ...** [S.L.]: Congresso Nacional do Meio Ambiente, 2019. v. 11, p. 1-5. Disponível em: http://www.meioambientepocos.com.br/Trabalhos%20Cient%C3%ADficos/Sa%C3%BAde,%20Seguran%C3%A7a%20e%20Meio%20Ambiente/277.%20BIODIGESTOR%20minora%C3%A7%C3%A3o%20de%20impactos%20ambientais.pdf. Acesso em: 12 mar. 2022.

VILLLWOCK, Fernando Henrique; CRISPIM, Jefferson de Queiroz. Avaliação de traços de metais pesados em rios da Bacia Hidrográfica do Rio do Campo, município de Campo Mourão, Paraná. **Revista GEOMAE**, Campo Mourão, v. 10, n. 1, p. 93-102, 2019.

VITORINO, Hector Aguilar. **Compostos de ferro de interesse farmacológico**: avaliação da estabilidade, toxicidade em organismos aquáticos, transporte em células e capacidade de gerar reservatórios de ferro lábil. 2015. 213 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Química, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ZAMBIASI, Clarissa Ana; SILVEIRA, Felipe Argiles; LUZ, Maria Laura Gomes Silva; GADOTTI, Gizele Ingrid; LUZ, Carlos Alberto Silveira; GOMES, Mário Conill; PEREIRA-RAMIREZ, Orlando. Biodigestores para tratamento de dejetos suínos e alternativas para o desenvolvimento sustentável da propriedade. **Colloquium Agrariae**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 120-128, 29 jan. 2018. http://dx.doi.org/10.5747/ca.2018.v14.n1.a196.